

## 접지그리드의 접지임피던스의 주파수 의존성

(Frequency Dependence of Impedance of the Grounding Grid)

이복희\* · 이동문 · 엄주홍 · 김교운

(Bok - Hee Lee · Dong - Moon Lee · Ju - Hong Eom · Kyo - Woon Kim)

### 요 약

본 논문에서는 접지임피던스의 주파수 의존성에 대하여 기술하였다. 사용중인 접지시스템의 과도응답특성을 평가기법을 제안하기 위하여 가변주파수 인버터와 대역통과 필터를 사용하여 인가전류의 주파수를 가변시키면서 접지임피던스를 측정하였다. 20[Hz] ~ 2.1[kHz] 범위의 주파수에서 접지임피던스의 크기와 위상을 분석한 결과 접지임피던스는 인가전류의 주파수가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 22.9[kV] 변전실 접지시스템에서 인가전류의 주파수가 2[kHz]일 때 측정된 접지임피던스는 60[Hz]일 때 보다 거의 3배 정도 증가하였다. 접지시스템의 주파수 의존성은 접지도체의 인덕턴스에 의해 나타나는 리액턴스 성분에 기인하는 것으로 나타났다. 따라서 뇌서지 보호용 접지시스템에서는 인덕턴스를 줄이는 방향으로 접지그리드의 형태와 규모를 결정하는 것이 필수적이다.

### Abstract

This paper describes the frequency dependence of the grounding impedance. In order to propose the evaluation method of the transient response of powered grounding systems, the grounding impedances were measured with varying the frequency of incoming currents by way of the variable frequency inverter and band pass filter. The magnitude and phase of the grounding impedance were analyzed in the frequency range of 20 [Hz] - 2.1[kHz]. The grounding impedance were increased with increasing the frequency of the test current. The grounding impedance at the frequency of 2[kHz] in the actual 22.9[kV] substation grounding system was approximately 3 times as large as the 60[Hz] grounding impedance. It was found that the frequency dependence of the grounding impedance is mainly subject to the inductive reactance of the grounding conductors. As a result, it is critical to determine the shape and size of grounding grid reducing the resultant inductance in grounding systems for lightning surge protection.

Key Words : Grounding system, Grounding grid, Ground potential rise, Frequency dependence of grounding impedance, Ground Impedance

### 1. 서 론

\* 주저자 : 인하대학교 전자전기공학부 교수  
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr  
접수일자 : 2003년 3월 31일  
1차심사 : 2003년 4월 15일  
심사완료 : 2003년 7월 14일

접지시스템에 뇌격전류 또는 고장전류가 유입하면 접지임피던스에 따라 접지전극의 전위상승이 나타난다. 접지시스템이 소규모이거나 시설장소의 대지저항률이 큰 경우에 접지임피던스는 대부분 저항성분이므로 접지저항측정기를 사용하여 측정된 접지저항이 그 접지시스템의 접지성능을 평가하는 주

요 지표로 사용하여도 무방하다. 하지만 접지시스템의 규모가 크거나 접지저항이 대단히 작아서 상대적으로 접지시스템을 구성하는 접지도체의 리액턴스 성분이 큰 값을 가지는 경우에는 단순한 접지저항으로 접지시스템의 성능을 평가하는 방법은 정확성이 떨어진다. 뇌서지와 같이 빠른 상승시간을 가지는 높은 주파수 성분을 포함하는 접지전류에 대하여 접지저항 보다는 접지임피던스를 측정하여 접지시스템의 리액턴스 성분을 분석한 후 성능평가의 지표로 하는 것이 바람직하다[1][2]. 일반적인 저항기의 경우 온도변화나 주파수의 변동에 따라 저항 또는 임피던스가 어느 정도 변화하며, 그 변화정도를 기존의 데이터나 실험식 등을 통하여 예측하는 것이 가능하다. 하지만 접지전극에서는 여러 접지도체들이 접속되어 있으며 토양의 특성, 대지저항률, 대지의 함습 정도 등 매우 복잡한 양상을 나타내므로 접지임피던스의 변동을 수식적으로나 정량적으로 분석하기는 어렵다[3]. 또한 현재 접지저항 측정기로 사용되는 상용 제품은 대부분 고정주파수의 측정전류를 발생시키므로 주파수에 따른 접지임피던스의 변동특성을 측정하기가 곤란하며, 접지임피던스의 성분분석이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 가변주파수 인버터를 제작하여 20~2100[Hz]의 주파수 범위에서 접지임피던스를 측정하는 새로운 측정방법을 제시하였으며, 접지임피던스의 크기 및 위상을 토대로 접지임피던스를 저항성분과 리액턴스 성분으로 분석하였다.

