

정보화 건축물을 위한 접지감시시스템 개발

조성철, 이태형, 엄주홍  
기초전력연구원

Development of the grounding monitoring system for intelligent buildings

Sung-Chul Cho, Tae-hyung Lee, Ju-Hong Eom  
KESRI

**Abstract** - An effective method is described for monitoring the ground impedance of intelligent building and power system. Most of grounding system of buildings are interconnected to extensive grounding network of power line, signal and control line, telecommunication line, and etc. Therefore, the residual voltages of power frequency and its harmonics may have an significant influence on the accurate measurement of ground impedance. For eliminating the influence of residual voltage, we developed a test power source for generating the 110[Hz] square wave and used digital filtering method in this research.

1. 서 론

최근 고도정보화 사회의 급속한 발전에 따라 전기설비의 신뢰성, 정보통신설비의 뇌과전압보호 및 건축물의 뇌보호 등 신기술을 적용한 여러 기술들이 필수적인 요소로 자리잡게 되었다. 건축물의 뇌보호에 있어 접지시스템은 건축물 내의 정보통신기기 및 전원기기들을 효과적으로 보호할 수 있는 기초와 같아서 매우 중요한 부분이다. 접지시스템 내의 인화도선 혹은 접지선이 단선 및 경년열화에 따른 부식이나 접촉저항 증가 등으로 인해 접지시스템 본연의 기능을 다하지 못하는 경우가 발생하게 되고, 이로 인해 뇌서지가 중요기기에 직접적으로 큰 피해를 줄 수 있기 때문에 미리 사고를 예방할 목적으로 항상 접지감시시스템을 개발하게 되었다.

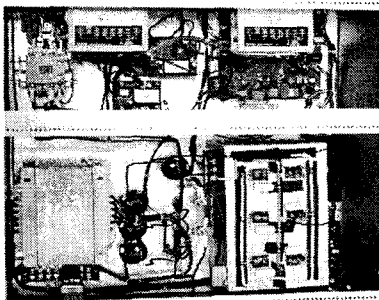
접지감시시스템을 구현하는데 있어서 가장 중요한 부분은 접지선을 분리하지 않고 전력이 공급되는 동안에 지속적으로 감시동작을 수행해야 한다는 것이다. 일반 건축물의 접지시스템은 전원에 의한 60[Hz]와 3고조파인 180[Hz]의 노이즈가 많이 포함되어 있기 때문에 일반적인 접지저항 측정계나 단순한 접지감시기법을 적용하게 되면 측정값에 있어서 많은 오차를 불러일으킬 수 있다. 따라서 접지감시시스템의 신뢰도를 높이기 위해 노이즈로 작용하는 주파수의 영향을 최소화할 수 있도록 110[Hz] 측정신호를 발생시킬 수 있는 전원소스를 개발하게 되었다. 인버터 형태의 이 전원소스를 이용하여 교류 구형파의 측정전류를 인가한 상태에서 측정전압·전류파형은 상용주파 및 3고조파성분의 크기에 따른 디지털 필터를 적용하여 노이즈성분을 제거할 수 있는 시스템을 구현하게 되었다.

정보화 건축물의 접지저항 및 접지도선의 결선여부를 감시하여 전원의 안정성을 확보하기 위한 접지감시시스템은 PC에서 측정에 사용되는 전원을 제어할 수 있도록 하였으며 동시에 측정된 결과를 저장하여 누적된 접지저항 변동을 분석할 수 있다.

2. 본 론

2.1 측정 장치 및 방법

접지시스템에서 전위차와 전류를 측정하기 위해 100[MS/s], 100[MHz]의 14-Bit digitizer인 NI PXI-5122 보드를 사용하였다. 측정을 위한 인가전류를 위해서 구형파 110[Hz] 인버터를 제작하여 사용하였으며, 출력전압을 PC에서 제어하기위한 목적으로 전류출력을 지원하는 데이터 입출력 보드를 적용하였다. 측정전류 발생기의 전압제어를 위해 24[mA] 전류출력이 가능한 NI PXI-6704 보드를 사용하고, 보드구동용 프로그램은 Labview로 자체 프로그램 툴을 제작하여 PC기반의 접지감시시스템을 구축하였다.



