

대형 봉상 접지전극의 뇌 임펄스 특성

이복희*, 장근철*, 이동문*, 정동철*, 이승철**, 안창환***, 정용기****
 인하대 차세대 고전압전력기술연구소, 한진중공업, 한국전력공사, 의제전기설비연구원

Lightning impulse characteristics of large-scale ground rods

B.H. Lee*, K.C. Chang*, D.M. Lee*, D.C. Jeong*, S.C Lee**, C.H. Ahn***, Y.K. Jeong****
 *Inha Univ, HIERC, **Hanjin heavy industries ***KEPCO, ****Uijae electrical research institute

Abstract - To obtain a low ground resistance in high resistivity soil, long vertical ground rods are often used. However, if the lightning current or fault current with high frequency flow into the grounding system, the ground impedance is significantly increased because of the inductive behavior. This paper presents how the impulse current works on the long vertical ground electrodes. The different shape of current was impressed between ground rods and auxiliary electrode by using impulse generator and the ground impedance was calculated from the ground potential rise.

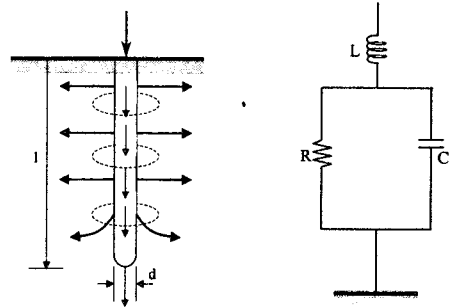


그림 1 임펄스전류의 유입과 등가회로
 Fig. 1 Impulse current and equivalent circuit for a ground rod under impulse

실효 서지임피던스는 서지에 대한 대표적인 접지임피던스를 나타내는 것으로 전압과 전류가 최대인 값을 나타낼 때 전류에 대한 전압의 비로 산출한다.[3] 접지전극의 실효서지임피던스는 다음의 식 (1)과 같이 정의한다.

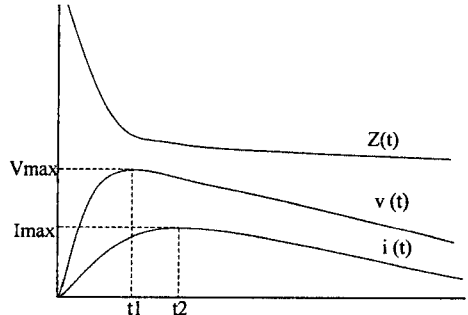


그림 2 임펄스임피던스의 정의
 Fig. 2 Definition of the parameters of impulse impedance

$$Z_{eff} = \frac{v_p(t_1)}{i(t_1)} \quad (1)$$

3. 실험계 구성 및 방법

대형 봉상 접지전극의 임펄스 응답 실험을 위해 접지공사가 끝난 건설공사현장에서 실험을 수행하였다. 봉상 접지전극의 시공은 대지저항률이 60~140(Ω·m)의 분포를 가지는 대지에 직경 150(mm) 천공후 접지전극의 주변에 빈 공간이 생기지 않도록 지표면으로부터 20(cm)까지 물과 함께 저감제를 사용하였으며, 매설된

1. 서 론

접지설비에 있어서 접지를 하고자 하는 전기·전자기기 또는 설비와 대지사이의 접속이 양호한가 또는 양호하지 않은가를 나타내는 지표로 접지저항으로 나타낸다. 접지저항이 낮을수록 대지와 접속이 양호한 경우를 접지가 잘 이루어진 것으로 보며, 대지에 전기적으로 단자를 접속하는 것으로 통상 상용주파수 영역의 감전보호용 접지는 접지저항으로 성능평가가 이루어지지만 상용전원 이외의 고주파수 영역이 적용되는 컴퓨터용 접지나 뇌 임펄스, 개폐임펄스 등에 대한 보호를 목적으로 하는 접지에 대해서는 접지임피던스로의 평가가 필요하다. 대형 건축물 등에서 현재 시설되고 있는 피뢰침 접지나 피뢰설비 접지시 사용하는 접지 가운데 접지봉 시설은 지표면 근처의 대지저항률이 높거나 전극시설 면적이 협소한 곳에서 사용하며, 낮은 접지저항값을 얻기 위해 설치깊이, 접지극의 형상 및 충전물 등에서 보다 다양화되고 있다. 이로 인해 시설되는 접지봉은 다양한 지질구조 및 토질을 통과하면서 회로정수도 바뀌게 되어 뇌격전류 분산률 및 과도임피던스 특성에 변화를 주게 된다. 따라서 대형 봉상 타입의 접지전극에 대한 임펄스 특성을 알아 보기 위해 각 접지시스템에 대한 전위 및 임피던스를 비교·분석하였다.