## 2. 측정장비 및 방법

측정방법으로는 전위강하법을 적용하였으며, 측정전류를 가변주파수 인버터로 공급하는 접지임피던스의 측정회로를 그림 1에 나타내었다. 교류구형파 측정전류를 주파수 20~700[Hz]의 범위에서 가변시키면서 피측정 접지전극(E)과 전류보조전극(C)을 통하여 인가하였을 때 접지전위상승을 피측정 접지전극(E)과 전위보조전극(P)간의 전위차로 측정하였다.

피측정 접지전극은 5×7[m<sup>2</sup>]의 메시전극 형태로 주위토양의 대지저항률이 약 50[Ω·m]인 부지에 0.5

[m]깊이로 시설하였다. 전위보조전극은 피측정 접지전극으로부터 28[m]지점에 길이 1[m]의 봉형 접지전극을 사용하여 시설하였으며, 전류보조전극은 45[m]지점에 길이 1.8[m]의 봉형 접지전극 2조를 병렬로 연결하여 시설하였다.

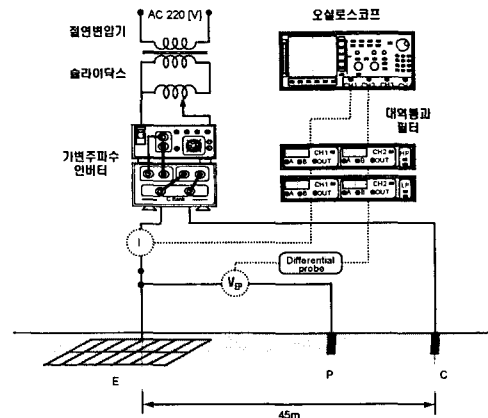


그림 1. 접지임피던스의 측정회로  
Fig. 1. Circuit diagram for measuring the grounding impedance

접지임피던스의 산출에 사용한 시험전류와 접지전위상승 파형은 각각 CT와 절연분리기능이 있는 전압 프루브로 측정하여 대역통과필터를 이용한 신호처리과정을 거친 후 구형파의 기본파 및 3고조파 성분인 정현파를 사용하였다. 즉, 구형파는 기본파 성분과 기수고조파 성분의 합으로 이루어져 있으므로 대역통과필터를 사용하면 기본파 성분의 정현파 시험전류와 접지전위상승 파형을 선택하여 접지임피던스의 산출을 위한 연산이 가능하다. 접지임피던스의 크기는 접지전위상승과 시험전류의 amplitude(peak-to-peak)값과 rms 값의 비로, 위상  $\theta$ 는 두 파형의 위상차를 측정하여 산출하였다.

접지임피던스의 측정에 적합한 크기의 전류를 인가하기 위하여 그림 2와 같이 가변주파수 인버터를 제작하였다. 인버터의 구성은 full-bridge 정류부와 평활용 필터부, IGBT 구동부로 이루어져 있으며, 출력  $V_{out}$ 은 단상 교류구형파 전압이 발생되도록 하였다. IGBT를 이용한 가변주파수 인버터는 주파수 및 출력전압의 조정이 용이하며 구조가 비교적 간단한

### 접지그리드의 접지임피던스의 주파수 의존성

특징을 가진다[4],[5]. 또한 출력은 3[kW]로 접지임피던스 측정에 필요한 충분한 크기의 시험전류를 공급할 수 있도록 하였다.

