

가변주파수 및 임펄스 전류를 이용한 과도접지임피던스 분석

(An Analysis Method for the Transient Ground Impedance Using Variable Frequency and Lightning Impulse Current)

엄주홍* · 조성철 · 이태형

(Ju-Hong Eom · Sung-Chul Cho · Tae-Hyung Lee)

요 약

접지전극의 형태, 크기, 재질 및 임펄스전류의 형상에 따라 변화하는 과도접지임피던스는 접지시스템의 성능에 중요한 영향을 미친다. 본 논문은 기존의 실효임펄스임피던스가 실제 과도접지임피던스를 얼마나 효과적으로 나타내고 있는가에 대한 분석과 보다 효과적인 과도접지임피던스 평가방법에 대하여 실험적인 결과를 제시하였다. 실험에 사용된 접지전극은 저항성분과 인덕턴스를 포함한 모의 접지전극과 1[m] 탄소접지봉, 9[m] 일반동봉 그리고 40[m] 매설지선이며, 가변주파수 전류와 임펄스전류에 의한 접지임피던스를 각각 측정하였다. 각각의 값을 비교했을 때 기존의 실효임펄스임피던스의 값보다는 전압의 최대값과 전류의 최대값을 이용하여 과도접지임피던스를 구한 임피던스 값(Z_1)이 등가주파수에 해당하는 가변주파수 전류에 의해 구해진 접지임피던스에 근접함을 확인하였다.

Abstract

The transient ground impedance depending on configuration, size, and material of grounding electrodes as well as the shapes of impulse currents, has a significant affect on the performance of the grounding system. This paper presents experimental results in regard to the analysis method of transient ground impedance using the lightning impulse and variable frequency currents. Also a new estimation method to replace the effective surge impedance for transient ground impedance was proposed. The ground electrodes used in this experiment are virtual ground electrodes including both resistance and inductance components, carbon ground electrode with 1[m] length, copper electrode with 9[m] length and counterpoise with 40[m] length. Ground impedances using the proposed method were measured respectively. Comparing with the ground impedance using variable frequency current, the conventional ground impedance(Z_1) calculated from the peak values of impulse voltage and impulse current is observed more correct method for evaluating the performance of ground electrode than the effective surge impedance.

Key Words : Transient Ground Impedance, Effective Impulse Impedance, Grounding System

* 주저자 : 기초전력연구원 책임연구원

Tel : 02-885-9443, Fax : 02-883-0827, E-mail : eommas@snu.ac.kr

접수일자 : 2008년 3월 31일, 1차심사 : 2008년 4월 2일, 심사완료 : 2008년 5월 2일

1. 서 론

낙뢰에 의한 사고의 증가로 접지시스템의 과도접지임피던스에 많은 관심이 집중되고 있다. 과도접지임피던스는 접지시스템의 특성을 구분짓는 중요한 요소이며, 최근 피뢰설비용 접지시스템에서 기존의 접지저항보다 과도접지임피던스의 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 과도접지임피던스의 정확한 평가방법이 아직 정립되지 않은 상태로 남아있으며 연구자들에 따라 다른 정의로 과도접지임피던스를 표현하고 있다[1-3].

접지시스템의 과도접지임피던스를 결정하는 중요한 요소들은 접지저항, 접지전극 자체의 저항 및 인덕턴스 그리고 토양의 정전용량 등이다[4-5]. 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 커패시턴스성분은 무시되기도 한다.

접지전극에 존재하는 인덕턴스는 임펄스 전압과 전류에 위상차를 만들면서 전압파형과 전류파형이 최대값에 도달하는 시간차를 나타내게 하는 원인이 된다. 이 때 과도접지임피던스는 전압의 최대값과 전압이 최대값을 가지는 순간의 전류값에 의해 구해지는 실효서지임피던스가 가장 많이 사용되어 왔다. 하지만 여전히 과도접지임피던스에 실효서지임피던스를 사용하는 것에 대한 타당성은 논란의 여지가 있다.

이 논문에서는 가변주파수 인버터를 이용한 전류와 임펄스 전류를 이용하여 각각의 과도접지임피던스를 구하고 등가주파수 개념을 도입하여 과도접지임피던스를 비교하고 분석하였다.

2. 접지전극 모의실험

2.1 과도접지임피던스

접지전극에 임펄스 전류를 인가한 후 측정된 전압과 전류를 통하여 과도접지임피던스를 계산하게 된

다. 접지전극이 순수 저항성분으로만 이루어져 있다면 전압과 전류의 위상 차이는 없게 되며 과도접지임피던스는 고유의 값을 갖게 될 것이다.

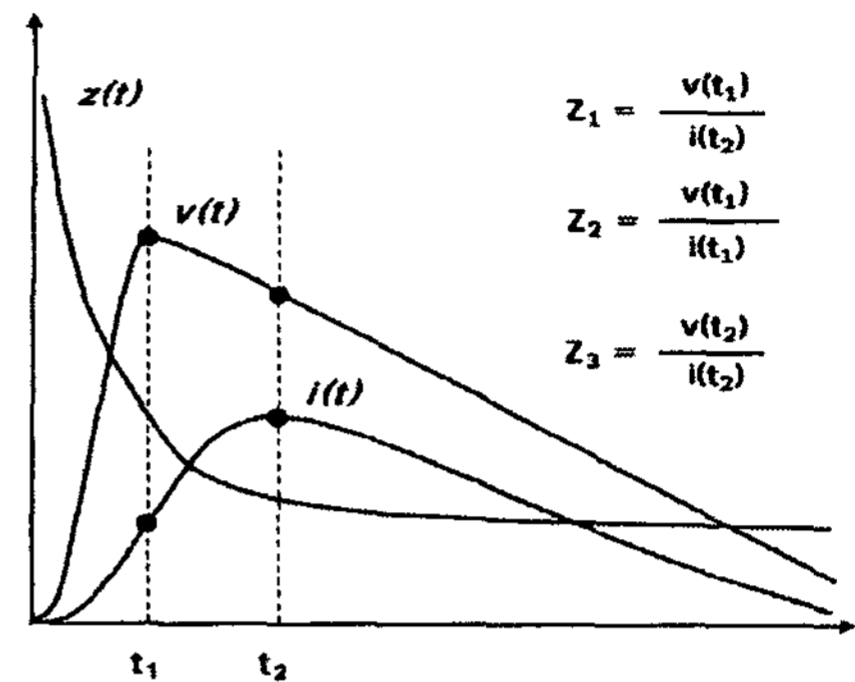


그림 1. 과도접지임피던스
Fig. 1. Transient ground impedance

하지만 접지전극에 포함되어있는 인덕턴스 성분과 대지의 커패시턴스 성분은 전압과 전류 파형 사이에 위상 차이를 만든다. 전압의 최대값과 전류의 최대값은 서로 다른 시간에 발생하게 되어 과도접지임피던스는 다음과 같이 세 가지의 경우로 나뉜다. 첫 번째는 전압의 최대값과 전류의 최대값을 이용한 규약접지임피던스(Z_1)[6], 두 번째는 전압의 최대값과 전압의 최대값을 갖는 시간(t_1)에서의 전류값을 이용한 실효서지임피던스(Z_2), 마지막으로 전류의 최대값과 전류의 최대값을 갖는 시간(t_2)에서의 전압값을 이용한 임피던스(Z_3)이다. 그림 1은 이 세 가지 경우의 과도접지임피던스를 나타내고 있다. 기존의 실효서지임피던스(Z_2)는 두 번째의 경우인 전압의 최대값과 전압의 최대값을 갖는 시간의 전류값을 이용하여 구한 값이다[6].

