

봉상 접지전극에서 전류유입위치에 따른 임펄스 접지임피던스의 특성

(Behaviors of Impulse Ground Impedances Associated with the Current Injection Point
in a Ground Rod)

이복희* · 정동철 · 이수봉

(Bok-Hee Lee · Dong-Cheol Jeong · Su-Bong Lee)

요 약

본 논문은 전류유입위치에 따른 봉상접지전극의 과도 및 실효임펄스임피던스의 특성에 관한 것으로 뇌격전류를 인가하여 실규모 접지봉에 대한 시간영역에서의 성능을 평가하였다. 임펄스전류가 가해진 봉상접지전극의 과도 접지임피던스는 접지저항보다 높게 나타났으며, 접지전극의 길이가 길어짐에 따라 접지저항과 실효임펄스접지임피던스는 감소되었다. 또한 실효임펄스접지임피던스는 짧은 시간범위에서는 급격하게 증가하였다. 접지저항의 저감은 접지시스템의 임펄스임피던스 특성의 개선에 결정적인 역할을 한다. 임펄스전류를 접지봉의 하단에 인가하였을 때 접지봉 전위의 파두부에 고주파의 진동 파형이 포함되고 실효임펄스임피던스는 다른 경우보다 높게 나타났다.

Abstract

This paper presents the behaviors of transient and effective impulse impedances of a long ground rod associated with the current injection points. The laboratory test for the time domain performance of actual-sized model ground rod subjected to a lightning stroke current has been carried out. The transient ground impedances of long ground rods under impulse currents were higher than the ground resistance. Both of the ground resistance and the effective impulse ground impedance decrease with increasing the length of the ground rods. Also, the effective impulse ground impedances are significantly increased in fast rise time ranges. The reduction of the ground resistance is decisive to improve the impulse impedance characteristics of grounding systems. When the test current is injected at the bottom of ground rod, the oscillating pulses with high frequency are included on the wave front of ground rod potential and the effective impulse impedances are higher than any other cases.

Key Words : Grounding, Grounding electrode, Ground resistance, Impulse ground impedance, Lightning protection, Impulse current, Ground potential rise

* 주저자 : 인하대학교 전자전기공학부 교수
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822
E-mail : bhlee@inha.ac.kr
접수일자 : 2004년 9월 3일
1차심사 : 2004년 9월 9일
심사완료 : 2004년 9월 23일

1. 서 론

접지시스템에 흐르는 고장전류와 뇌격전류는 접

지시스템에 높은 전위상승을 일으키며, 그로 인해 인근 기기나 기구에 손상을 입히므로 접지전극과 주위의 전위를 알아보는 것은 중요하다. 접지시스템의 근본 목적은 고장전류 및 뇌서지 전류에 의한 전위상승을 최대한 억제하는 역할을 하는 것이다. 낙뢰에 의한 뇌전자장 펄스로부터 전자기기를 보호하기 위해서는 낮은 과도임피던스를 갖는 효과적인 접지시스템이 요구된다.

접지시스템의 임펄스임피던스는 낙뢰에 대한 전기설비의 보호에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있으며, 접지시스템의 성능을 임펄스임피던스로 분석하는 연구가 이루어지고 있다. 뇌격전류에 주안점을 둔 접지시스템에서의 임펄스임피던스특성은 대지저항률 및 접지전극의 형상과 치수 및 뇌격전류의 특성에 따라 매우 다양하다. 접지시스템의 임펄스임피던스특성에 관한 연구는 아직 부족하며, 특히 실제 접지시스템의 경우에 대한 특성은 더욱 미흡한 실정이다. 뇌서지보호기의 성능은 접지시스템의 임펄스임피던스의 영향을 받는다. 접지시스템의 과도임피던스가 너무 높으면 뇌보호설비의 효과는 저감될 것이다. 그러므로 접지시스템의 과도임피던스특성에 대한 보다 면밀한 검토가 요구되며, 실효임펄스임피던스로 평가할 필요가 있다[1-5].