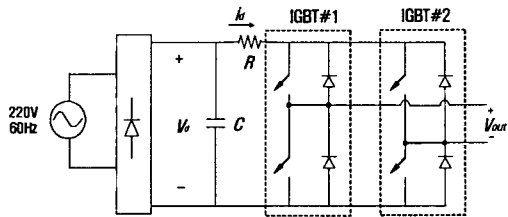


그림 2. 인버터의 구성  
Fig. 2. Configuration of the inverter

그림 3은 인버터의 구동을 위한 제어회로로써 논리소자 및 photo-coupler로 구성하였다. 이 회로의 기준신호는 그림 4와 같이 연산증폭기와 비교기로 이루어진 함수발생장치의 출력전압을 사용하였으며, 가변저항 VR1의 값을 변화시켜 출력주파수를 20~700[Hz]범위에서 조정함으로써 IGBT의 스위칭을 제어하였다.

구형파 시험전류 및 접지전위상승 파형으로부터 기본파 및 3고조파 성분의 검출에는 통과대역을 자유롭게 조절할 수 있는 대역통과필터를 사용하였으며, 주파수 조절이 가능한 차단주파수 대역은 1[Hz]~100[kHz]이다. 동일한 통과대역에서 채널간 위상오차는 10[kHz]이하에서  $\pm 0.25^\circ$ 로 시험전류와 접지전위상승 파형 사이의 위상차 검출에 적합하다.

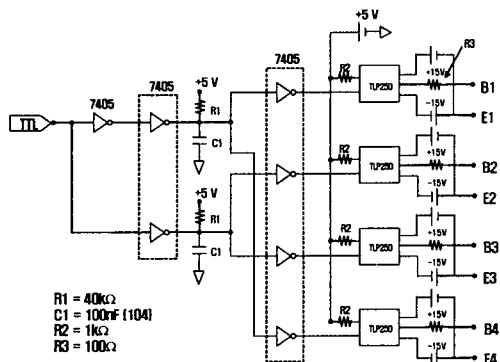


그림 3. IGBT 제어회로  
Fig. 3. Control circuit for driving the IGBTs

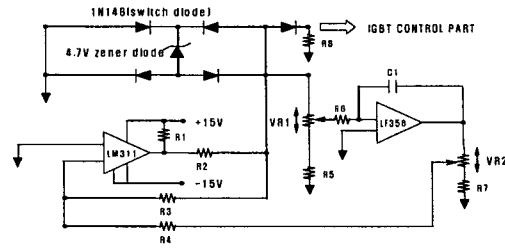
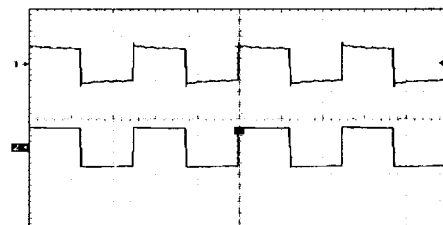