2.2 실험계 구성

접지임피던스 측정의 기본이 되는 전위강하법을 이용한 과도접지임피던스의 측정회로를 그림 2에 나타내었다. 가변주파수 인버터를 이용한 접지임피던스 측정을 위해 측정전류는 설정된 시간동안 주파수 제어가 선형적으로 이루어지는 인버터를 사용하여 인가하였다. 구형파 측정전류의 주파수를 5~300

가변주파수 및 임펄스 전류를 이용한 과도접지임피던스 분석

[kHz]의 범위에서 가변시키면서 측정대상인 접지전극(E)과 전류보조전극(C) 사이에 전류를 인가하여 전위보조전극(P)에 대한 접지전극의 전위상승을 측정하였다.

임펄스 발생기를 이용한 과도접지임피던스 측정을 위해 이동식 임펄스 발생기를 이용하여 8/20[μs]의 전류파형을 접지전극에 인가하였다. 임펄스 발생기에서 (+)가 되는 부분을 접지전극(E)에 연결하고, (-)가 되는 부분을 전류보조전극(C)에 연결하여 임펄스 전류를 인가한다. 이 때 접지전극에서 발생하는 전위상승을 전위보조전극(P)에 대한 접지전극의 전위상승을 측정하였다.

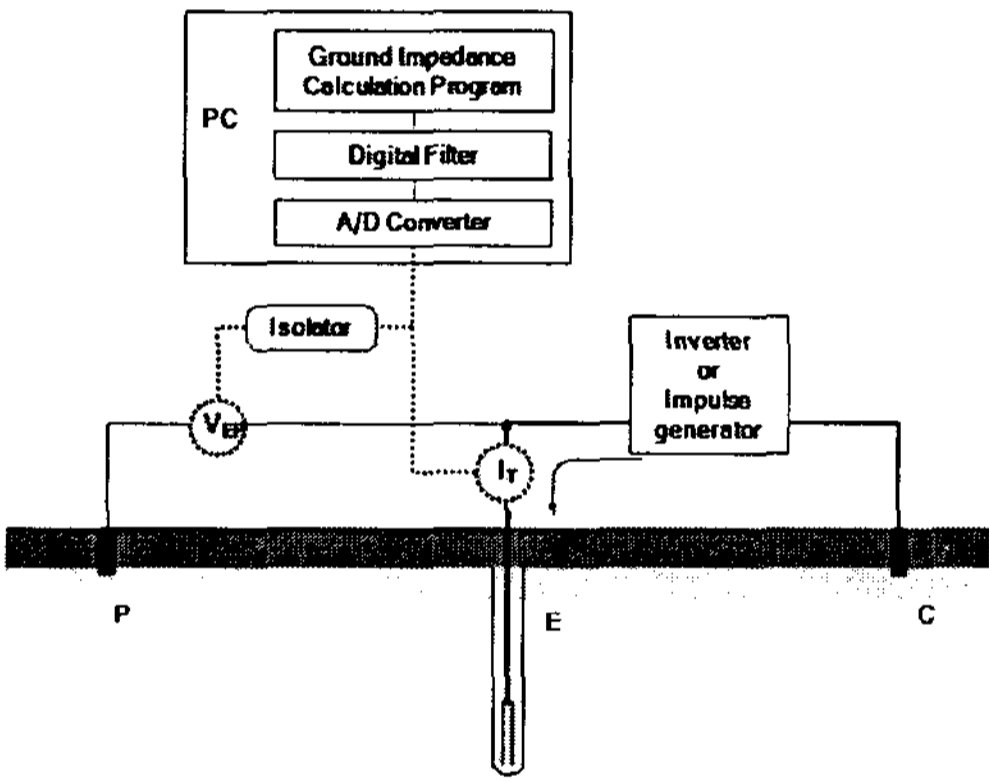


그림 2. 접지임피던스의 측정회로
Fig. 2. Circuit diagram for measuring the ground impedance

접지임피던스의 산출에 적용한 측정용 인가전류와 접지전극의 전위상승 파형은 각각 CT와 절연분리기능이 있는 능동형 프로브로 측정하였다. 측정된 파형들은 12[bit], 100[MS/s]의 A/D변환기를 사용하여 디지털 신호로 변환하였으며, 변환된 신호들은 디지털필터를 통과시킨 후 접지임피던스의 산출에 적용되었다. 디지털필터는 2차 버터워스(Butterworth)형 대역통과필터로 설계하였으며, 검출된 구형파의 접지전위상승 및 시험전류 파형의 기본파 성분만을 통과시킨다. 즉 구형파 전압은 기본파 성분과 기수고조파 성분의 합으로 이루어져 있으므로 대역통과필터를 사용하면 기본파 성분의 정현파 시험전류와 접지전위상승 파형을 선택하여 접지임피던

스의 산출을 위한 연산이 가능하다. 접지임피던스의 크기는 접지전극의 전위상승과 시험전류 크기의 비로 구해진다.