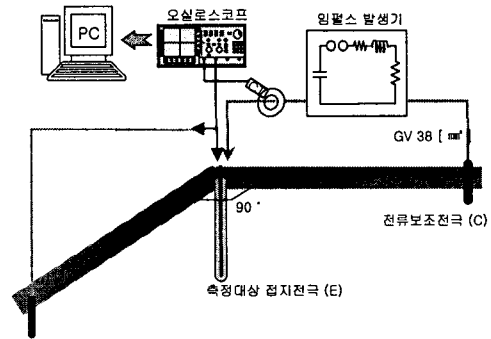
뇌보호설비용 접지시스템의 임펄스임피던스특성을 분석하기 위해서 뇌격전류가 접지시스템으로 유입될 때 발생할 수 있는 전위상승과 접지임피던스의 과도적 특성에 대한 실험적 연구결과를 기술하였다. KS IEC 61024-1[5]에서 제안한 봉상 접지전극에서 접지도선의 인출위치에 대한 영향을 임펄스전류의 유입위치를 파라미터로 하여 연구하였다. 접지전극의 상단, 하단과 상·하단을 통하여 임펄스전류가 유입되는 조건에서 접지전극의 전위상승을 측정하고, 임피던스-시간특성과 실효임펄스접지임피던스를 산출하고, 각 실험조건에 대한 결과를 비교·검토하였다.

2. 실험

2.1 실험계 구성

전위강하법은 대형 접지시스템의 접지임피던스를 측정하는 기본적인 방법이지만 임펄스전류를 측정

전류로 하는 경우에는 적절하지 않다. 즉 측정대상의 접지전극으로부터 전류보조전극을 연결하는 도선과 전류보조극 사이에 발생하는 전자기유도결합에 의해서 오차가 발생하게 된다. 그러므로 본 연구에서는 IEEE 81.2-1991에서 권고하고 있는 그림 1과 같이 전류보조전극을 전위보조극과 90° 각도로 배치하는 수정된 전위강하법을 적용하였다[6].



전위보조전극 (P)

그림 1. 접지임피던스의 측정회로

Fig. 1. Circuit for measuring the ground impedance

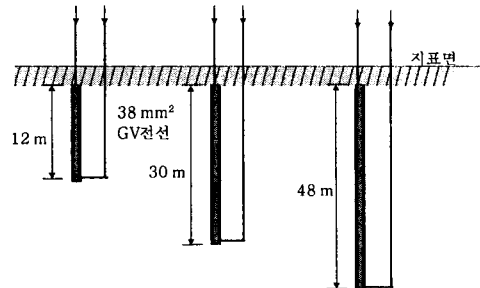


그림 2. 시험용 접지전극의 단면도

Fig. 2. A cross sectional view of the ground rods under test

실험대상 접지전극으로 직경 5[cm], 길이 12, 30, 48[m]인 동관을 지표면에 수직으로 천공기법으로 시설하였으며, 측정대상의 접지전극 E와 전류보조전극 C 또는 전위보조전극 P사이의 거리는 각각 60[m]로 하였다. 전류보조전극은 낮은 접지저항을 가지도록 시설하였으며, 전위보조전극으로는 1.2[m] 상용 봉상 접지전극을 설치하였다. 또한 임펄스전류를 인가시키는 전류보조선으로 38[mm] GV전선을 사용하였다. 또한 임펄스전류의 인가위치에 따른 임펄스접지임피

봉상 접지전극에서 전류유입위치에 따른 임펄스 접지임피던스의 특성

던스의 변동특성을 분석하기 위해 그림 2에 나타낸 바와 같이 측정용 임펄스전류를 인가하는 접지도선을 접지전극의 상단과 하단에서 각각 인출시켰다.

2.2 측정 장치

이중 지수함수형 임펄스전류를 시험용 접지전극에 인가하였다. 충전용 커패시터의 용량과 최대 충전전압은 각각 30[μF]와 10[kV]이다. 20[Hz]~100[kHz]의 주파수대역을 갖는 변류기를 이용하여 전류를 측정했으며, 접지전극의 전위는 75[MHz]의 주파수대역을 갖는 능동성 차동프로브로 측정하였다. 인가전류와 접지전극의 전위 파형은 500[MHz], 2.5[GS/s] 분해능의 오실로스코프로 관측하였다. 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 접지전극의 전위 파형을 인가전류의 파형으로 나누어 임펄스임피던스 파형을 산출하였다.

