

# 지역필터를 이용한 수변전실 접지저항의 새로운 측정방법

論 文

50C-8-5

## A New Measurement Method of the Ground Resistance Using a Low-pass Filter in Energized Substations

李 福 熙\* · 嚴 柱 弘\*\* · 李 承 七\*\* · 金 成 原\*\*\* · 安 昌 煥§  
(B. H. Lee · J. H. Eom · S. C. Lee · S. W. Kim · C. H. Ahn)

**Abstract** - This paper describes an advanced measuring method and precise evaluation of the ground resistance for the grounding system of energized substations and power equipments. A grounding system of substations consists of all interconnected grounding connections of grounded conductors, neutral ground wires, underground conductors of distribution lines, cable shields, grounding terminals of equipments, and etc. It is very difficult to measure the accurate ground resistance of the grounding system of high voltage energized substations because of harmonic components caused by switched power supplies or overloads. The conventional fall-of-potential method may be subject to big error if stray ground currents and potentials are present. In this work, to improve the precision in measurements of the ground resistance by eliminating the effects of harmonic components and stray currents and potentials, the investigations of the ground resistance measurement by using a low pass filter in a model energized grounding system were conducted. The accuracy of ground resistance measurements was evaluated as a function of the ratio of the test signal to noise (S/N). The errors due to the proposed ground resistance measurement method were decreased with increasing S/N and were less than 5[%] as S/N is 10. The proposed ground resistance measurement method appears to be considerably more accurate than the conventional fall-of-potential method. It is desirable, in measurements of the ground resistance of energized grounding systems, to employ the measurement method that allows cancellation of the parasitic effects due to other circulating ground currents and ground potential rises in practical situations..

**Key words** : Ground resistance, Grounding system, Substation, Fall-of-potential method, Low-pass filter, Ground current, Ground potential rise

### 1. 서 론

접지시스템의 성능을 평가하는 방법으로는 접지전극의 접지저항을 측정하는 방법과 접지전극에 낙뢰에 의한 과도전류(Transient current) 또는 고장전류가 유입되었을 때 대지 표면의 전위상승(Ground surface potential rise)에 기인하는 접촉전압이나 보폭전압, 메시전압 등 위험전압으로 평가하는 방법이 있다. 접지를 하고자 하는 전기·전자 기기 또는 전력설비와 대지사이의 접촉이 양호한가를 나타내는 지표를 접지저항(Ground resistance)으로 나타내는 방법이 우리 나라에서는 사용되고 있다. 접지의 개념으로는 접지저항이 낮을수록 대지와 접촉이 양호한 경우로서 접지가 잘 이루어진 것으로 보며, 접지시스템의 성능이 우수한 것으로 평가한다. 접지저항의 측정과 평가에는 여러 가지 인자들이 복합적으로 작용하므로 정확한 결과를 얻기가 쉽지 않다. 또한 접지저항은 토양의 불확정한 인자들의 영향을 받기 때문에 일반

적으로 사용하는 회로용 저항기의 특성에 비해 매우 복잡한 비선형의 특성을 갖고 있다. 예를 들면 같은 토질로 이루어진 대지에 동일한 형상과 크기의 접지전극을 가까이 근접된 위치에 각각 매설한 경우에도 접지전극 상호간의 작용으로 접지저항의 값은 서로 다른 값을 나타낼 수 있다. 이와 같이 접지저항은 대지의 구조, 온도, 수분포함 정도, 접지전극의 형상, 매설조건 등에 의해서 복잡한 특성을 나타내기 때문에 그 값을 정량적으로 표현하는 것은 곤란한 경우가 많다.<sup>11-31</sup>

신설하는 설비의 접지시스템에 대한 연구·조사는 많이 진행되어 왔으나 전력설비의 운전을 시작한 이후의 접지전극에 대한 접지저항의 측정과 평가에 대해서는 현재까지 간과하고 있는 것이 사실이다. 접지전극은 부식이나 산화작용에 의한 경년변화로 인해서 전력시스템의 안전을 비롯하여 고장에 의해 발생한 이상전압에 대한 장비의 보호효과가 저하되고, 인체의 안전을 위협하는 대지전위, 보폭전압, 접촉전압 등이 상승하는 접지전극의 자체의 성능저하를 초래할 수 있다. 이런 영향으로 인하여 성능이 저하된 접지전극의 접지저항은 크게 나타나서 전원계통의 안전한 동작의 유지와 여러 설비의 보호에 있어서 심각한 문제를 야기시킬 수도 있다.<sup>14-91</sup>