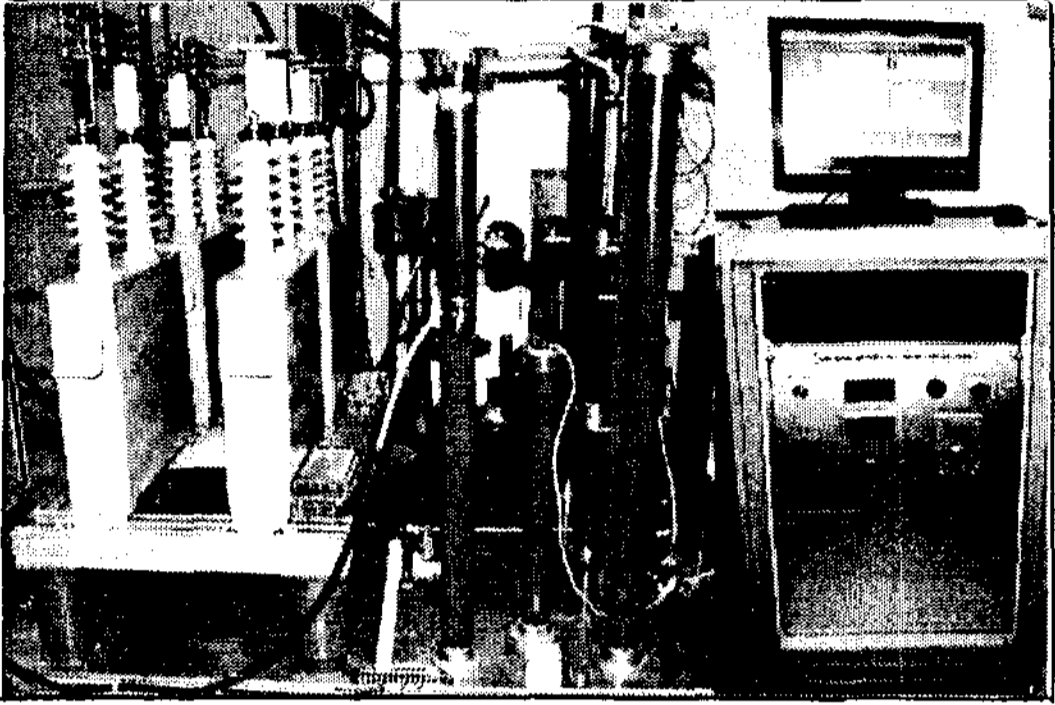
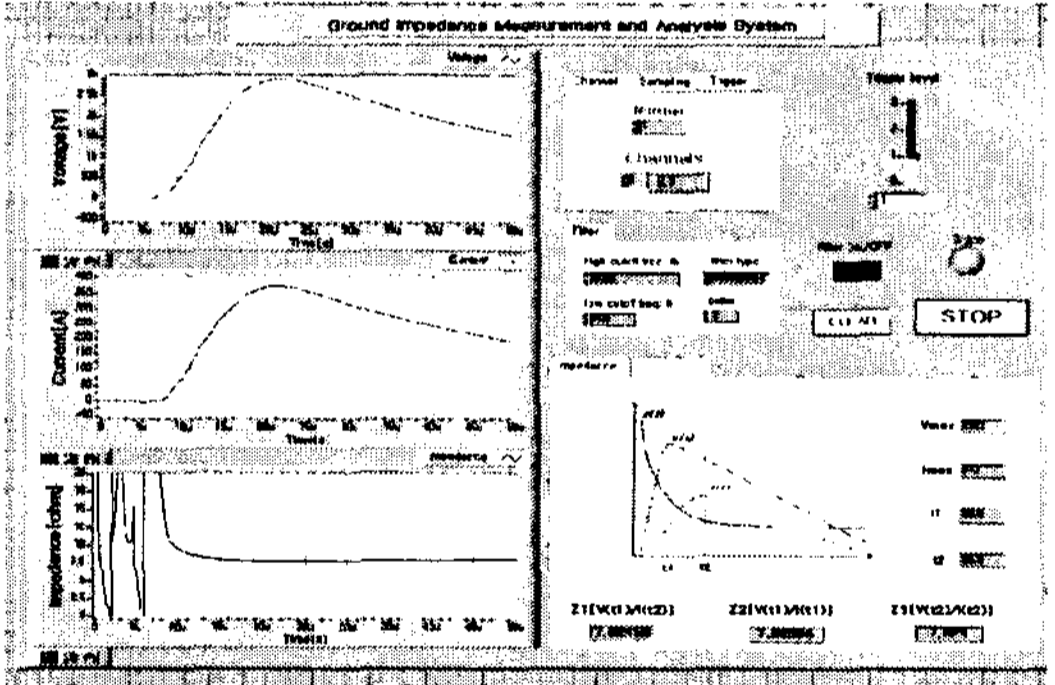
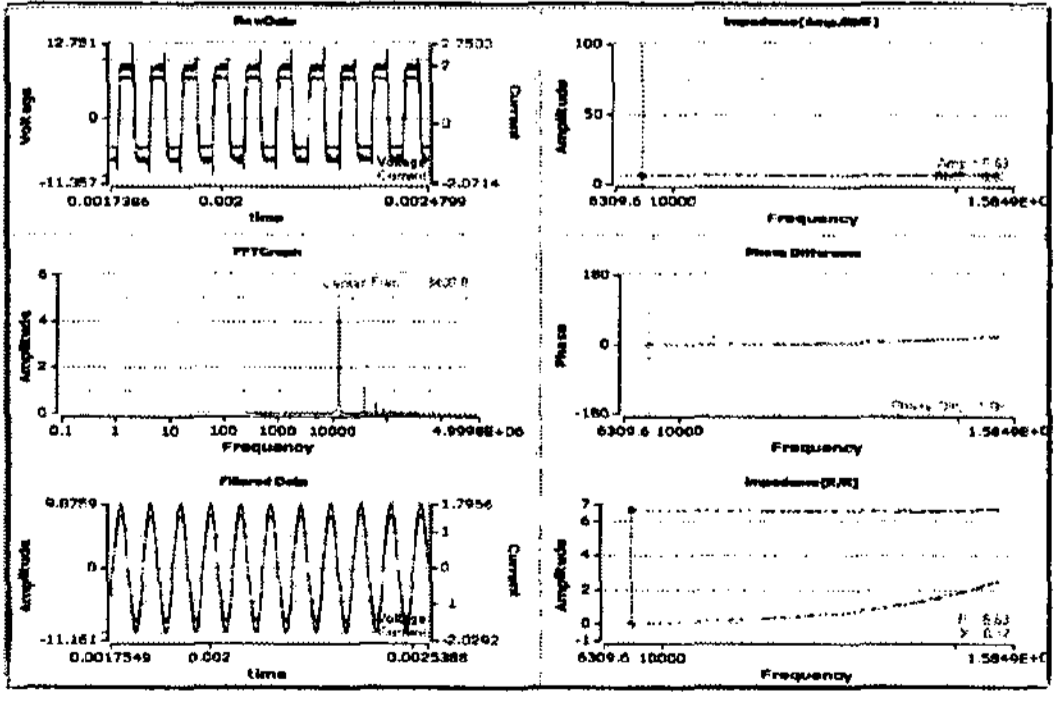


그림 3. 이동식 과도접지임피던스 측정시스템
Fig. 3. Portable measuring system for transient ground impedance



(a) 임펄스 전류용



(b) 가변주파수 전류용

그림 4. 과도접지임피던스 측정프로그램
Fig. 4. Measuring program for transient ground impedance

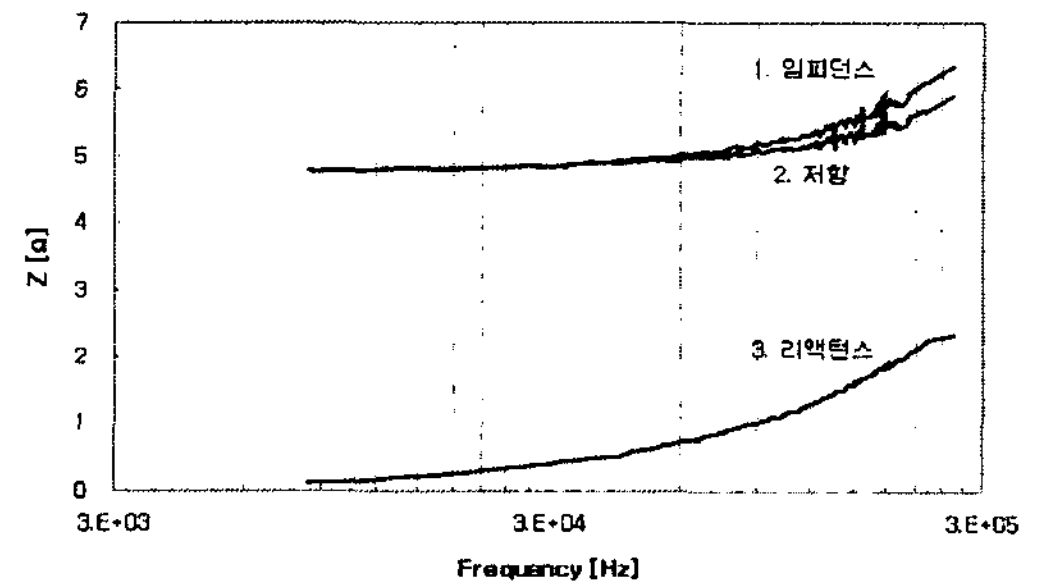
그림 3은 이동식 임펄스 발생장치, 가변주파수 인버터 그리고 측정시스템이 내장되어있는 이동식 과도접지임피던스 측정시스템을 나타낸다. 그림 4는 접지임피던스 측정프로그램으로서 임펄스 전류용은 LabVIEW로, 가변주파수 전류용은 Visual basic으로 각각 제작되었다.

실제 대지에 매설되어있는 접지전극의 과도접지 임피던스를 측정하기에 앞서서 접지전극을 모의하여 측정시스템의 성능과 과도접지임피던스의 특성을 예상하고자 하였다. 접지전극을 모의하기 위하여 저항성분과 인덕턴스 성분으로 나뉘어 4가지 회로를 구성하고, 임펄스 전류와 가변주파수 전류를 인가하여 각각의 과도접지임피던스를 구하였다. 저항 5[Ω], 10[Ω]과 인덕턴스 19.5[μH], 97.5[μH]를 서로 조합하여 가상의 접지전극을 모의하였다. 또한 실제 접지전극에서의 과도접지임피던스 특성분석을 위해서 1[m] 탄소접지봉, 9[m] 일반동봉 그리고 40[m] 매설지선을 이용하여 각각의 과도접지임피던스를 측정하였다.