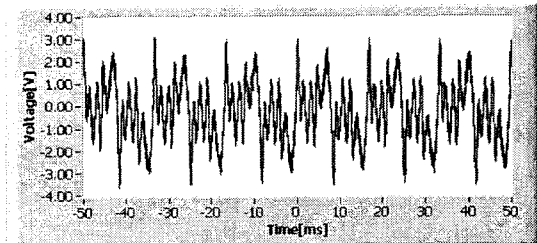
<그림 1> 110[Hz] 인버터 사진

그림 1은 구형파 110[Hz] 전원소스의 내부사전을 나타낸 것이다. IGBT와 IGBT를 구동하기 위한 회로부, PC에서 전압을 제어하기 위한 회로부 그리고 과전류 감지 및 보호회로부로 구성되어 있다.[1]

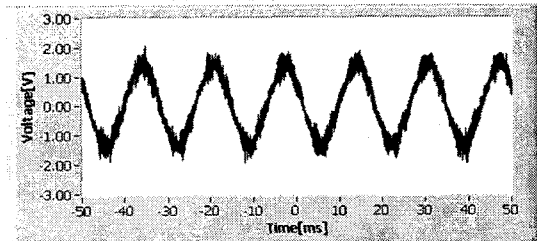
접지임피던스 측정방법으로는 전위강화법을 적용하였으며, 건축물 접지시스템에서의 전압은 전위보조전극(P)간의 전위차로 측정하였다.[2] 전위보조전극은 측정하고자하는 접지시스템에서 분리하여 15[m]지점에 길이 30[cm]의 봉전지전극 3개를 병렬로 연결하여 시설하고, 전류보조전극은 20[m]지점에 길이 30[cm]의 봉전지전극 10개를 연결하여 시설하였다.

2.2 접지시스템에 부유하는 노이즈

K건축물 접지시스템의 다른 두 지점(A, B 지점)에서 나타나는 노이즈전압 파형과 FFT결과를 그림 2에 나타내었다. 측정용 전류를 인가하기 전에 이미 접지시스템에는 60[Hz]와 그 고조파 성분들로 이루어진 노이즈전압이 존재하고 있음을 알 수 있다.



(a) A 지점의 부유노이즈



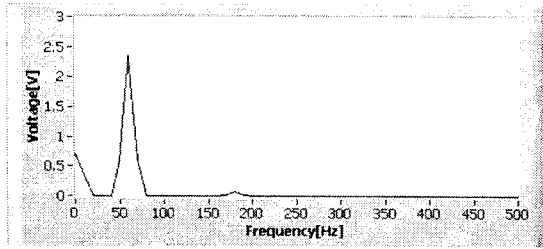
(b) B 지점의 부유노이즈

<그림 2> 건축물에서 노이즈가 포함된 전압파형

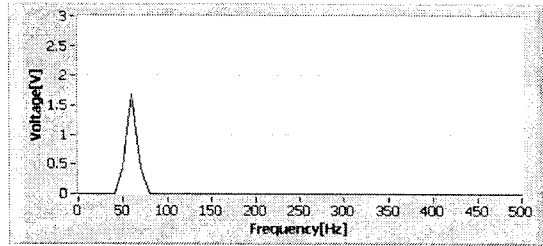
그림 3(a)의 노이즈전압 파형에 대한 FFT분석을 통하여 그림 2(a)의 전압 파형은 180[Hz]의 고조파 성분을 포함하고 있는데 반해 그림 3(b)는 주로 60[Hz]의 전원주파수 성분으로 이루어져 있음을 알 수 있다. 이와 같이 실 건축물의 접지시스템에서의 전압파형은 전원주파수 뿐만 아니라 3고조파와 같은 노이즈가 함께 포함되어 있기 때문에 접지임피던스 값을 측정하기에 많은 오차를 유발할 수 있다.