그림 4. 기준신호 발생회로  
Fig. 4. Circuit diagram of the reference signal

## 3. 결과 및 고찰

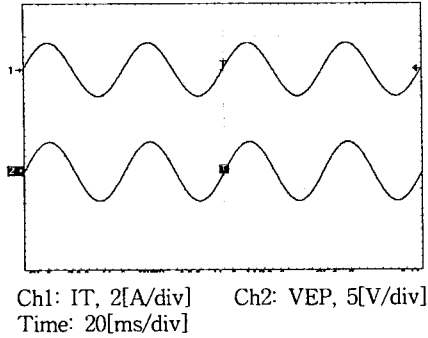
### 3.1 메시형 접지전극의 접지임피던스의 주파수 의존성

가변주파수 인버터를 사용하여 피측정 접지전극과 전류부조전극 사이에 인가한 전류와 전압 파형을 그림 5에 나타내었다. 20[Hz] 주파수를 가지는 구형파 인가 전압 및 시험전류가 접지전극에 유입될 때 시험전류 ( $I_T$ ) 및 접지전위상승( $V_{EP}$ )의 기본파 성분만을 대역통과필터를 통하여 측정하였으며, 측정된 파형을 그림 6(a)에 나타내었다. 대역필터의 통과대역은 각 측정 파형의 위상을 결정하는데 영향을 크게 미치므로 선택도를 2.5로 동일하게 하여 통과대역을 결정하였다. 시험전류의 기본파 성분의 크기는 3.56 [A<sub>amp</sub>]이며, 이 시험전류에 의하여 접지전극에 나타나는 접지전위상승의 기본파 성분의 크기는 8.80 [V<sub>amp</sub>]으로 측정되었다. 따라서 20[Hz]에서 측정된 시험전류와 접지전위상승의 amplitude 값으로 연산한 접지임피던스의 크기는 2.47 [Ω]이다. 이 때 두 파형간의 지연시간은 그림 6(b)에 나타낸 바와 같이 -0.8[ms](진상전류)로 전류측정용 CT와 전압측정용 프루브의 위상차 -10.8°(진상전류)를 보정한 접지임피던스의 위상  $\theta$ 는 5.0°이다.

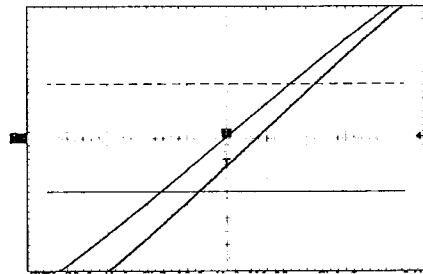


Ch1:  $I_T$ , 2[A/div]  
Ch2: VEC, 25[V/div], 20[ms/div]

그림 5. 20(Hz)에서 측정된 인가전류와 전압 파형  
Fig. 5. Waveforms of applied current and voltage of 20(Hz)



(a) 시험전류와 접지전위상승



(b) 위상차, 1[ms/div]

그림 6. 20(Hz)에서 측정된 인가전류와 전위상승 파형  
Fig. 6. Waveforms of the applied current and potential rise measured at the frequency of 20(Hz)

인버터의 주파수 제어를 통하여 인가전류의 주파수를 20~700[Hz]범위에서는 가변시키면서 접지임피던스를 측정하였으며, 보다 높은 주파수 대역의 접지임피던스 측정을 위해서 구형파의 3고조파 성분을 이용하였다. 2100[Hz]의 주파수는 700[Hz] 주파수의 3배수로서 대역통과 필터의 통과대역을 구형파 주파수의 3배를 기준으로 선택하는 기본파를 이용한 측정과 동일하게 2.5가 되도록 통과대역을 설정하여 측정하였다. 따라서 2100[Hz]의 주파수를 가지는 구형파 인가전압 및 시험전류가 접지전극에 직접 유입된 것이 아니라 700[Hz] 구형파의 3고조파 성분에 의한 측정이며, 시험전류 및 접지전위상승이 기본파의 약 1/3정도의 크기로 나타나게 된다. 시험전류와 접지전위상승 파형의 크기가 크게 감소하는 경우에 접지임피던스의 측정은 오차가 증가할 수 있으므로 [6][7] 3고조파를 이용하는 900~2100[Hz] 대역에서의 측정에서는 인가전압을 높여 측정되는 시험전류

와 접지전위상승이 20~700[Hz] 대역에서의 측정값의 2/3정도로 하였다.

측정전류와 접지전위상승 파형을 적용한 연산을 통하여 산출한 접지임피던스의 크기와 위상을 그림 7에 나타내었다. 접지임피던스의 크기를 amplitude 값 또는 rms값으로 측정한 결과는 거의 같았고, 주파수의 변화에 따라 약 2.45[Ω]에서 2.72[Ω]까지 변동되는 값으로 나타났으며, 위상  $\theta$ 는 5.0°에서 12.3°까지 증가하는 것으로 나타났다. 그림 8에 나타난 접지임피던스의 크기와 위상을 적용하여 접지임피던스의 저항성분과 리액턴스성분을 분해한 결과를 그림 8에 나타내었다.