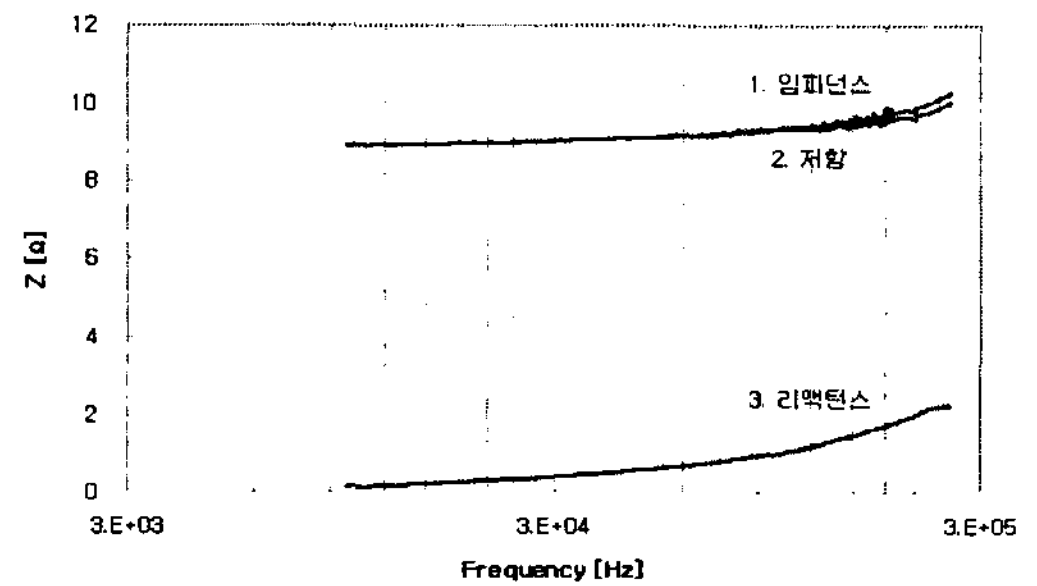
2.3 가변주파수 전류에 의한 접지임피던스

가변주파수 인버터를 이용하여 약 300[kHz]까지 주파수를 변화시키면서 접지임피던스를 구하였다 [4]. 그림 5는 4가지 경우의 접지임피던스를 보여주고 있다. 저항 5[Ω]인 경우 (a) 리액턴스가 저항보다 작아 임피던스는 저항의 영향을 더 크게 받는 것을 볼 수 있다.

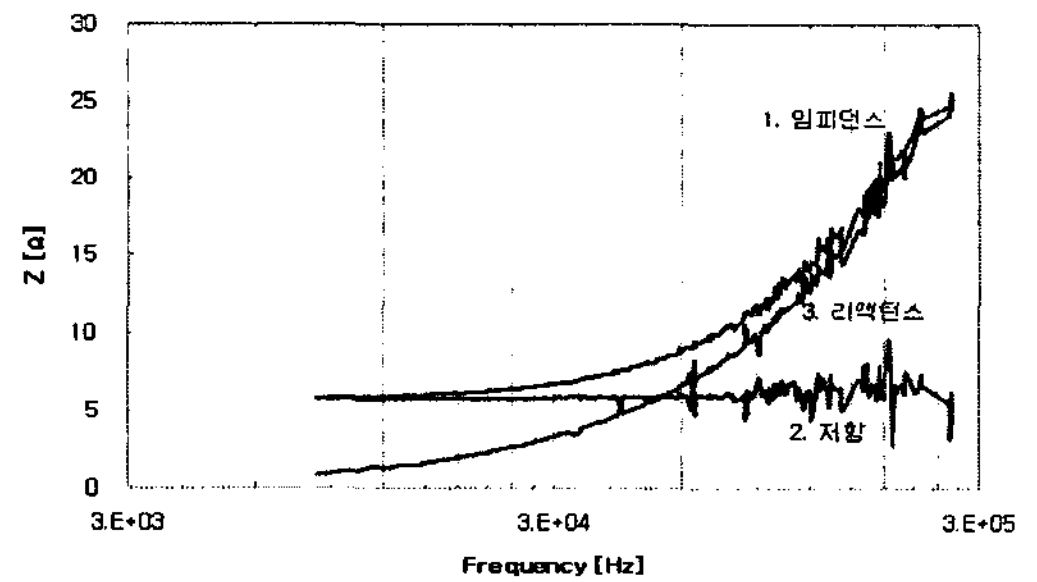
저항 10[Ω] 역시 주파수가 증가하면서 리액턴스의 값이 2[Ω]까지 증가하긴 하지만 임피던스는 저항의 영향을 받는 것을 알 수 있다. 하지만 저항 6[Ω] + 인덕턴스 19.5[μH]인 경우(c)에 주파수가 50[kHz] 일 때 리액턴스가 저항값보다 커지는 것을 볼 수 있다. 주파수가 증가하면서 임피던스가 크게 증가함을 알 수 있는데, 이는 일정한 값을 보이는 저항성분보다 주파수에 따라 증가하는 인덕턴스의 영향임을 한눈에 알 수 있다. 이는 저항의 그래프 (a), (b)와는 큰 차이를 보이는 결과이다. 인덕턴스 97.5[μH]인 경우 (d)에는 큰 인덕턴스의 영향으로 임피던스의 값이 더욱 증가함을 확인할 수 있다. 리액턴스의 값은 수



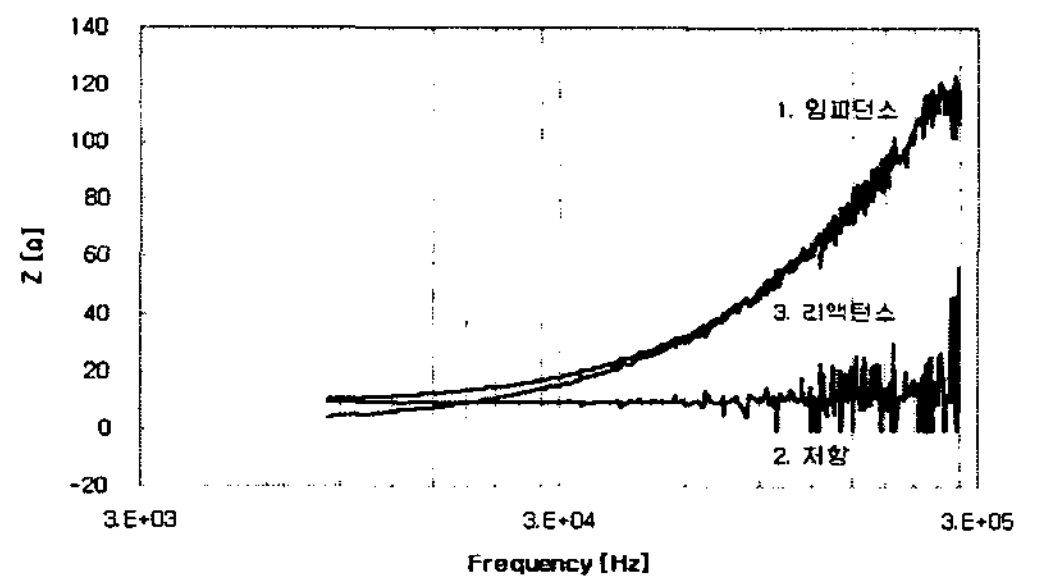
(a) 저항 5(Ω)



(b) 저항 10(Ω)



(c) 저항 6(Ω) + 인덕턴스 19.5(μH)



(d) 저항 10(Ω) + 인덕턴스 97.5(μH)

그림 5. 가변주파수 전류를 이용한 가상전극의 접지임피던스
Fig. 5. Ground impedance of virtual electrodes using variable frequency current

[kHz]에서 저항값보다 커지기 시작했으며 주파수가 증가함에 따라 두 값은 크게 차이가 났다.