일반적으로 전원선 접지저항이 5[Ω] 이하의 값을 가진다고 가정할 때 이러한 부유노이즈에 대하여 충분한 신호대 잡음비를 확보하려면 측정전류를 매우 크게 인가하여야 한다. 건축물 전원시스템 접지임피던스 측정은 접지선이 연결된 상태에서 측정하게 되므로 접지임피던스 측정용 전류를 너무 크게 인가하기에는 여러 가지 문제점이 따른다. 따라서 작은 전류를 인가한 후 정확한 측정을 하기 위해서는 60[Hz] 및 180[Hz] 고조파 이외의 주파수를 선정하여 접지임피던스를 측정하거나 인가전류의 주파수 증가에 따른 접지임피던스의 변화특성을 분석하는 방법이 특정주파수의 노이즈 대역에서 발생하는 측정오류를 피하는데 효과적이다.[2]

실례로 주파수를 가변하면서 22.9[kV] 변전실 접지시스템의 접지임피던스를 측정할 그림 5의 결과에서 보면 전원주파수와 제 3고조파의 주파수에서 접지임피던스 값이 크게 증가하는 것을 알 수 있다. 인가전류의 주파수가 60[Hz]와 180[Hz] 부분에서 접지저항이 갑자기 크게 증가하는 현상이 발생하는데 이는 접지시스템에 항상 부유하는 전원주파수 전압과 고조파 전압이 측정전류에 의해 나타나는 접지전위상승에 더해져서 나타나기 때문이다. 이러한 결과는 사용 중인 접지시스템에 나타나는 전원노이즈에 의한 결과로 상당히 큰 측정오차를 나타낸다.[3]

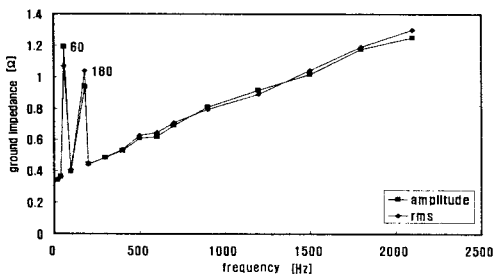


(a) A 지점 파형의 FFT



(b) B 지점 파형의 FFT

<그림 3> 두 개의 노이즈파형에 대한 FFT

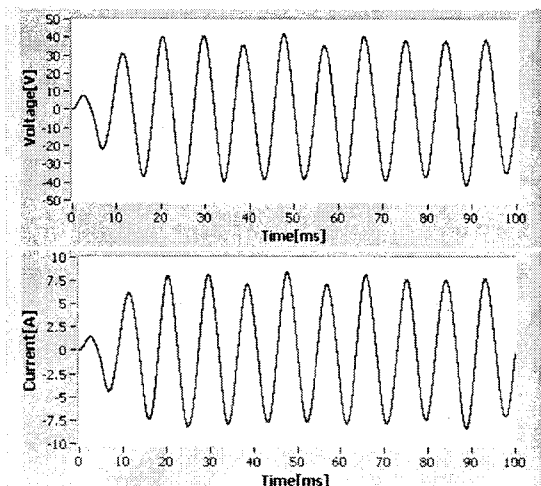


<그림 4> 접지임피던스의 크기

60[Hz]와 180[Hz]에서 큰 오차를 포함하는 접지임피던스 값이 측정되는 것을 방지하기 위해서 그림 1에 나타난 바와 같이 접지임피던스 상시 감시 시스템의 출력주파수는 110[Hz] 구형파로 선정하였다. 이는 60[Hz] 성분과 180[Hz] 성분을 대역통과 필터를 적용하여 제거하고 110[Hz] 성분만을 선택하여 측정에 적용하기 위함이다. 또한 구형파는 구형파의 주파수와 동일한 기본파 성분과 기수고조파 성분의 합으로 이루어져 있으므로 대역통과 필터를 사용하면 기본파 성분의 정현파 측정전류 및 접지전위상승 파형을 선택할 수 있으며, 접지임피던스의 정확한 연산이 가능하다. 접지임피던스의 크기는 접지전위상승과 측정전류의 amplitude 값의 비 그리고 rms 값의 비 두 가지로 산출하였다.

## 2.3 접지시스템 신호처리

측정된 전압과 전류의 정확도 향상을 위해서 Labview 프로그램 내에서 제공되는 디지털필터를 이용하였다. 디지털필터는 스키프 특성이 완만하지만 통과대역이 평평한 이점이 있는 butterworth 필터를 사용하였으며, 첨예도(Q)는 2가 되도록 했다. 또한 60[Hz]와 180[Hz]를 동시에 제거하기 위해서 band-pass 필터를 사용하였고, 차수(order)는 2를 선택하였다. 그림 5는 butterworth 필터 처리된 전압과 전류파형을 나타낸다.