2.3 실효임펄스접지임피던스의 산출

임펄스접지임피던스는 인가전류와 접지전극의 전위로부터 얻을 수 있으며, 임펄스전류의 인가에 대한 과도임피던스의 개략도를 그림 3에 나타내었다. 접지시스템의 주요 목적이 계통의 고장전류 및 뇌격전류에 의해 나타나는 전위의 크기를 제한하는 것이므로 접지전극의 전위가 최대인 상태에서의 접지임피던스는 중요한 의미를 가진다. 그러므로 실효임펄스접지임피던스 Z_{eff} 는 전위가 최대인 점에서의 임피던스로 정의된다[7-9].

$$Z_{eff} = \frac{V_m}{I} \quad (1)$$

그림 3에서 V_{max} 는 접지전극의 전위 파형의 최대값이며, I 는 전위가 최대인 순간의 전류이다.

접지시스템의 과도임피던스를 결정하는 중요한 요소들은 접지저항, 접지전극 자체의 저항 및 인덕턴스 그리고 토양의 정전용량 등이다[10,11]. 특히 과도접지임피던스는 접지전극의 자기인덕턴스와 상호인덕턴스의 영향을 받으므로 동봉을 접지전극으로 사용한 경우 저항과 인덕턴스의 조합으로 전기적 등가회로를 구성할 수 있다. 특히 낮은 대지저항을 가지는 토양에 접지전극을 시설하는 경우 대지의 커패시턴스를 무시한다면 임펄스전류에 대한 접지

전극의 전위는 식 (2)과 같이 표현할 수 있다.

$$V(t) = Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} \quad (2)$$

R 은 접지저항과 접지전극의 저항의 합이고, L 은 접지전극의 인덕턴스이다. 접지전극의 길이가 길어지면 접지저항 R 은 감소하고 인덕턴스 L 은 증가한다. 즉 심매설 접지전극의 경우 접지전극의 전위 파형에서 리액티브성분이 지배적이며, 저항성분은 비교적 미약하다. 접지저항은 기본적으로 대지저항률과 접지전극의 치수에 의해 결정된다. 접지전극의 길이가 길어지면 접지저항은 감소하지만 과도접지임피던스는 접지전극의 인덕턴스의 영향으로 인가하는 임펄스전류의 파형에 의존하게 된다. 즉 임펄스전류의 변화율에 의한 전위강하 때문에 접지임피던스는 접지저항보다 크게 된다.

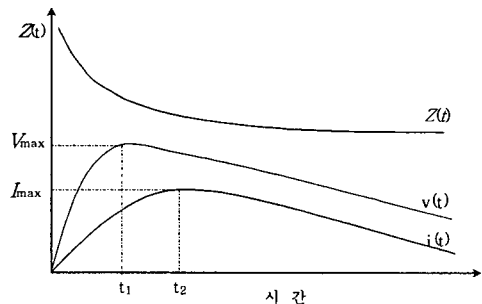


그림 3. 실효임펄스접지임피던스의 정의
Fig. 3. Definition of the effective impulse ground impedance

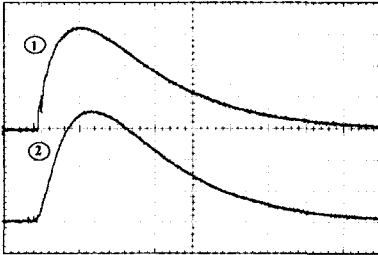
3. 결과 및 검토

3.1 임펄스전류를 접지전극의 상단에 인가한 경우

실험을 수행한 장소의 외전상 대지저항률은 대략 70[Ω·m]이며, 길이 12, 30, 48[m]인 접지전극의 접지저항은 약 7.6, 6.8, 4.76[Ω]이다. 길이 30[m]의 접지전극의 상단에 인가한 임펄스전류와 접지전극의 전위 파형의 예를 그림 4에 나타내었다. 인가한 임펄스전류의 피크값과 상승시간은 각각 180[A]와 8[μs]이다. 접지전극에 유도된 전위 파형의 상승시간은 인가

전류의 상승시간보다 약간 빠르게 나타났다. 이러한 인가전류와 전위 파형의 상승시간의 차이는 심매설 접지전극의 임피던스가 저항성분과 인덕턴스성분으로 이루어졌기 때문이며, 인덕턴스성분이 크게 작용하게 되면 이들 사이의 위상차는 더욱 커지게 된다.

즉 인가전류와 접지전극 전위의 상승시간 및 크기는 피측정 접지전극의 길이에 따라 달라지므로 각 접지전극에 대해서 동일한 파형의 임펄스전류에 대한 접지임피던스의 평가는 매우 어렵다. 조합형 임펄스전압/전류발생기의 출력인 임펄스전류는 충전용 커패시터의 정전용량, 접지저항과 측정대상 접지전극의 인덕턴스에 따라 약간 변동하게 된다.