2.4 임펄스전류에 의한 접지임피던스

임펄스 발생기를 이용하여 $8/20[\mu s]$ 의 임펄스 전류를 각각의 경우에 인가하였다. 그림 6은 측정프로그램에서 각각의 전압과 전류의 파형을 나타내고 있으며 인덕턴스가 존재하기 때문에 그래프에서 전압과 전류에 최대값 도달까지의 시간차가 발생함을 알 수가 있다. 저항은 순수 저항성분만 가지고 있기 때문에 전압과 전류에 피크도달 시간차가 발생하지 않는다. 따라서 세 가지 과도접지임피던스 Z_1, Z_2, Z_3 은 모두 $4.71[\Omega]$ 으로 같은 값을 갖게 된다. 이와 동일하게 저항 $10[\Omega]$ 인 경우 모두 $8.75[\Omega]$ 으로 같은 값을 갖는다. 하지만 그림 6 (c)와 (d)에서는 저항에 인덕턴스 성분이 포함되어 전압과 전류에 위상차에 해당하는 피크도달 시간차가 발생하게 되고, 이는 전류의 상승시간을 지연시키게 된다.

인덕턴스가 $19.5[\mu H]$ 인 경우에 전압의 최대값과 전류의 최대값에 시간차가 발생하여 세 가지 경우의 임피던스의 값은 $Z_1=6.04[\Omega], Z_2=6.63[\Omega], Z_3=5.85[\Omega]$ 으로 각각 다른 값을 갖게 된다. 또한 인덕턴스가 $97.5[\mu H]$ 인 경우도 $Z_1=12.69[\Omega], Z_2=19.17[\Omega], Z_3=9.72[\Omega]$ 으로 다른 값을 갖는다.

2.5 과도접지임피던스의 비교

지금까지 가변주파수 및 임펄스 전류에 의하여 접지임피던스를 구하였다. 임펄스전류에 의한 서지임피던스와 가변주파수 전류에 의한 접지임피던스와 비교 분석하기 위하여 IEC 62305-4에서 뇌격전류 파형에 의해 발생하는 자장파형의 등가주파수 적용 사례를 인용하여 접근하였다[7]. 서로 다른 두 방법으로 구한 접지임피던스는 임펄스 전류의 주파수성분을 찾아서 가변주파수 전류를 이용하여 측정된 접지임피던스와 비교할 수 있다. 등가주파수는 임펄스 전류의 상승시간에 해당하는 시간을 한 주기의 1/4 값으로 고려하여 계산된 주파수이다. 예를 들어, 측정된 임펄스 전류의 상승시간이 $8[\mu s]$ 이면 한 주기

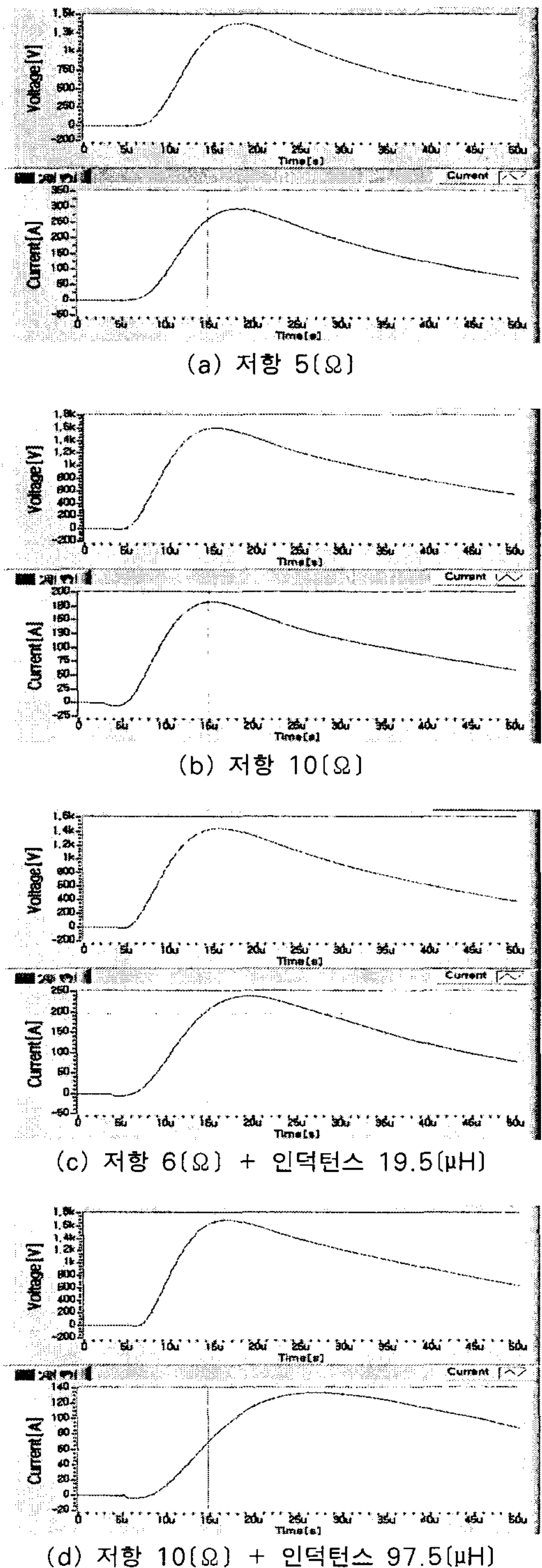


그림 6. 임펄스전류에 의한 전압과 전류 파형
Fig. 6. Voltage and current waveforms for impulse current

의 1/4 값을 의미하므로, 한 주기는 32[μs]라고 가정할 수 있다. 이때 주파수는 주기의 역수 값을 통해 얻을 수 있으며 그 값은 약 30[kHz]이다[7]. 등가주파수를 구한 이후에 가변주파수 전류를 이용하여 측정한 접지임피던스(그림 5)에서 주파수가 30[kHz]일 때의 임피던스 값을 찾아 임펄스 전류에 의하여 구해진 접지임피던스 값과 비교한다.

표 1. 과도접지임피던스의 비교
Table 1. Comparison with transient ground impedance

	Z^*	Z_1	Z_2	Z_3
R: 5[Ω]	4.85	4.71	4.71	4.71
R: 10[Ω]	9.03	8.75	8.75	8.75
R: 6[Ω] + L: 19.5[μH]	6.15	6.05	6.64	5.85
R: 10[Ω] + L: 97.5[μH]	12.57	12.69	19.17	9.72

※ Z^* : 가변주파수 전류에 의한 접지임피던스

그림 6의 (a), (b)에서 저항의 전류 상승시간은 약 10[μs]로 한 주기는 약 40[μs]가 되며, 등가주파수는 25[kHz]가 된다. 그림 6 (c)에서 전류 상승시간은 약 12[μs]로 한 주기는 약 48[μs]가 되며, 등가주파수는 20[kHz]가 된다. 그림 6의 (d)에서 전류 상승시간은 약 17[μs]로 한 주기는 약 68[μs]가 되며, 등가주파수는 15[kHz]가 된다. 표 1은 각 경우의 과도접지임피던스 값을 나타내고 있다.

표 1의 과도접지임피던스를 서로 비교해보았을 때 가변주파수전류에 의한 접지임피던스는 Z_1 , 즉 전압의 최대값과 전류의 최대값을 이용하여 임피던스를 구한 값과 가장 근접한 것을 알 수 있다. 기존의 실효임펄스임피던스인 Z_2 와는 7~30[%] 정도의 차이가 있음을 확인하였다. 전류의 최대값을 갖는 시간에서의 임피던스 Z_3 역시 큰 차이를 보이고 있다.

3. 접지전극 실증실험

실제 대지에 매설되어있는 접지전극의 접지임피던스와 서지임피던스의 상호비교를 위해 실증실험

을 실시하였다. 1[m] 탄소접지봉, 9[m] 일반동봉 그리고 40[m] 매설지선 이렇게 3가지 경우의 접지전극을 사용하였다.