2. 관련이론

그림 1은 봉형의 접지전극의 등가모델을 나타낸 것으로 상용 전원에 의한 고장전류가 아닌 고주파 성분을 갖는 뇌격전류가 전극을 통해 흘러 대지로 방류될 때 전극의 형태를 나타낸 것이다.⁽¹⁾

과도임피던스는 정상상태 접지저항과 같이 접지시스템을 평가하는데 있어 중요한 요소로 작용하며 임펄스전류에 대한 임펄스 전압으로 정의하고 있다.⁽²⁾ 아래의 그림 2는 임펄스전류에 의한 전위와 서지임피던스의 파형을 나타낸 것으로 전압과 전류가 최대일 때 구할 수 있는 계산식을 나열하였다.

접지봉과의 연결선은 100[mm] 나동선 2조를 사용하여 지면까지 시설하였다. 전극은 30[m]와 36[m]의 깊이를 150[mm]의 직경으로 천공하여 길이 각각 6[m]와 9[m]의 접지봉을 지면과 닫게 시설하였다. 전극 각각의 접지저항은 2.9[Ω]와 4.0[Ω]이며, 병렬로 연결한 경우 GV전선 38[mm]을 사용해 중간지점에서 전류를 인가하였다.

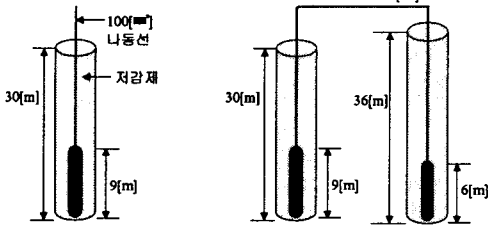


그림 3 봉상 접지전극의 구조
Fig. 3 Schematic diagram of the long vertical ground rods

전류보조전극은 피측정 접지전극으로부터 55[m] 거리에 시설하였으며, 1[m] 접지봉 2조를 이용하여 시설한 전류보조전극의 접지저항은 40[Ω]이었다. 접지전극에 빠른 상승시간을 갖는 전류를 인가하기 위해 전류보조전극까지의 리드선은 단면적이 굵은 38[mm] GV전선을 사용하였으며, 전위보조전극은 임펄스전류가 인가될 때 측정전류 패루프와의 상호 유도되는 오차를 줄이기 위해 IEEE의 권장사항에 의거하여 90°의 각도를 이루도록 시설하였다.

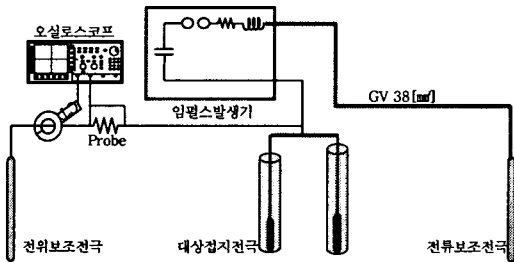


그림 4 실험계 구성
Fig. 4 Experimental set-up

4. 결과 및 검토

4.1 대형 봉상 접지전극

길이 30[m]의 접지전극을 수직으로 설치한 뇌보호용 접지는 정상상태 접지저항이 2.9[Ω]으로 실험대상 접지전극에 120[A]의 임펄스 전류를 인가하였다.