운전중인 전력설비나 수전용 변전설비의 접지저항 측정에 있어서는 스위칭소자를 이용한 전원장치의 사용에 따른 고조파 전류나 접지전극 주변에 부유하고 있는 노이즈 성분

\* 正 會 員 : 仁 荷 大 電 子 電 氣 컴퓨터工學部 教授 · 工 博

\*\* 正 會 員 : 仁 荷 大 電 氣 工 學 科 博 士 課 程

\*\*\* 準 會 員 : 仁 荷 大 電 氣 工 學 科 碩 士 課 程

§ 正 會 員 : 仁 荷 大 電 氣 工 學 科 講 士 · 工 博

接受日字 : 2001年 2月 1日

最終完了 : 2001年 7月 12日

등 많은 요소들이 접지저항의 측정에 대한 정확도에 영향을 미치게 된다. 실제의 전원계통의 접지시스템은 상호간 복잡하게 접속되어 있을 뿐만 아니라 접지저항의 측정을 위하여 접속상태를 분리시키거나 정전시킬 수 없다. 신설의 접지시스템 단독의 접지저항을 측정하는 경우에는 다르게 오차요인이 많이 포함되어 있으므로 접지시스템의 안전성을 평가하기 위해서 정확한 접지저항의 측정에는 면밀한 검토가 요구된다.<sup>[10,11]</sup> 본 논문에서는 운전중인 수전용 변전설비 접지저항의 정확한 측정방법과 측정오차의 평가를 목적으로 접지전극에 전원계통의 중성선으로부터 제 3고조파가 유입하는 경우에 대한 접지저항의 측정방법과 평가에 대한 결과를 기술하였다. 수전용 변전설비의 접지시스템을 모의하는 측정대상의 접지전극을 설치한 후 측정대상 접지전극과 연결된 보조접지전극을 매설하여 측정대상의 접지전극과 보조접지전극 사이에 노이즈를 인가한 후 실제의 운전조건과 거의 유사한 상태에서의 접지저항을 측정하였다. 운전중인 수전용 변전설비 또는 전력기기를 모의하는 실험을 통하여 접지전극의 전위파형에 나타나는 고조파 성분의 노이즈를 제거하여 접지저항을 정확하게 측정할 수 있는 새로운 측정방법과 이에 대한 결과를 제시하였다..

## 2. 실험

### 2.1 운전중인 접지시스템에 유입하는 전류

운전중인 수전용 변전설비나 전력기기에 있어서 변압기 중성선 전류가 접지전극에 유입하여 접지저항 측정에 노이즈 성분으로 영향을 미치게 되며, 실제 운전중인 수전설비용 변압기 중성선을 통하여 접지전극에 유입하는 전류파형의 대표적인 예를 그림 1에 나타내었다. 자가용 수전설비인 변압기의 중성선을 통하여 접지전극에 유입하는 전류의 파형인 그림 1의 고속푸리에 변환(Fast Fourier transform : FFT)의 결과를 그림 2에 나타내었다. 이와 같이 실제 현장에서 운용되고 있는 전력용 변압기의 중성선을 통하여 접지전극에 유입하는 전류의 FFT결과 60[Hz]성분과 함께 제3, 5, 7, 9 고조파의 기수고조파가 포함된 것을 알 수 있다.<sup>[12]</sup>

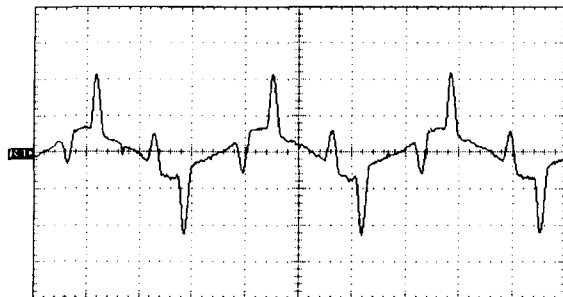


그림 1 전력계통의 중성선을 통하여 접지전극에 유입하는 전류파형  
Fig. 1 Current waveforms flowing into the grounding electrode through the neutral line of power system

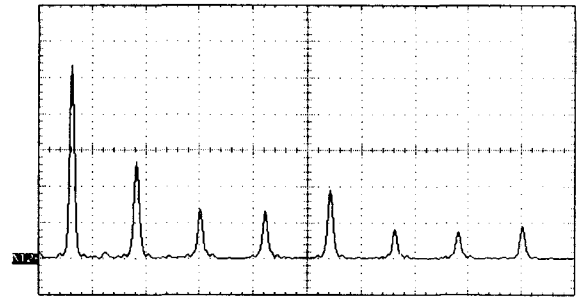


그림 2 그림 1에 나타낸 전류 파형의 FFT 결과  
Fig. 2 The FFT result of the current waveform shown in Fig. 1