3.1 가변주파수 전류에 의한 접지임피던스

탄소접지봉은 금속재 접지극 주위에 저항률이 대지에 비해 낮은 탄소재질의 물질을 추가한 접지전극으로 최근 현장에서 많이 사용되고 있다. 일반동봉 접지전극은 동 재질의 파이프 형태의 접지전극으로서 보편적으로 심매설전극으로 많이 사용하고 있는 접지전극이다. 매설지선 접지전극은 표토층의 접지저항이 낮고 심토층의 접지저항이 높은 경우에 접지전극으로 많이 사용되는 형태의 접지전극이다.

그림 7은 가변주파수 전류를 이용하여 각 접지전극의 접지임피던스를 측정한 결과를 나타낸다. 1[m] 탄소접지봉은 약 66[Ω]의 저항과 임피던스값을 가지며 리액턴스는 매우 작은 값이 나타나고 있다. 주파수가 증가할수록 저항과 임피던스가 감소하는 것은 탄소접지봉 자체의 인덕턴스 보다 대지의 캐패시턴스의 영향이 더 크기 때문에 나타나는 현상으로 분석된다. 탄소접지전극의 길이가 1[m]로 다른 전극보다 짧기 때문에 리액턴스는 주파수가 증가하여도 큰 변화가 없었다.

9[m]의 일반동봉은 주파수가 증가함에 따라 임피던스와 리액턴스성분이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 저항성분은 주파수가 증가하여도 거의 일정하기 때문에 임피던스는 대부분 리액턴스의 영향을 받는 것을 알 수 있다.

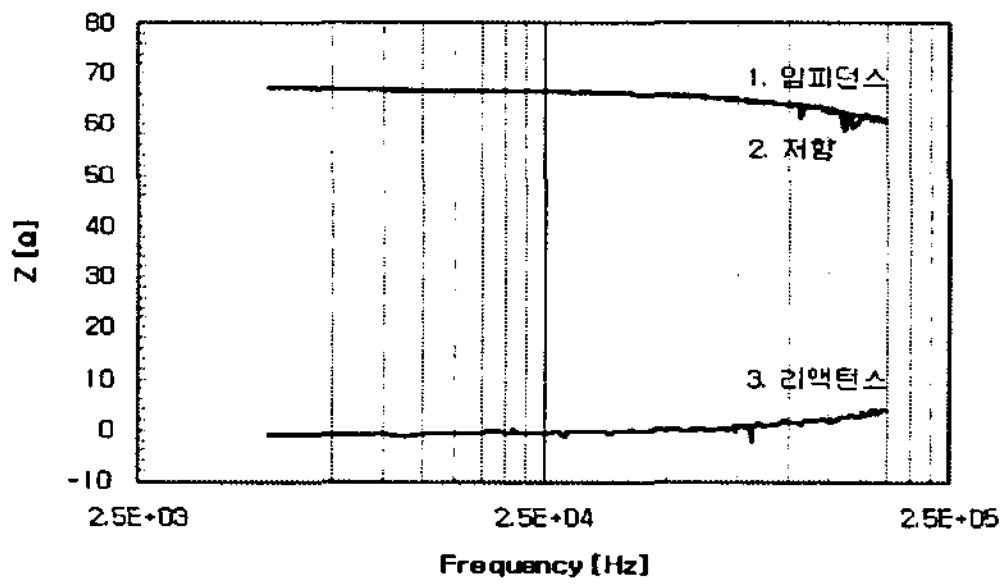
40[m] 매설지선의 가변주파수 전류인가 지점은 한쪽 끝으로 설정하여 긴 접지전극의 접지임피던스 특성분석을 시도하였다. 측정된 접지임피던스는 약 6.4[Ω]으로 주파수가 증가할수록 임피던스, 저항 그리고 리액턴스가 모두 증가하는 것을 알 수 있다.

3.2 임펄스 전류에 의한 접지임피던스

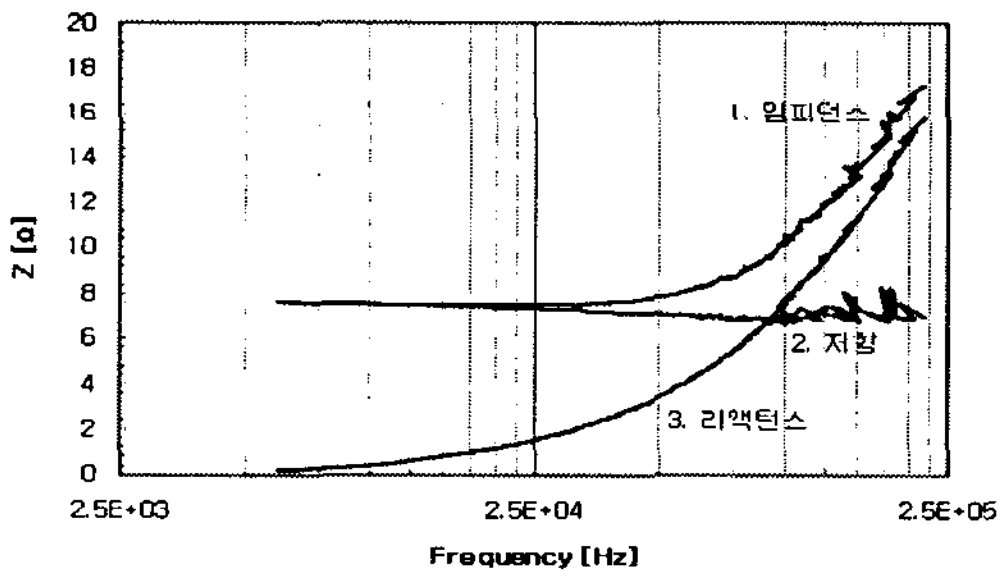
임펄스 발생기를 이용하여 8[kV] 충전전압으로 뇌임펄스 전류 8/20[μs] 파형을 실험대상접지전극에

가변주파수 및 임펄스 전류를 이용한 과도접지임피던스 분석

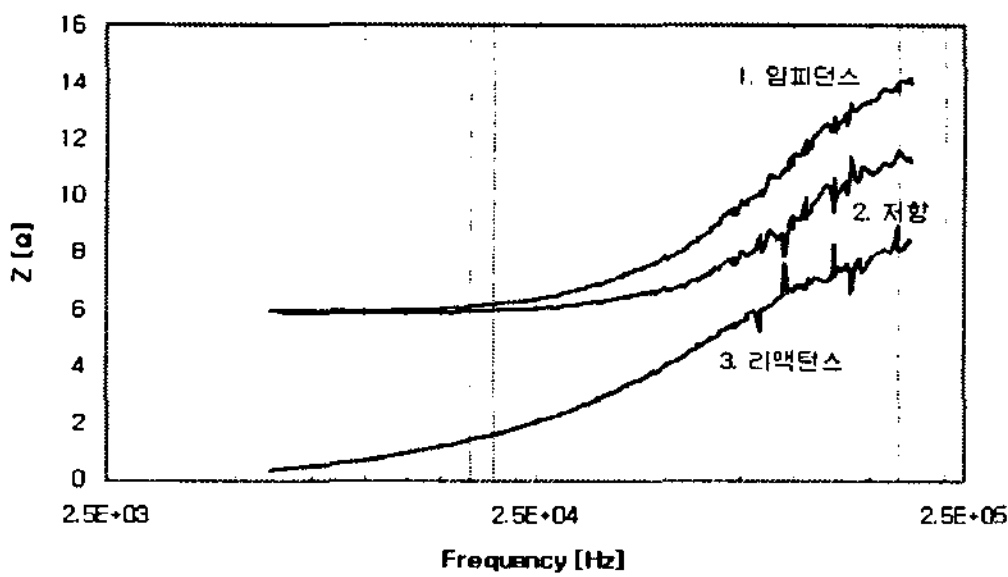
인가하였다. 이 때 대상접지전극(E)의 전위상승을 측정하고 E극과 C극 사이에 흐르는 전류를 측정하여 측정된 두 값의 비로 임피던스를 구하였다. 그림 8은 임펄스전류를 인가하였을 때 각 실험대상전극에 나타나는 전압과 전류를 나타내고 있다. 필터를 적용하여 전압과 전류의 상승부분에 나타나는 노이즈를 최소화하여 상승시간과 최대값의 정보를 보다 쉽게 얻을 수 있게 하였다.



