

심매설 접지전극의 전류인가위치에 따른 과도접지임피던스 특성

(Transient impedance characteristics according to the injection position of deep-driven ground rods)

이복희¹ · 이봉^{*1} · 이수봉¹ · 이승주¹ · 전병욱¹ · 임주홍² · 조성철² · 이태형²

(Bok-Hee Lee¹ · Feng Li^{*1} · Su-Bong Lee¹ · Song-Zhu Lee¹ · Byung-Wook Jeon¹ · Ju-Hong Eom² · Sung-Chul Cho² · Tae-Hyung Lee²)

인하대학교 IT 공과대학 전기공학부¹ · 기초전력연구원²

Abstract

This paper presents the behaviors of transient and conventional grounding impedances of a deep-driven ground rods associated with the injection point of lightning impulse currents. The transient impedance of deep-driven ground rods under lightning impulse currents were higher than the static ground resistance. The transient grounding impedances strongly depend on the injection point and size of grounding electrodes and the rising time of impulse current. Reduction of ground system inductance is an important factor to lightning surge protection.

1. 서론

접지란 대지에 전기적 단자를 접속하는 것으로 통상 상용 주파수 영역의 감전보호용 접지는 접지저항으로 성능평가가 이루어지지만 고주파수 영역이 적용되는 컴퓨터용 접지나 뇌임펄스, 개폐임펄스 등에 대한 보호를 목적으로 하는 접지에 대해서는 접지임피던스로의 평가가 필요하다. 접지의 목적은 피보호 시스템에 발생되거나 유입된 이상전압을 저감시키고, 이상전류를 대지에 효과적으로 방류시켜 대지전위상승을 억제함으로써 기기의 과손방지와 인체의 안전을 도모하는 것과 접지시스템 전위의 균등화 및 안정된 기준점을 제공하여 전기설비의 안정과 기능의 향상을 도모하는 것이다.[1] 접지전극에 뇌임펄스전류와 같이 고주파수를 포함한 급격하게 변화하는 전류가 유입되면 짧은 시간영역에서 높은 과도접지임피던스 값을 나타내게 된다. 협소한 면적에서 원하는 접지저항을 얻기 위해 주로 이용되는 심매설 접지전극은 대지저항률이 높은 장소에서 사용된다. 접지봉의 길이가 더욱 길어지면 접지저항의 크기는 작아지지만 고주파수가 포함된 뇌격전류가 접지시스템에 입사되었을 경우, 접지전극의 인덕턴스 영향으로 과도임피던스의 크기는 더욱 커지게 된다.

본 논문에서는 심매설 접지전극의 전류인가위치에 따라 접지전극에 나타나는 과도접지임피던스와 규약접지임피던스 특성을 측정·분석하였다. 심매설 접지전극의 전류인가위치에 따른 전극의 과도접지임피던스 특성을 분석하기 위하여 심매설 접지전극의 상단과 하단부에 각각 임펄스 전류를 유입시켜 접지 임피던스의 변화를

비교·분석하였으며, 인가된 임펄스전류의 상승시간의 변화에 따라 나타나는 접지임피던스 특성을 실험적으로 검토하였다.

2. 측정장치 및 방법

2.1. 측정계의 구성

과도접지 임피던스의 측정회로를 그림 1에 나타내었다. 측정방법으로는 전위강하법을 적용하였으며, IEEE 81.2-1991에서 권고하고 있는 전류보조전극(C)을 전위보조전극(P)과 90도가 되게 설치하여 전위강하법을 적용하였다.[2]

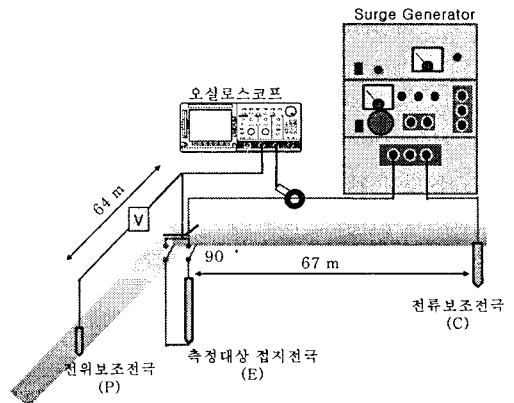


그림 1. 접지임피던스의 측정회로
Fig. 1. Circuit diagram for measuring the grounding impedance

봉상 접지전극을 보링공법으로 10 [m], 30 [m], 48 [m] 깊이에 수직으로 설치하고 100 [mm²] 나동선 2가닥으로 인출하였다. 전류보조전극(C)은 인접한 심매설 봉상접지전극을 이용하였으며, 전압보조전극(P)은 측정대상 접지전극(E)으로부터 64 [m] 떨어진 지점에 설치하였다.