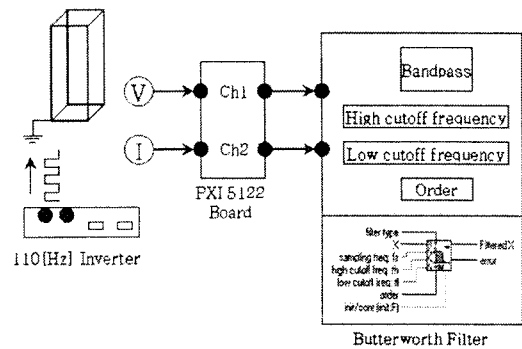


<그림 5> 필터를 통과한 인가전류와 전압 파형

구형파 인가전류의 크기는 노이즈신호보다 최소한 5배 이상이 되어야 필터링 시 오차를 줄일 수 있다. 또한 필터링시 발생하는 transient response의 지속시간은 차수와 밀접한 관계를 갖고 있는데, 그 지속시간인 delay는 band-pass 필터일 때 차수의 2배이기 때문에 차수를 5차 이상 올리지 않는 것이 바람직하다. 측정하고자하는 sampling rate와 데이터의 record value는 신중히 선택되어야 하는데 이는 바로 필터링의 연산과정에 직접적인 영향을 끼친다. 측정신호의 최대주파수 요소는 sampling rate를 결정하고 일반적으로 측정신호의 최고 주파수 요소보다 10배 이상의 sampling rate를 선택한다.

## 2.4 접지감시시스템 구성

지금까지의 측정장비와 필터링이 포함된 프로그램을 제작하여 측정된 접지임피던스를 항상 모니터링이 가능한 PC 기반 시스템으로 구현하였다. 그림 6은 PC기반의 접지감시시스템의 구성을 나타내고 있다. 건축물 접지시스템에 측정오차를 유발시키는 60[Hz]와 180[Hz]를 회피하는 110[Hz] 구형파 전류를 인가했을 때 전압과 전류를 동시에 받아들여 적합한 필터 차수와 첨예도로 band-pass 필터에서 필터링을 한다. 전체의 시스템을 PC상에서 모니터링이 가능하며 노이즈 크기에 따라 인버터의 출력전압 크기를 조절하여 신호대잡음비를 크게 하는 방법으로 측정오차를 더욱 줄일 수 있도록 제작하였다.



<그림 6> PC기반 접지감시시스템의 구성

본 연구에서는 PC기반의 접지감시시스템을 개발하여 건축물의 접지시스템에서 한 지점만을 항상 모니터링 할 수 있게 했다. 앞으로 전체 접지시스템의 감시시스템을 모니터링하기 위해서 연구가 진행되어야 하며, relay switch를 이용하여 접지시스템의 모든 구간을 감시할 수 있는 시스템을 개발하고자 한다.

## 3. 결 론

건축물의 접지시스템의 신뢰도 있는 운영과 그에 따른 측정과정에서 60[Hz]와 180[Hz]의 노이즈로 인하여 접지임피던스 측정에 많은 오차가 발생한다. 이를 위해서 110[Hz] 구형파 인버터를 제작하여 건축물의 접지시스템에 직접 전류를 인가하여 접지임피던스를 측정하고, 디지털필터의 특성을 최대한 고려하여 접지임피던스 값에 대한 신뢰도를 높이는 접지감시시스템을 개발하였다.

본 연구는 한국전기안전공사(R-2005-7-322) 주관으로 수행되었음.

## [참 고 문 헌]

[1] Mohan, Undeland, Robbins, Power electronics, John Wiley & Sons, 1995, pp.626-634.  
 [2] 이복희, 엄주홍, "접지그리드의 접지임피던스의 주파수 의존성", 한국조명전기설비학회, 02 학술대회 논문집, pp.303-306, 2002.  
 [3] 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.  
 [4] 이복희, 이승철, "접지의 핵심기초기술", 도서출판 의제, 1999, p.64-69, 1981.