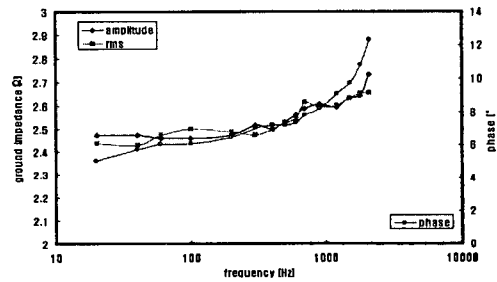


그림 7. 주파수에 따른 접지임피던스의 크기와 위상  
Fig. 7. Magnitude and phase of the grounding impedance measured as a function of frequency

측정된 접지임피던스의 저항성분의 값은 약 2.46~2.66[Ω]정도의 범위에서 측정전류의 주파수에 따라 약간 증가하였다. 리액턴스 성분은 저항성분에 비하여 상대적으로 작은 값을 가지나 0.22~0.58[Ω]으로 증가폭이 저항성분보다 크게 나타났다. 리액턴스 성분의 증가폭이 큰 접지전극에서는 접지전류의 주파수가 높거나 뇌격전류와 같이 빠른 상승시간을 가지는 서지전류의 유입시 접지시스템의 응답특성이 상용주파수 영역과는 현저하게 다르며, 리액턴스 성분의 영향을 크게 받게 됨을 알 수 있다. 또한 주파수가 20~2100[Hz]의 대역에서 변동할 경우 저항성분의 변동폭이 약 10% 정도에 이르는 것은 일반적인 저항기의 경우와는 차이가 있다. 이러한 특성은 접지전극이 여러 접지도체들의 접속으로 이루어진 메시전극이며 대지에 매설되어 있으므로 토양의

### 접지그리드의 접지임피던스의 주파수 의존성

특성에 대한 영향을 지배적으로 받기 때문인 것으로 추정된다.

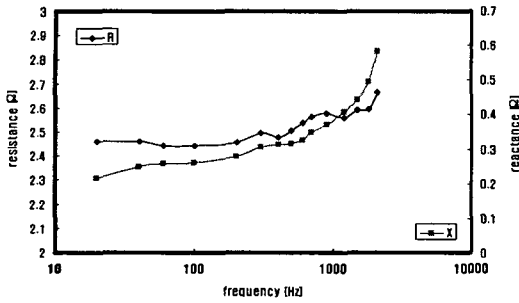


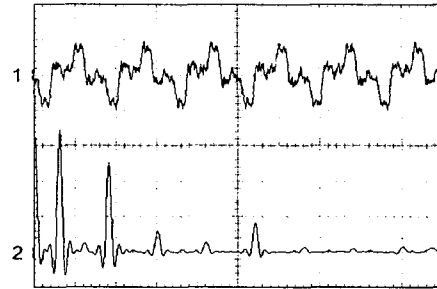
그림 8. 접지임피던스의 저항성분과 리액턴스성분  
Fig. 8. Resistance and reactance components of the measured grounding impedance

### 3.2 22.9kV-Y 변전실 접지임피던스의 특성

운전중인 22.9[kV] 변전실 접지시스템에 나타나는 노이즈전압 파형과 FFT결과를 그림 9에 나타내었다. 인가전류가 흐르기 전에 이미 접지시스템에는 60[Hz]와 그 고조파 성분들로 이루어진 노이즈전압이 존재하므로 직류나 60[Hz]의 측정전류를 사용하게 되면 측정에 큰 오차를 유발할 수 있다. 따라서 60[Hz] 및 고조파 이외의 주파수를 선정하여 접지임피던스를 측정하거나 인가전류의 주파수 증가에 따른 접지임피던스의 변화특성을 분석하는 방법이 특정주파수의 노이즈 발생여부의 판단 및 측정오류를 피할 수 있다.