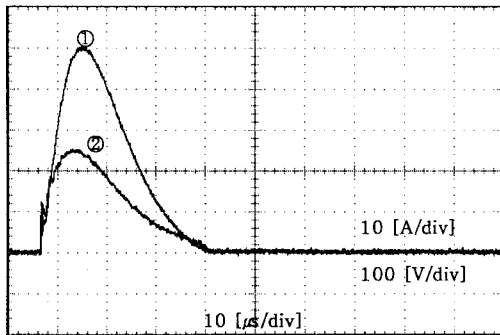
2.2. 측정방법

본 연구에서는 조합형 임펄스발생기를 이용하여 임펄스전류를 측정대상 접지전극에 인가하였다. 임펄스 전류를 주접지전극(E)과 전류보조전극(C) 사이에 인가하였을 때 접지전위상승은 주접지전극(E)과 전압보조전극(P)간의 전위차로 측정하였다. 주접지전극(E)과 전류보조전극(C) 사이에 인가한 임펄스전류는 로그스키코일로 측정하였고, 주 접지전극(E)의 전위는 능동성 차동프로브(BW 75 [MHz])로 측정하였다. 인가전류와 접지전극의 전위파형은 디지털 오실로스코프(BW 500 [MHz], 2.5 [GS/s] 2채널)로 분석하였다.

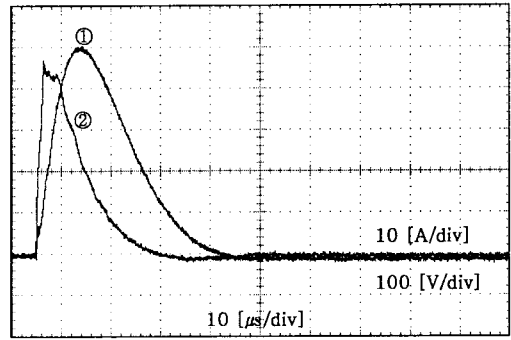
3. 결과 및 고찰

3.1. 과도접지임피던스

48 [m] 심매설 접지전극을 예로 상단과 하단에 5.4 [μs] 상승시간과 피크치가 50 [Ap] 임펄스전류를 인가했을 때 심매설 접지전극에 나타나는 전류파형과 전위 상승파형을 그림 2에 나타냈다.



(a) 상단



(b) 하단

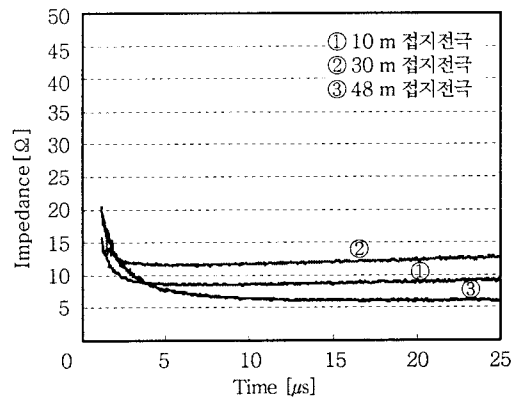
① 인가전류 ② 전위상승

그림 2. 48 [m] 전극의 상단 또는 하단의 인가전류 전위 및 상승파형

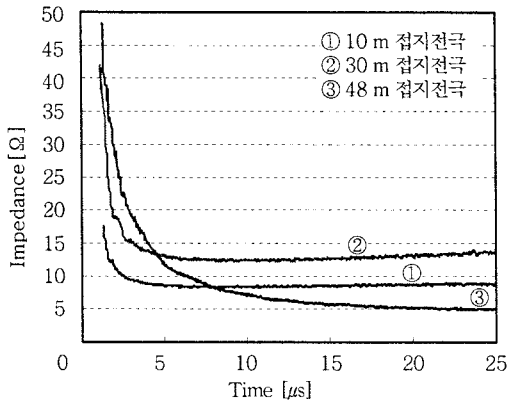
Fig. 2. Waveforms of the applied current or potential rise at the top and bottom of ground rod of 48m long

하단에 나타난 전위상승파형은 상단보다 가파른 상승시간을 보이며, 피크도 크게 나타났으며, 전위상승 파형에 진동성 성분을 볼 수 있는데, 이는 접지전극과 접지도선의 자체 인덕턴스 성분에 의해 나타나는 것으로 보인다.