(a) 1(m) 탄소접지봉

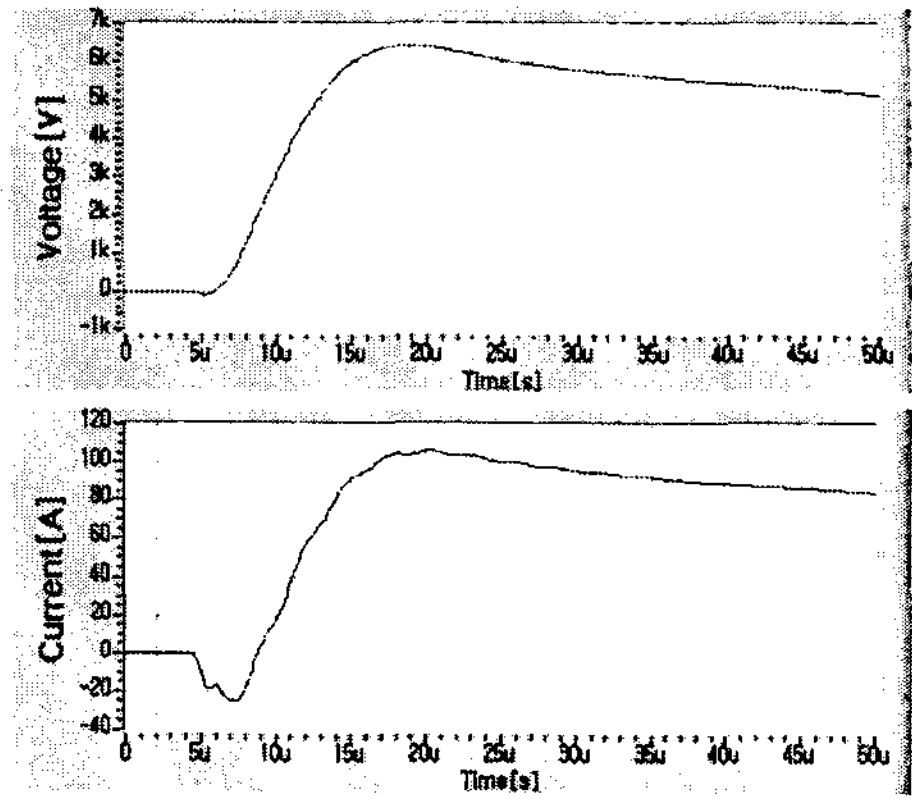


(b) 9(m) 일반동봉

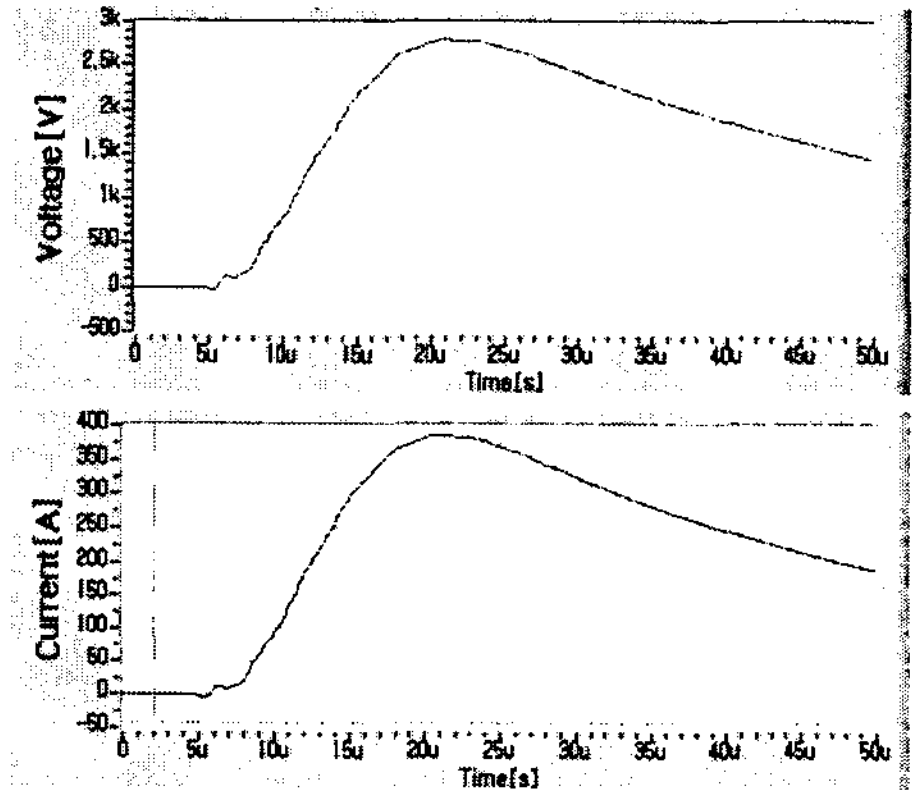


(c) 40(m) 매설지선

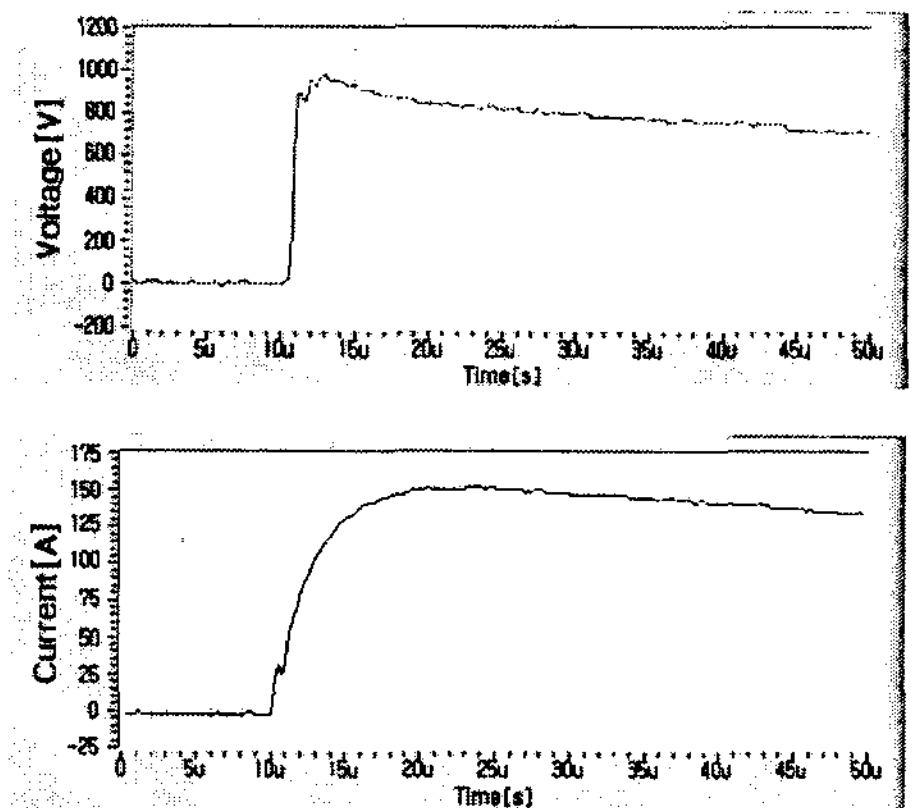
그림 7. 가변주파수 전류를 이용한 접지임피던스
Fig. 7. Ground impedance using variable frequency current



(a) 1(m) 탄소접지봉



(b) 9(m) 일반동봉



(c) 40(m) 매설지선

그림 8. 임펄스전류에 의한 전압과 전류
Fig. 8. Measured voltage and current waveforms by impulse currents

그림 8 (a)에서 E전극인 탄소접지봉의 전위보조전극(P)에 대한 최대전위상승은 6.43[kV] 로 나타났다. 그리고 전압파형이 최대값일 때의 시간은 약 18.3 [μ s]이며, 이때의 시험전류의 최대값은 106[A]이고 전류파형 최대값일 때의 시간은 약 20.3 [μ s]이다. 전압과 전류의 피크값일 때의 시간차는 2 [μ s] 정도로 나타났다. 전압 최대값과 전류최대값의 비인 Z_1 은 60.53 [Ω], 전압 최대값일 때 전류값의 비 Z_2 는 61.71 [Ω], 전류 최대값일 때의 전압값과 전류값의 비 Z_3 는 60.26 [Ω]으로 각각 계산되었다.