① 접지전극의 전위상승 500(V/div), 10(μs/div)
 ② 인가전류 50(A/div), 10(μs/div)

그림 4. 길이 30(m)인 접지전극의 상단에 인가한 전류와 전위 파형

Fig. 4. Waveforms of the potential and current injected at the top of ground rod of 30(m)

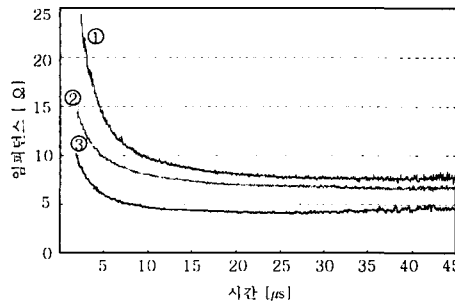


그림 5. 접지전극의 상단에 임펄스전류를 인가한 경우 임피던스-시간곡선(접지전극의 길이 ① : 12(m) ② : 30(m) ③ : 48(m))

Fig. 5. Z-t curves when the impulse current is injected at the top of ground rod (Length of ground rod ① : 12(m) ② : 30(m) ③ : 48(m))

과도접지임피던스는 접지전극의 전위를 인가한 전류로 나누어 계산하였다. 접지전극의 길이에 따른 과도접지임피던스의 파형(Z-t곡선)을 그림 5에 나타내었으며, 시간에 따라 지수 함수적으로 감소하는 양상이다. 이 때 측정된 접지전극의 전위는 2[kV]이 하이였으며, 인가전류와 전위 파형으로부터 접지전극 주위 토양의 이온화현상은 일어나지 않은 것으로 볼 수 있다. 긴 접지전극의 과도임피던스가 작으며, 이는 측정 장소의 대지저항률이 낮아 접지전극의 길이의 증가에 따른 접지저항의 감소효과가 인덕턴스 증가의 영향보다 지배적임을 알 수 있다.

10[μs] 이하의 시간범위에서 과도접지임피던스는 매우 큰 값을 가지는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 과도접지임피던스의 인덕턴스성분이 지배적으로 작용하기 때문이며, 시간이 지남에 따라 접지저항의 값으로 수렴한다. 길이가 12[m], 30[m]인 접지전극의 과도임피던스는 시간에 따라 단조 감소하는 유도성 특성을 나타내었으며, 48[m] 접지전극의 과도접지임피던스는 시간에 따라 감소하여 최소점을 거쳐 다시 증가하는 용량성 특성을 나타내었다.

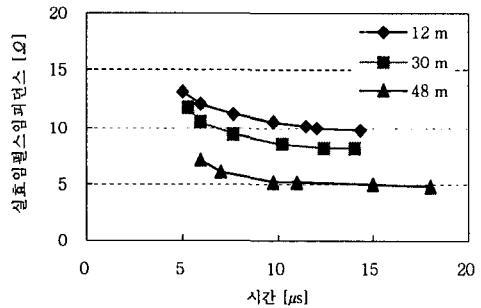


그림 6. 임펄스전류를 접지전극의 상단에 인가한 경우 접지전극의 길이에 따른 실효임펄스임피던스

Fig. 6. Effective impulse impedances as a parameter of the length of ground rod when the impulse current is injected at the top of ground rod

임펄스전류의 상승시간에 따른 접지전극의 실효 임펄스임피던스를 측정하여 접지전극의 길이를 파라미터로 도시한 결과를 그림 6에 나타내었다. 측정용 임펄스전류의 상승시간은 접지전극의 길이와 전류보조전극까지의 접속선의 인덕턴스에 의하여 제

봉상 접지전극에서 전류유입위치에 따른 임펄스 접지임피던스의 특성

한편으로 가장 짧은 상승시간은 약 $5[\mu s]$ 이었다. 접지시스템의 임펄스전류에 대한 실효임피던스는 인가전류의 상승시간과 접지전극의 길이에 따라 변화하며, 인가전류의 상승시간이 짧을수록 실효임펄스임피던스는 크게 나타났다. 실효임펄스임피던스가 접지전극의 길이에 반비례하여 감소하는 것은 임펄스임피던스의 결정에 접지저항이 지배적으로 작용하였기 때문인 것으로 볼 수 있다.