또한 인가전류와 접지전극 전위의 상승시간의 차이는 실험용 접지전극과 연결도선의 인덕턴스 성분 때문이다. 그림 2에서와 같이 전류인가위치부터 전극 하단까지 연결된 인하도선의 인덕턴스 성분으로 인하여 상단보다 하단의 전위 파형이 더 급격하게 상승할 뿐만 아니라 더 큰 피크 값으로 나타났다.



(a) 상단



(b) 하단

그림 3. 접지전극의 상단 또는 하단에 임펄스전류를 인가한 경우의 Z-t 곡선

Fig. 3. Z-t curves in case that the impulse current was injected at the top of ground electrodes or at the bottom.

길이가 10 [m], 30 [m], 48 [m]인 심매설 접지전극에 동일한 상승시간과 크기의 임펄스전류를 각각 상단 또는 하단에 인가하였을 경우의 과도접지임피던스 곡선을 그림 3에 나타내었다. 과도접지임피던스는 접지전극의 전위를 인가전류로 나누어 산출하였다. 동일한 상승시간과 크기의 임펄스전류를 접지전극의 상단 또는 하단에 각각 인가하면, 접지전극의 길이가 길어짐에 따라 과도접지임피던스는 하단부가 상단부보다 점차 더 크게 나타났다. 이는 지표면으로부터 하단까지 연결된 접지도선이 접지봉의 길이와 동일한 길이로 설치되어 접지도선의 인덕턴스의 영향이라고 볼 수 있다.

3.2. 규약접지임피던스

접지시스템의 임펄스과도접지임피던스는 임펄스전류가 무한 대지로 인가되는 지점에서, 그 지점의 대지전위와 전류의 비로 정의된다. 수식적으로 나타내면 다음과 같다.

$$z(t) = \frac{u(t)}{i(t)} \quad (1)$$

임펄스과도접지임피던스는 시간에 따라 크기가 변화하므로, 그 파라미터에 대해서 정의하여야 한다.

그림 4에서는 규약접지임피던스의 정의에 대하여 도식적으로 나타내었다.

식 (2)는 규약접지임피던스 Z의 정의를 나타낸다.[3~5]

$$Z = \frac{V_{max}}{I_{max}} \quad (2)$$

여기서 Z는 전위 파형의 최대 값과 전류 파형의 최대 값의 비이다.

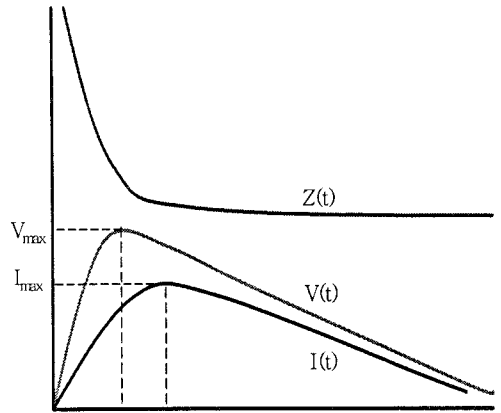
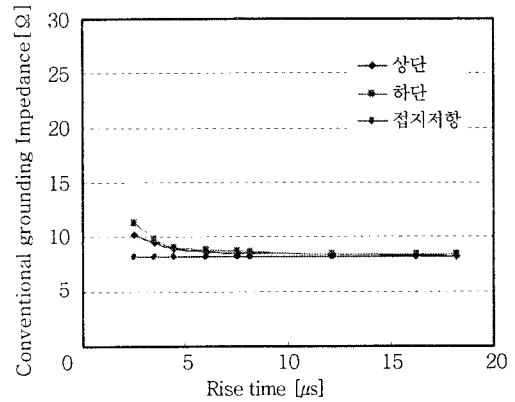