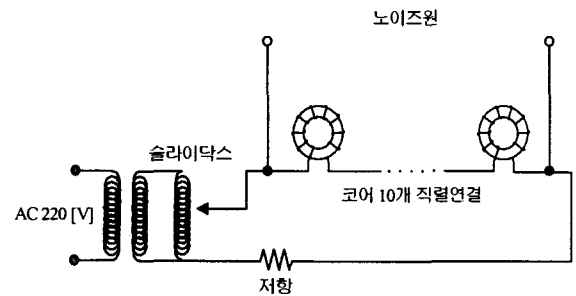


그림 3 노이즈원의 발생회로  
Fig. 3 The generation circuit of noise source

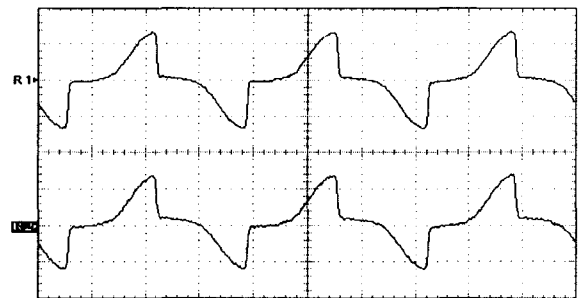
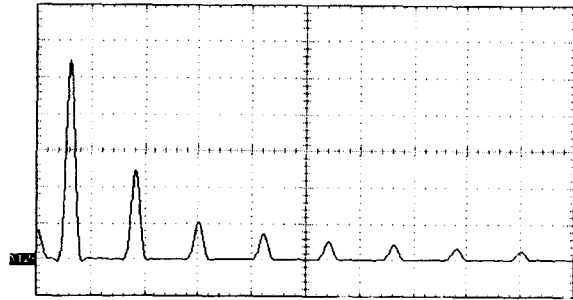


그림 4 노이즈 전류와 전압 파형  
Fig. 4 Waveforms of the noise current and ground potential detected at the grounding electrode to be measured

### 2.2 노이즈 성분의 구현

실제 변압기 중성선에 흐르는 전류와 유사한 노이즈 성분을 측정대상의 접지전극에 흘려주기 위해서 그림 3에 나타낸 바와 같이 과포화 리액터를 사용하여 60 [Hz]성분과 기수고조파 성분이 포함된 노이즈 성분을 구현하였다. 그림 4는 실제 구현된 노이즈 성분의 전류를 접지전극에 인가했을 때 접지전극에 나타나는 전위상승 파형을 나타낸 것으로 입사 전류와 전압의 파형이 거의 동일하게 나타났다. 또한 그림

5는 측정대상의 접지전극에서 검출된 전위파형을 FFT한 결과를 나타내었으며, 그림 1에 나타난 실제의 변압기 중성선에 흐르는 전류의 파형과는 다소 다르지만 기수고조파만이 주로 포함된 주파수 성분이므로 실제의 경우에 대한 모의에 적절하다고 볼 수 있다.



1 [V/Div], 100 [Hz/Div]  
 그림 5 그림 4에 나타난 대지전위파형의 FFT결과  
 Fig. 5 The FFT result of the ground potential waveform shown in Fig. 4

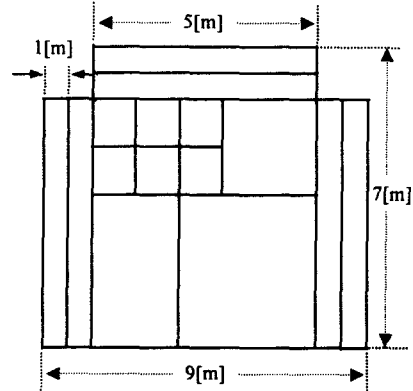
**2.3 측정대상의 접지전극**

일반적으로 22.9kV-Y계통 수전용 변전설비의 접지저항은 5[Ω]이하로 하는 것이 대부분이며, 이와 비슷한 가정을 위하여 본 실험에서는 두 개의 접지전극을 그림 6과 같이 시설하였다. 그림 6(a)는 주접지전극으로 대부분 수전용 변전설비의 접지전극은 메시 형태로 하기 때문에 그와 유사한 형태로 하였고, 주접지전극에 접속되는 보조접지전극은 그림 6(b)처럼 수전용 변전설비의 접지전극에 연결된 다른 설비의 접지전극과 비슷한 봉전극을 병렬연결한 형태로 매설하였다. 이와 같이 매설된 접지전극의 접지저항은 주접지전극의 경우는 2.25[Ω]이고, 보조접지전극의 접지저항은 3.53[Ω]이다. 따라서 측정대상은 주접지전극과 보조접지전극이 병렬로 접속되는 상태가 되며, 실측한 합성접지저항은 1.61[Ω]이다.