그림 8 (b)는 일반동봉 접지전극에 서지인가 시 전압과 전류 측정파형과 접지임피던스의 그래프를 보여준다. E극인 봉형접지전극에서 측정한 최대전위상승은 2.80[kV]로 측정되었다. 그리고 전압파형이 최대값일 때의 시간은 약 20.9 [μ s]이며, 이때의 시험전류의 최대값은 386[A], 전류파형 최대값일 때의 시간은 약 20.9 [μ s]이다. 전압과 전류의 피크값일 때의 시간차는 나타나지 않았다. 임피던스 Z_1, Z_2, Z_3 은 모두 7.25 [Ω]으로 측정되었다.

그림 8 (c)는 매설지선 접지전극의 한 쪽 끝 지점에서 임펄스 전류를 인가한 후 인가지점의 전위상승과 시험전류 파형을 보여준다. 매설지선의 전류인가지점에서의 최대전위상승은 평균 962.3[V]로 나타났다. 그리고 전압 최대값일 때의 시간은 약 2.76 [μ s]이다. 이때의 시험전류의 최대값은 149.7[A]이고 전류 최대값일 때의 시간은 평균 약 11.3 [μ s]이다. 전압 최대일 때의 시간과 전류 최대일 때의 시간차가 약 8.5 [μ s]로 측정되었다. 이 때 Z_1, Z_2, Z_3 파라미터를 계산한 결과 $Z_1=6.4[\Omega], Z_2=9.0[\Omega], Z_3=5.5[\Omega]$ 으로 각각 나타났다.

3.3 과도접지임피던스의 비교

가변주파수 전류에 의한 접지임피던스와 임펄스 전류에 의한 서지임피던스를 서로 비교하여 표 2에 나타내었다. 1[m] 탄소접지봉과 9[m] 일반동봉은 임펄스전류에 전압과 전류에 위상차이가 거의 존재하지 않아 세 가지의 서지임피던스가 서로 비슷한 값을 갖는다. 등가주파수에서의 접지임피던스와 약간의 차이는 있지만 거의 동일한 값을 갖는 것을 알 수

있다. 하지만 40[m] 매설지선에서는 전압과 전류에 위상차이가 발생하면서 세 가지 서지임피던스가 각각 다른 값을 갖는다. 전류의 상승시간에 해당하는 등가주파수를 찾아 그때의 접지임피던스를 구한 값인 6.48 [Ω]과 제일 근접한 값은 전압과 전류의 최대값의 비로 구한 Z_1 이다.

표 2. 접지임피던스 비교
Table 2. Comparison with transient ground impedance

	Z^*	Z_1	Z_2	Z_3
1[m] 탄소접지봉	66.24	60.5	61.7	60.3
9[m] 일반동봉	7.52	7.25	7.25	7.25
40[m] 매설지선	6.48	6.4	9.0	5.5

* Z^* : 가변주파수 전류에 의한 접지임피던스

저항성분이 대부분인 접지전극인 경우나 접지 저항이 매우 큰 경우는 세 가지의 접지임피던스는 서로 비슷한 값을 갖게 된다. 하지만 인덕턴스의 성분이 많이 포함된 접지전극인 경우 전압과 전류에 위상차이가 발생하여 접지임피던스는 3가지가 서로 다른 값을 갖게 된다. 이때는 본 연구결과에서처럼 전압의 최대값과 전류의 최대값의 비로 구한 규약접지 임피던스 Z_1 이 접지임피던스를 대표할 수 있다.

4. 결 론

본 논문은 기존의 실효서지임피던스가 실제 과도 접지임피던스를 얼마나 효과적으로 정확하게 나타내고 있는가에 대한 분석과 더불어 보다 효과적인 과도접지임피던스 평가방법을 실험적인 결과를 토대로 제시하였다. 가변주파수 인버터를 이용하여 가변주파수 전류에 의한 접지임피던스를 구하고, 임펄스 전류에 의한 접지임피던스를 구하여 두 가지 경우의 접지임피던스를 가상의 모의 전극을 통하여 비교하였다. 또한 실제 접지전극인 탄소접지봉, 일반동봉 그리고 40[m] 매설지선에 가변주파수전류에 의한 임피던스 값과 임펄스 전류에 의한 임피던스를 모두 측정하였다. 각각의 접지임피던스를 서로 비교했을 때, 기존의 실효서지임피던스의 값보다 전압의 최대값과 전류의 최대값을 이용하여 과도접지임피

던스를 구한 규약접지임피던스 값(Z_1)이 등가주파수에 해당하는 가변주파수 전류에 의해 구한 접지임피던스와 가장 근접함을 확인하였다.

본 연구는 지식경제부 지원에 의하여 기초전력연구원 (과제번호: R-2005-7-143) 주관으로 수행된 과제임.

References

- [1] R. Kosztaluk, M. Loboda, D. Mukhedkar, "Experimental Study of Transient Ground Impedances", IEEE Trans. PAS, Vol.100, No.11, pp.4653~4660, 1981.
- [2] C. Mazzetti, G. M. Veca, "Impulse Behavior of Ground Electrodes", IEEE Trans. PAS, Vol.102, No.9, pp.3148~3156, 1983.
- [3] E. E. Oettle, "A New General Estimation Curve for Predicting the Impulse Impedance of Concentrated Earth Electrodes", IEEE Trans. PD, Vol.3, No.4, pp.2020~2029, 1988.
- [4] M. Ramamoorthy, M. M. Badu Narayanan, S. Parameswaran and D. Mukhedkar, "Transient Performance of Grounding Grids", IEEE Trans. Vol.PD-4, pp.2053~2058, No.4, 1989.
- [5] T. Takahashi, "A Part of Grounding for Lightning Protection Technique", J. IEEE of Japan, Vol.9, pp.671~676, 1989.
- [6] 이복희, 박종순, "서지전류에 대한 과도접지임피던스의 특성", 대한전기학회 논문지, 전기물성, 응용부문C, pp.717~723, 1999.
- [7] 피뢰시스템-제4부: 구조물 내부의 전기전자시스템, KS C IEC 62305-4:2007, pp.40~42.

◇ 저자소개 ◇

엄주홍 (嚴柱弘)

1972년 9월 5일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2004년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 기초전력연구원 선임연구원.

Tel : (02)885-9443

E-mail : eommas@snu.ac.kr

조성철 (趙成哲)

1977년 12월 16일생. 2003년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2005년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업. 현재 기초전력연구원 전임연구원.

Tel : (02)885-9443

E-mail : canfeel@snu.ac.kr

이태형 (李泰炯)

1978년 6월 21일생. 2004년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2006년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업. 현재 기초전력연구원 전임연구원.

Tel : (02)885-9443

E-mail : tanghi@snu.ac.kr