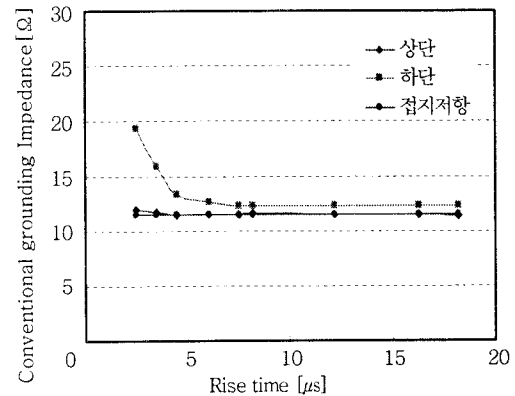
그림 4. 규약접지임피던스의 정의

Fig. 4. Definition of the conventional grounding impedance

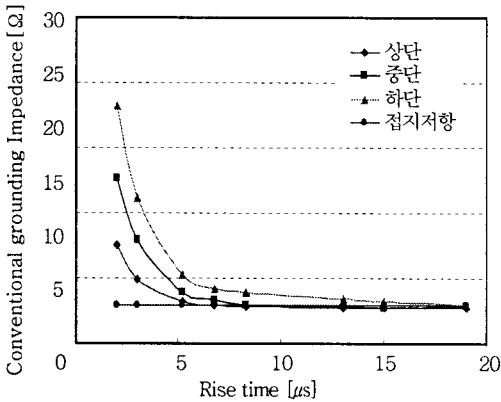
식 (2)를 이용하여 동일한 크기의 임펄스전류를 상승시간을 변화시키면서 길이가 10 [m], 30 [m], 48 [m]인 심매설 접지전극에 각각 인가하였을 때 나타나는 규약 접지임피던스를 그림 5에 나타내었다.



(a) 10m 심매설 접지전극



(b) 30m 심매설 접지전극



(c) 48m 심매설 접지전극

그림 5. 임펄스전류의 인가위치에 따른 규약접지임피던스

Fig. 5. Conventional grounding impedance according to the injection point of impulse current

- [1] 장근철, "심매설 봉상 접지전극의 과도 임피던스 특성", 인하대학교 석사학위 논문, pp.1~5, pp.38, 2004.2.
- [2] IEEE Std 81.2-1991, "IEEE guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics", IEEE Trans. Vol. PD-13, No. 4, pp.1136~1141, 1998.
- [3] I F GonosS. "Experimental study of transient behaviour of grounding grids using scale models", Meas. Sci. Technol. 17 pp.2022~2026, 2006.
- [4] M. Ramamoorthy, M. M. Babu Narayanan, S. Parameswaran and D. Mukhedkar, "Transient performance of Grounding Grids", IEEE Trans. Vol. PD-4, pp.20543~2058, 1989.
- [5] 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.

접지시스템의 과도접지임피던스에 영향을 미치는 요소들은 인가전류의 파형, 인가점, 접지전극주위 토양의 저항률, 접지전극의 길이, 그리고 연결부분 등이다.[3] 그림 5에서 하단의 경우, 상단보다 규약접지임피던스가 상대적으로 높게 나타났으며, 임펄스전류의 상승시간이 짧을수록 하단이 더 높게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 도심지나 협소한 장소에서 주로 사용되는 심매설 접지전극에 임펄스전류의 인가위치에 따른 과도접지임피던스를 측정하고 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

심매설 접지전극에서 정상상태 접지저항은 상단 또는 하단에서 모두 같은 값을 나타내었지만 임펄스전류가 인가된 경우, 접지전극 자체와 연결도선의 인덕턴스로 인해 과도접지임피던스가 상단보다 하단이 상대적으로 더 높으며, 임펄스전류의 상승시간이 빠를수록 상단과 하단에서의 과도접지임피던스의 값의 차이가 더 컸다. 따라서 접지전극에 나타나는 전위상승도 과도접지임피던스에 비례하여 상단보다 하단이 더 높게 나타났다.

접지전극을 설치할 때 정상상태에서 낮은 접지저항 값을 가지더라도 인하도선을 설치할 때 접촉부와 인하도선의 인덕턴스 영향을 고려한 접지설계가 이루어져야 보다 효과적인 뇌보호용 접지시스템을 구성할 수 있다.

본 연구는 산업자원부에서 시행하는 "과도접지임피던스 및 EMI를 고려한 최적화 접지시스템 기술개발(과제번호: R-2007-1-014)" 과제에 의해 작성되었습니다.