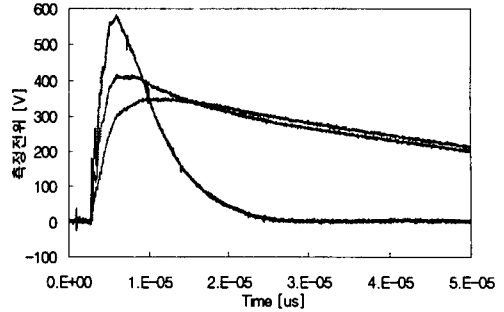
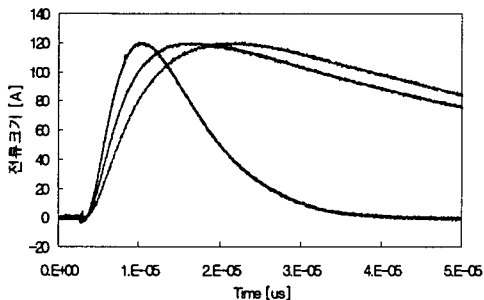


그림 5 상승시간에 따른 인가전류와 전위상승 파형
Fig. 5 Waveforms of the impressed current and voltage according to the rise time

그림 5에는 상승시간이 3.8[μs], 6.8[μs], 8.8[μs]인 임펄스전류를 접지전극에 인가시 나타나는 접지전위상승을 파형으로 나타내었다. 인가된 전류의 상승시간이 빠를수록 접지전위도 높게 나타났으며, 전위상승은 파형의 크기뿐만 아니라 파두부분 역시 빠르게 나타났다. 과도접지임피던스는 상승시간에 대한 의존성을 그림 6에 나타내었으며, 실패서지임피던스는 표 1에 나타낸 바와 같이 정상상태 접지임피던스보다 매우 크게 나타났다.

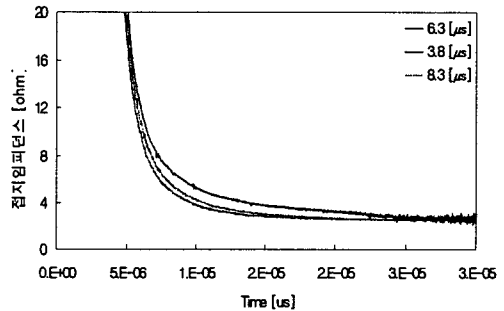


그림 6 과도접지임피던스
Fig. 6 Transient ground impedance

표 1. 실패서지임피던스
Table 1. Effective surge impedance

	V _{max}	I _{max}	Z _{eff}
3.8[μs]	571	120	9.06
6.3[μs]	411	120	4.89
8.3[μs]	351	120	3.69

동일한 크기의 전류를 상승시간에 따라 전극에 인가시켰을 때 나타나는 전위 파형은 크기뿐만 아니라 상승시간도 변하여, 접지임피던스의 크기를 변화시켰다. 상승시간이 빠를수록 전위값이 최대일 때의 임피던스 값은 크게 나타났으며, 전류 크기의 변화가 적은 시점에선 정상상태 접지저항과 비슷하게 나타났다.

4.2 병렬접지전극

그림 7에는 30[m] 깊이의 봉형 접지전극과 36[m] 깊이의 봉상 접지전극을 병렬로 연결하여 중간지점에서 인가한 임펄스전류와 접지전위를 나타낸 파형이다. 전류의 상승시간은 4[μs], 8[μs], 16[μs]으로 2배씩 증가시켰고, 전위상승의 크기는 4[μs]의 상승시간을 갖는 전류가 인가될 때 514[V], 8[μs]의 상승시간의 전류가 인

가시 334[V]로 동일 전류크기와 동일 상승시간에 대해 앞에서 살펴본 접지전극에 단독으로 임펄스전류 인가했을 때 나타나는 전위상승과 비슷한 크기를 나타내었다. 30[m]의 접지전극과 36[m] 봉형 접지전극의 경우 정상상태 접지저항은 2.9[Ω]과 4.5[Ω]으로 측정되었으며, 병렬 연결시 접지저항은 2.5[Ω]으로 리드선의 영향으로 병렬저항보다 수치가 커진 것으로 보인다.