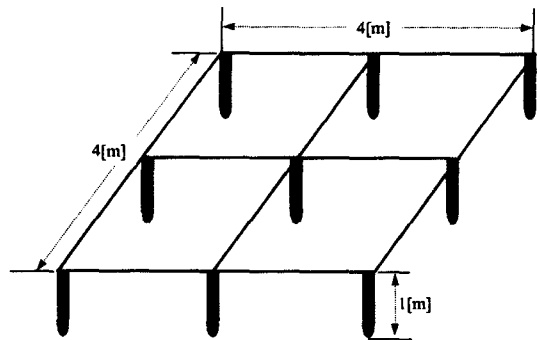
**2.4 측정용 저역통과필터의 구현**

운전중인 수전용 변전설비 접지시스템에서 접지저항에 대한 측정값의 산출에는 측정용 인가전류의 파형과 측정대상의 접지전극에서 검출한 전위파형의 실효치를 적용하였다. 측정용 인가전류는 단일 주파수의 파형이지만 피측정 접지전극에 나타나는 전위파형에는 노이즈 성분이 포함되어 있으므로 노이즈를 제거하여야만 측정의 정확도를 확보할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 접지전극에서 검출한 전위파형에 포함되어 있는 고조파 노이즈를 제거할 수 있는 필터를 구현하였으며, 이 필터는 능동소자인 연산증폭기와 R, C소자를 이용하여 구성된 능동필터(Active filter)를 설계하여 제작하였다. 그림 7은 차단주파수 100 [Hz]를 갖는 저역통과필터(Low-pass filter)를 설계한 회로도이며, 이 능동필터는 6차 버더워스 필터(Butter worth filter)를 3단으로 구현하였으며, 증폭도는 8배이다.<sup>[13]</sup>

그림 7의 저역통과필터의 회로도에 대해 Pspice 모델링을 적용하여 특성을 시뮬레이션한 결과를 그림 8에 나타내었으며, 60 [Hz]와 180 [Hz]성분이 함께 인가되었을 경우 출력 파형은 60[Hz]를 나타내고 8배 증폭된 파형으로 나타난다. 또한 그림 9는 설계된 저역통과필터의 보드선도(Bode plot)를 나타낸 것이며, 이 보드선도에서 차단주파수는 100 [Hz]임을 알 수 있다. 이와 같이 Pspice를 통하여 설계된 회로도를 적용하여 저역통과필터를 제작하였으며, 700 [mV], 10~250 [Hz]의 정현파 입력에 대한 주파수응답특성을 그림 10에 나타내었다.



(a)



(b)

그림 6 측정대상의 접지전극의 개략도  
 Fig. 6 Schematic diagram of the grounding electrode to be measured

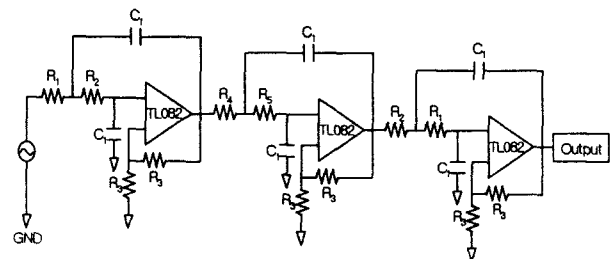


그림 7 3단 저역통과필터의 회로도  
 Fig. 7 The circuit diagram of three-stage low-pass filter

시뮬레이션 결과와 거의 유사하나 60 [Hz]성분은 약간 감소한 것을 볼 수 있으며, 필터의 차단주파수를 100 [Hz]로 설계하였으나 대역폭이 상당히 좁으므로 아날로그 소자 자

체의 특성과 오차에 의해 나타난 것으로 판단된다. 이와 같이 제작된 필터는 인가 전압이 60 [Hz]일 경우의 증폭도는 평균 7.45배로 설계치보다 약간 작게 나타났다. 이렇게 제작된 저역통과필터는 운전중인 수전용 변전설비와 같은 노이즈 환경에서 실행되어지는 접지저항 측정에 있어 매우 효과적이다.