접지전극의 길이가 증가함에 따라 실효임펄스임피던스는 인가전류의 상승시간에 대한 영향이 상대적으로 작으며, 본 실험 조건에서 길이 $48[m]$ 접지전극의 접지저항이 가장 작으므로 과도특성의 변동이 적은 것으로 나타났다. 결국 접지저항의 저감은 접지시스템의 실효임펄스임피던스를 줄이는 핵심적 요소임을 알았다.

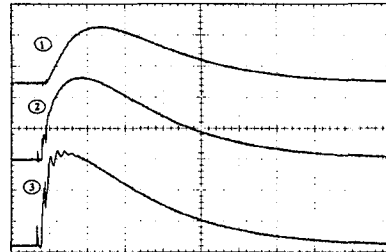
3.2 임펄스전류를 접지전극의 하단에 인가한 경우

뇌보호설비에 관한 한국산업규격인 KS C IEC 61024-1에서 제안하고 있는 뇌보호용 접지시스템을 봉상 접지전극으로 시설하는 방법에 대하여 실험하였다. 길이 $30[m]$ 인 접지전극의 상단 또는 하단에 임펄스전류를 인가하였을 때 인가전류와 접지전극의 전위 파형을 그림 7에 나타내었다. 접지전극의 하단에 임펄스전류를 인가했을 때의 전위 파형은 상단에 인가했을 때에 비하여 상승시간이 짧고 피크값도 높게 나타났으며, 과도부문에 진동성의 미세한 펄스가 중첩되어 있다.

접지전극의 전위 파형의 과도에서의 진동 성분은 접지전극의 길이가 길어짐에 따라 크기가 증가하였다. 길이 $12, 30, 48[m]$ 인 봉상 접지전극에 임펄스전류를 하단에 인가했을 때의 과도임피던스 파형을 그림 8에 나타내었다.

과도접지임피던스 파형은 접지전극의 길이가 길어질수록 짧은 시간영역에서 현저하게 감소하며, $48[m]$ 접지전극의 접지저항은 가장 작지만 약 $5[\mu s]$ 이내의 시간에서는 과도접지임피던스가 더 크게 나타났다. 즉 $5[\mu s]$ 이하의 상승시간을 가지는 임펄스전류에 대해서는 $48[m]$ 접지전극이 짧은 접지전극보다 성능이 떨어짐을 알 수 있다. 또한 길이 $48[m]$ 접

지전극의 과도접지임피던스 파형은 $30[\mu s]$ 이후부터 약간 증가하는 용량성 특성을 나타내고 있다.



- ① 인가전류 $100[A/div]$, $10[\mu s/div]$
- ② 상단 인가시 전위상승 $400[V/div]$, $10[\mu s/div]$
- ③ 하단 인가시 전위상승 $500[V/div]$, $10[\mu s/div]$

그림 7. 길이 $30[m]$ 인 접지전극의 상단 또는 하단에 임펄스전류를 인가한 때 전위 파형

Fig. 7. Waveforms of the potential when the impulse current is injected at the top of ground rod of $30[m]$ or at the bottom

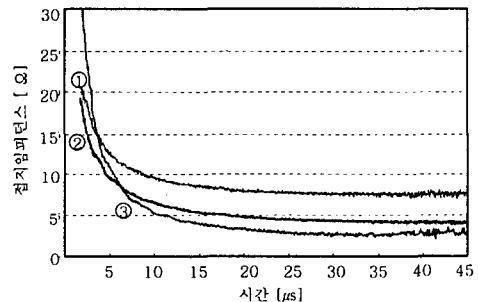


그림 8. 접지전극의 하단에 임펄스전류를 인가한 경우 접지임피던스-시간곡선(접지전극의 길이 ① : $12[m]$ ② : $30[m]$ ③ : $48[m]$)

Fig. 8. Z-t curves when the impulse current is injected at the bottom of ground rod (Length of ground rod ① : $12[m]$ ② : $30[m]$ ③ : $48[m]$)

접지전극의 길이를 파라미터로 하여 임펄스전류를 접지전극의 하단에 인가하여 임펄스전류의 상승시간에 따라 측정된 실효임펄스임피던스의 결과를 그림 9에 나타내었다. 실효임펄스임피던스는 임펄스전류를 접지전극의 상단에 인가하여 측정할 것과 마찬가지로 상승시간이 짧을수록 큰 값을 나타내었으며, $10[\mu s]$ 이후의 시간부터는 변동이 작다. 낮은 대지저항을 갖는 토양이라도 한국산업규격 KS C IEC 61024-1에서 제안하는 방법으로 길이가 긴 봉상 접지

전극의 접지시스템을 시공했을 때 뇌격전류가 유입 되면 접지전극에 나타나는 전위가 높아지며 실효임펄스임피던스가 증가하는 결과를 초래할 수도 있다.