피측정 접지전극과 전류보조전극 사이에 구형파 전류를 인가하였을 때 인가전류와 접지전위상승 파형을 그림 10에 나타내었다. 대지전위상승 파형은 노이즈 전압에 의하여 심하게 왜곡되어 있다. 그림 10에 나타낸 인가전류와 접지전극의 전위상승 파형을 사용하여 접지임피던스를 산출하는 경우 측정의 정확도가 낮아지며 위상의 측정이 매우 어렵다. 따라서 측정된 전류와 전위파형의 신호처리가 필요하게 되며, 노이즈 성분과 고조파 성분을 제거한 후 파형을 측정하였다. 통과대역의 저·고역측 차단주파수를 임의로 선택할 수 있는 대역통과필터를 사용하여 구형파와 기타 노이즈 성분이 존재하는 파형으로

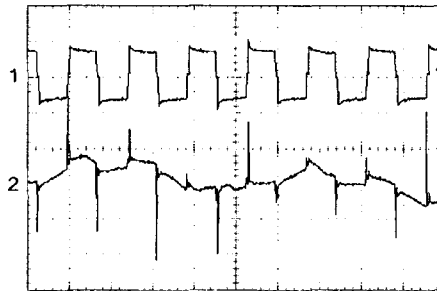
부터 기본파 성분만을 추출하여 오실로스코프로 측정하였다.



1: 노이즈전압, 2[V/div], 10[ms/div]  
2: FFT 결과, 0.2[V/div], 100[Hz/div]

그림 9. 22.9(kV) 변전실 접지시스템의 노이즈와 FFT 결과

Fig. 9. The noise and its FFT result at the 22.9(kV) substation grounding system



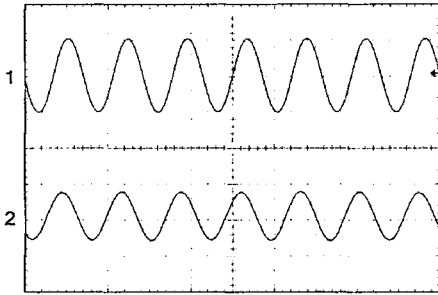
1: 인가전류, 1[A/div], 50[ms/div]  
2: 접지전위상승, 5[V/div], 50[ms/div]

그림 10. 사용중인 접지시스템의 인가전류와 접지전위상승 파형

Fig. 10. The waveforms of the test current and ground potential rise in powered grounding system

대역통과필터를 통과한 후 측정된 인가전류와 접지전위상승 파형을 그림 11에 나타내었다. 필터의 통과대역에서 위상차의 측정을 위한 선택도는 시험용 접지전극에서의 동일하게 2.5로 일정하게 적용하였다. 필터를 통과하면서 구형파의 고조파 성분과 접지시스템에 부유하는 노이즈 전압이 완전히 제거된 정현파 인가전류와 접지전위상승 파형을 얻었다. 접지임피던스 산출을 위한 연산은 이 두 파형에 의하여 이루어지며, 주파수가 증가함에 따라 같은 파

정을 반복하게 된다.



1: 인가전류, 1[A/div], 50[ms/div]  
2: 접지전위상승, 5[V/div], 50[ms/div]

그림 11. 필터를 통과한 인가전류와 접지전위상승 파형  
Fig. 11. The filtered waveforms of the test current and ground potential rise