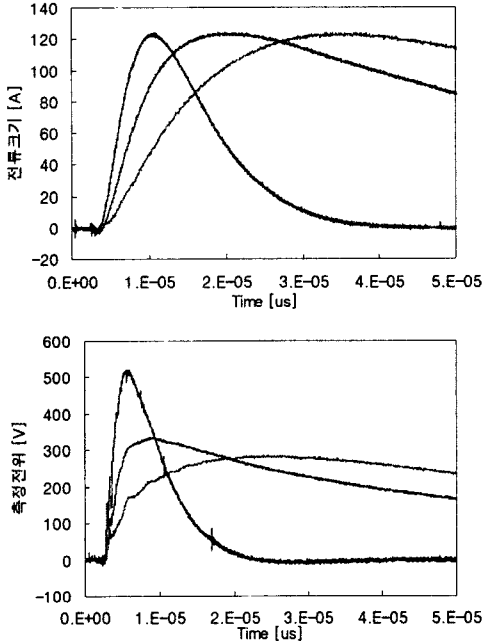


그림 7 상승시간에 따른 인가전류 파형
Fig. 7 Waveform of the impressed current according to the rise time

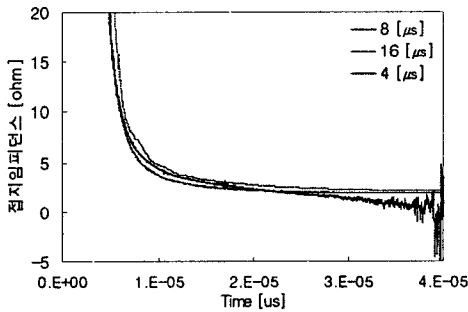


그림 8 과도 접지임피던스
Fig. 8 Transient ground impedance

표 2에는 실효서지임피던스를 나타내었으며 대체적으로 실효서지임피던스는 주파수에 역비례하는 양상을 보이고 있다.

표 2. 실효서지임피던스
Table 2. Effective surge impedance

	V_{max}	I_{max}	Z_{eff}
4.0[μ s]	514	123	9.98
8.0[μ s]	334	123	4.45
16[μ s]	290	123	2.58

인가전류 파형의 고속푸리에 변환을 통해서 알 수 있듯이 4[μ s]의 상승시간을 갖는 전류는 20[kHz] 전후의 주파수를 갖는 반면, 16[μ s]의 경우 10[kHz] 성분이 주를 이루고 있어 빠른 상승시간을 갖는 전류로 인해 인덕턴스 성분을 갖는 접지전극에 더 큰 전압이 유기된 것으로 보인다. 또한 실험대상 접지전극은 10[kHz]이하의 주파수를 갖는 고장전류에는 큰 임피던스를 나타내지 않는 것으로 사료된다.

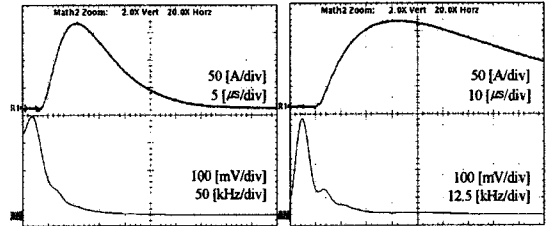


그림 9 인가전류 파형의 고속푸리에 변환
Fig. 9 FFTs of the test current

3. 결 론

대상 봉상 접지전극의 임펄스특성을 평가하기 위해 실제 건축물의 접지전극에 임펄스 전류를 인가하여 접지임피던스를 측정된 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 뇌격전류의 상승시간은 전위상승에 영향을 미치며 상승시간이 짧을수록 높은 주파수 성분이 포함되어 접지임피던스가 증가한다.
- (2) 봉상 접지전극은 유도성 과도임피던스를 나타내었으며, 실효서지임피던스는 상승시간에 역비례한다.

(참 고 문 헌)

- [1] M. Abdel, H. Anis, A. El-Morshedy, R. Radwan, "High-Voltage Engineering, Theory and Practice", Dekker, pp. 419-428, 2000.
- [2] I.F.Gonos, F.V.Topalis, "Transient impedance of grounding rods", High voltage eng. Sym. Conference publication, pp. 22-27 Aug. 1999.
- [3] 이복희, "전력통신용 보안장치 적용기술 연구", 전력연구원 최종보고서, TR.95YJ26.97.72-1 pp. 398-409, Sep. 1997.