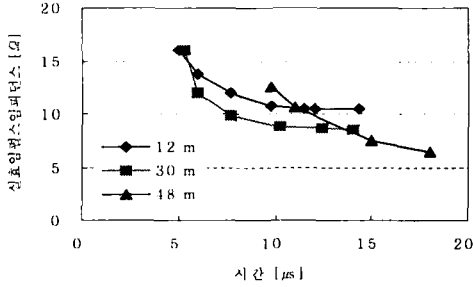
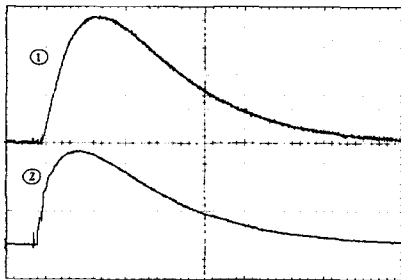


그림 9. 임펄스전류를 접지전극의 하단에 인가한 경우 접지전극의 길이에 따른 실효임펄스임피던스
 Fig. 9. Effective impulse impedances as a parameter of the length of ground rod when the impulse current is injected at the bottom of ground rod

3.3 임펄스전류를 접지전극의 상·하단에 인가한 경우

접지전극의 하단에 임펄스전류를 인가한 때 실효임펄스접지임피던스가 증가하였다. 길이 30[m]인 접지전극의 상단과 하단을 전기적으로 접속한 점에 임펄스전류를 인가하였을 때 접지의 전위 파형을 그림 10에 나타내었다.



① 인가전류 50(A/div), 10(μs/div)
 ② 접지전극의 전위 400(V/div), 10(μs/div)

그림 10. 길이 30(m)인 접지전극의 상·하단의 접속점에 임펄스전류를 인가한 때 전위 파형
 Fig. 10. Waveforms of the ground rod potential when the impulse current is injected at the connection point of the top and bottom of the ground rod of 30(m)

인가전류와 접지전극 전위의 위상차는 임펄스전류를 상단에 인가한 경우보다 크게 변하지 않았지만, 임펄스전류가 접지전극의 하단으로 유입되었을 때의 전위 파형에 비해 완만해 지고 감소하는 것을 알 수 있다. 접지전극의 상단과 하단에 임펄스전류를 인가하였을 때의 접지전극의 길이에 따른 과도접지임피던스를 그림 11에 나타내었다. 길이 12[m]와 48[m]의 접지전극의 과도접지임피던스는 접지전극의 상단에 임펄스전류를 인가한 경우와 비슷하였으나 30[m] 접지전극의 과도접지임피던스는 임펄스전류를 접지전극의 상단에 인가한 경우보다 전체적으로 낮아졌다.

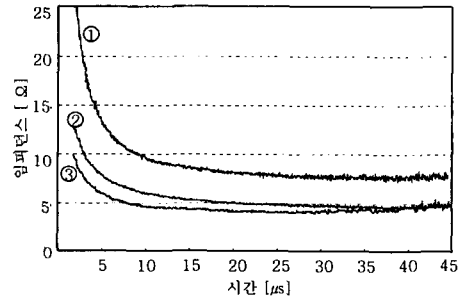


그림 11. 접지전극의 상·하단에 임펄스전류를 인가한 경우 접지임피던스-시간곡선(접지전극의 길이 ① : 12(m) ② : 30(m) ③ : 48(m))
 Fig. 11. Z-t curves when the impulse current was injected at the connection point of the top and bottom of the ground rod (Length of ground rod ① : 12(m) ② : 30(m) ③ : 48(m))