22.9[kV] 변전실 접지시스템의 접지임피던스의 측정결과를 그림 12와 그림 13에 나타내었다. 측정 주파수는 20[Hz]에서 2100[Hz]까지이며, 측정주파수는 16개를 선택하였다. 그림 12에는 주파수에 따른 접지임피던스의 크기를 나타내었다. 접지임피던스 크기는 인가전류와 접지전위상승 파형의 amplitude 값과 rms 값을 사용하여 산출하였다. 100 [Hz]에서 측정된 접지임피던스는 약 0.41[Ω]이며, 60 [Hz] 및 180[Hz]에서 측정된 값은 각각 1.19[Ω]과 0.94[Ω]이다. 접지임피던스의 크기가 60[Hz]와 180 [Hz] 부분에서 갑자기 증가하는 원인은 전력용 접지시스템에 나타나는 전원노이즈에 의한 결과로 상당히 큰 측정오차를 나타낸다. 60[Hz]에서 측정한 접지임피던스의 크기는 접지임피던스 측정곡선에서 60[Hz] 전후의 값을 이용하여 근사적으로 0.40[Ω]을 가지는 것을 알 수 있다. 또한 접지임피던스는 주파수의 증가와 더불어 증가하며, 어느 정도 주파수에 의존적인 경향을 보이고 있다. 접지임피던스의 저항성분이 상대적으로 작은 값을 나타내고 있으므로 낮은 주파수 영역에서도 리액턴스 성분의 영향이 크게 작용하는 것으로 분석된다. 그림 13에 나타낸 접지임피던스의 위상곡선에서도 그림 12와 같이 60[Hz]와 180[Hz]에서 크게 변동하는 값을 가지며 전반적인 경향은 주파수가 증가함에 따라 위상도 증가하여

2100[Hz]에서는 약 65° 정도의 값을 가진다. 위상이 정(+ )의 부호를 가지며 증가하는 것은 인가전류 파형이 접지전위상승 파형보다 지상임을 의미하며 리액턴스의 대부분이 접지시스템의 인덕턴스에 의해 나타남을 알 수 있다. 접지임피던스의 크기와 위상의 측정결과를 바탕으로 저항성분과 리액턴스 성분을 분석한 바 그림 14와 같은 결과를 얻었다.

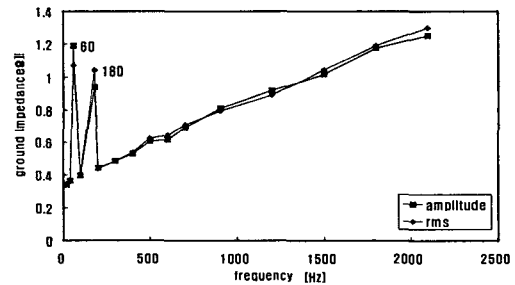


그림 12. 접지임피던스의 크기  
Fig. 12. Magnitude of the grounding impedance

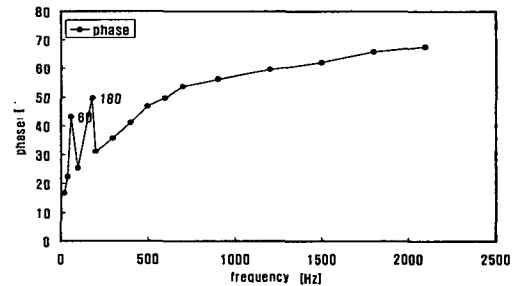


그림 13. 접지임피던스의 위상  
Fig. 13. Phase of the grounding impedance

저항성분은 주파수에 따라 약간 증가하는 완만한 곡선을 이룬다. 이에 반하여 리액턴스 값은 주파수에 큰 의존성을 보이고 있다. 500[Hz]의 주파수 이상에서는 저항성분보다 리액턴스 성분이 더 큰 값을 가지며, 이후 2000[Hz]에서는 리액턴스 성분이 저항성분의 2배 이상이 된다.

가변주파수 인버터와 대역통과 필터를 이용한 접지임피던스 측정기법은 전력설비용 접지시스템에서 특정주파수의 노이즈에 의한 오류를 최소화 하여 측정의 정확도를 높일 수 있는 기법이며, 기존의 단일 주파수에 의한 접지임피던스 측정기법에 비하여 보

## 접지그리드의 접지임피던스의 주파수 의존성

다 넓은 측정주파수 영역에서의 접지임피던스 변화 추이를 분석할 수 있음을 확인하였다.

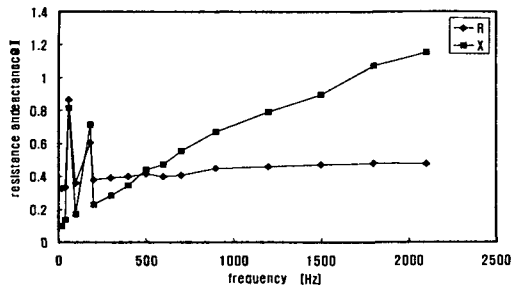


그림 14. 주파수에 따른 접지임피던스의 저항성분과 리액티브성분의 크기

Fig. 14. Magnitudes of the resistive and reactive components of the grounding impedance as a function of frequency

## 4. 결 론

가변주파수 인버터와 A/D변환기, 차단주파수를 가변할 수 있는 대역통과필터를 적용하여 실규모 접지시스템의 접지임피던스의 측정을 위한 실험을 수행한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 접지임피던스의 주파수 의존성을 평가할 수 있는 정확도가 우수한 측정시스템을 구현하였다.
- (2) 피뢰기 또는 피뢰침과 같이 서지전류가 유입하는 뇌보호용 접지시스템의 성능은 접지임피던스의 주파수 의존성으로 평가되어야 합리적이 밝혀졌다.
- (3) 실험에 적용된 22.9[kV] 변전실 접지시스템의 2[kHz]에서의 접지임피던스는 사용주파수 범위의 접지임피던스의 약 3배로 주파수에 따라 크게 변동하는 특성을 나타내었다.
- (4) 본 논문에서 제안한 접지임피던스의 측정기법은 운전중인 전력설비 접지임피던스의 측정과 평가에 효과적으로 활용될 것으로 기대되며, 앞으로 보다 높은 주파수에서의 접지임피던스를 측정할 수 있는 기법의 구현에 대한 연구가 요망된다.

## References

- (1) I. D. Lu, R. M. Shier, "Application of a Digital Signal Analyzer to the Measurement of Power System Ground Impedance", IEEE Trans. on PAS, Vol. 100, No. 4, pp.1918~1922, 1981.
- (2) A. D. Papalexopoulos, A. P. Meliopoulos, "Frequency Dependent Characteristics of Grounding System", IEEE Trans. on PAS, Vol. 100, No. 4, pp.1918~1922, 1981.
- (3) B.H. Lee, S.C. Lee, The Major Fundamental Technics for Grounding System, Uijae publishing company, 1999, p.64~69, 1981.
- (4) Mohan, Undeland, Robbins, Power electronics, John Wiley & Sons, 1995, pp.626~638.
- (5) Muhammad. H. Rashid, Power Electronics, Prentice-Hall, 1993, pp.262~301.
- (6) B.H. Lee, J.H. Eom, S.C. Lee, "A New Measurement Method of the Grounding Resistance Using a Low-pass Filter in Energized Substation", Trans. KIEE., Vol. 50C, No. 8, pp.387~393, 2001.
- (7) B.H. Lee, J.H. Eom, S.W. Kim, "Measurements of the Ground Resistance Using the Test Current Method in Powered Grounding System", Trans. KIEE., Vol. 51C, No. 8, pp.347~353, 2002.

## ◇ 저자소개 ◇

### 이복희 (李福熙)

1954년 6월 29일생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1988~89년 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

### 이동문 (李東汶)

1958년 4월 20일생. 1987년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : lidm7@hanmail.net

### 엄주홍 (嚴柱弘)

1972년 9월 5일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. Tel. (032) 860-7398, Fax. (032) 863-5822, e-mail : g2001100@inhavision.inha.ac.kr

### 김교운 (金敎雲)

2003년 2월 인하대 산업대학원 석사 졸업. 현재 운봉공업고등학교 교사. Tel. (032) 765-7844, e-mail : gukim@yahoo.com