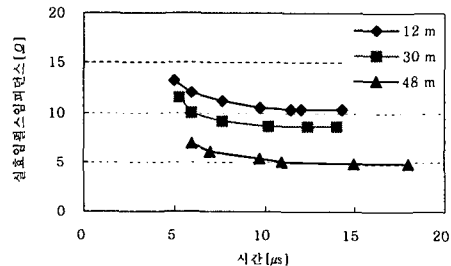


그림 12. 임펄스전류를 접지전극의 상단과 하단의 접속점에 인가한 경우 접지전극의 길이에 따른 실효임펄스임피던스
 Fig. 12. Effective impulse impedances as a parameter of the length of ground rod when the impulse current is injected at the connection point of the top and bottom of the ground rod

봉상 접지전극에서 전류유입위치에 따른 임펄스 접지임피던스의 특성

임펄스전류를 접지전극의 상·하단에서 동시에 인가한 경우 상승시간의 변화에 따른 실효임펄스접지임피던스의 크기를 그림 12에 나타내었다. 접지전극의 상단 또는 하단에 각각 임펄스전류를 인가한 경우보다 실효접지임펄스임피던스는 작았으며, 48[m]의 접지전극의 실효접지임펄스임피던스가 현저하게 작아진 것을 알 수 있다.

4. 결 론

뇌보호용 접지시스템의 적절한 과도접지임피던스를 얻기 위한 최선의 방법은 접지저항과 인덕턴스를 감소시키는 것이다. 심매설 접지전극의 실효접지임펄스임피던스는 임펄스전류의 상승시간이 짧아짐에 따라 증가하였으며, 접지저항에 비해 큰 값을 나타내었고, 접지전극의 길이에 따라 감소하였다. 길이가 긴 접지전극을 뇌보호설비용 접지시스템에 적용하는 경우 과도접지임피던스 저감 측면에서 보면 접지도선을 접지전극의 상단에서 인출하는 것이 보다 효과적이다.

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업의 지원에 의해 작성되었습니다.

References

- [1] N. Fujimoto, E. P. Dick, S. A. Boggs and G. L. Ford, "Transient Ground Potential Rise in Gas-Insulated Substations-Experimental Studies", IEEE Trans. Vol.PAS-101, No.10, pp.3603~3609, 1982.
- [2] S. Karaki, et al., "Transient Impedance of GIS Grounding Grid", IEEE Trans. Vol.PD-10, No.2, pp.723~738, 1995.
- [3] T. Takahashi, "A Part of Grounding for Lightning Protection Technique", J. IEE of Japan, Vol.9, pp.671~676, 1989.
- [4] J. H. Bogensperger, J. Frei and S. Pack, "Resistance of Grounding Systems Stationary and Transient Behavior", Proc. 9th ISH, p.6715, 1995.
- [5] 이복희, 이승철 "정보통신설비의 뇌보호", 인하대학교 출판부, pp.94~98, 2004.
- [6] IEEE Std 81.2-1991, "IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems", IEEE Inc., pp.1731, 1991.
- [7] Z. Stojkovic, et al., "Sensitivity Analysis of Experimentally Determined Grounding Grid Impulse Characteristics", IEEE Trans., Vol. PD-13, No. 4, pp.113

6~1141, 1998.

- [8] 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.
- [9] B. R. Gupta and B. Thapar, "Impulse Impedance of Grounding Grids", IEEE Trans. Vol.PAS-99, No.6, pp.214~218, 1980.
- [10] M. Ramamoorthy, M. M. Babu Narayanan, S. Parameswaran and D. Mukhedkar, "Transient Performance of Grounding Grids", IEEE Trans. Vol.PD-4, pp.2053~2058, No.4, 1989.
- [11] W. Xiong and F. P. Dawalibi, "Transient Performance of Substation Grounding Systems Subjected to Lightning and Similar Surge Currents", IEEE Trans. Vol.PD-9, No.3, pp.1412~1417, 1994.4.

◇ 저자소개 ◇

이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 동경대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기 컴퓨터공학부 교수.
Tel. (032) 860-7398
Fax. (032) 863-5822
e-mail : bhlee@inha.ac.kr

정동철 (鄭東喆)

1964년 9월 18일생. 1989년 2월 영남대 전기공학과 졸업. 2002년 2월 고려대학교 산업대학원 졸업(석사). 현재 (주)한진중공업 근무 및 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel. (032) 860-7398
Fax. (032) 863-5822
e-mail : dcjeong2000@korea.com

이수봉 (李守奉)

1979년 4월 13일생. 2002년 2월 경남대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.
Tel. (032) 860-8847
Fax. (032) 863-5822
e-mail : isbong1@hanmail.net