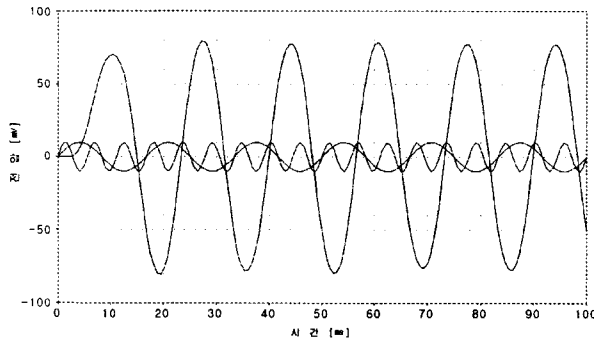


그림 8 저역통과필터의 시뮬레이션 결과  
Fig. 8 The Simulation result of the low-pass filter

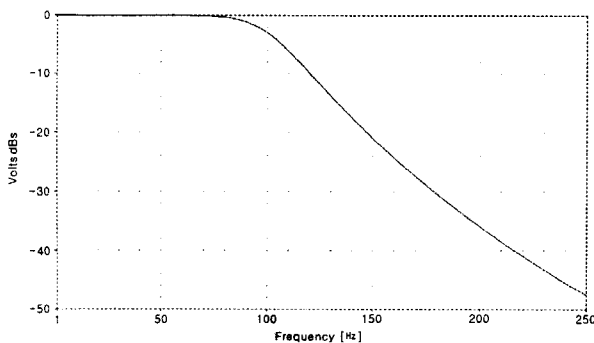


그림 9 설계된 저역통과필터의 보드선도  
Fig. 9 The Bode plot of the low-pass filter

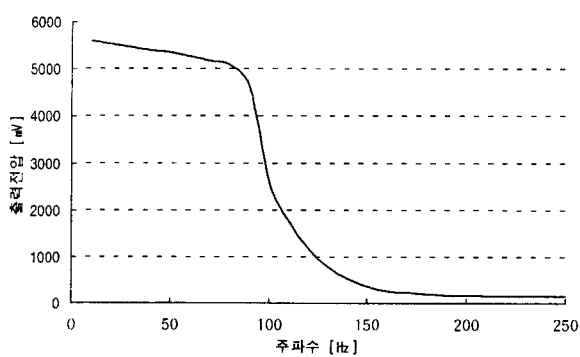


그림 10 제작된 필터의 주파수응답특성  
Fig. 10 Frequency response characteristic of the fabricated low-pass filter

### 2.5 측정방법

전원 계통의 중성선과 여러 가지 전력기기의 접지단자가 복합적으로 접속된 운전중인 수전용 변전설비의 접지시스템을 모의한 접지전극의 정확한 접지저항을 측정하기 위해서 접지

전극의 전위에 노이즈가 포함되었을 경우 측정된 접지저항과 접지전극의 전위에 포함되어 있는 노이즈를 제거하는 방법으로 측정된 접지저항을 검토하였다.

그림 11에 나타난 바와 같이 측정 대상인 주접지전극( $E_1$ )을 수변전실의 주접지전극으로 가정하고, 보조접지전극( $E_2$ )을 수변전실의 주접지전극과 접속되어 있는 주변의 다른 접지전극이나 지지물의 접지전극이나 인근의 전력기기의 접지전극으로 가정하여 주접지전극( $E_1$ )과 보조접지전극(C) 사이에 고조파 노이즈 성분을 인가한다. 측정대상인 주접지전극과 전류보조전극 사이의 거리는 70[m]이고, 전류보조전극은 61.8%법에 따라 주접지전극과 전류보조전극을 잇는 직선에서 주접지전극으로부터 43[m]인 위치에 시설하였다. 주접지전극과 전류보조전극을 잇는 직선상의 전위분포곡선을 측정하여 피측정 접지전극과 전류보조전극 사이에 저항구역이 중첩되어 나타나는 상호저항(Mutual resistance)이 나타나지 않음을 확인하였다. 측정의 기본 원리는 측정용 인가전류 이외의 전류원 또는 전압원에 의해서 접지전극의 전위파형에 포함되어 나타나는 노이즈성분을 제거하기 위해 저역통과 필터를 이용해서 접지저항을 측정하는 방법이다. 본 연구에서의 노이즈원은 그림 5에 나타난 바와 같이 60[Hz]+기수고조파가 주성분이었으며, 60[Hz]와 제 3고조파 이상의 노이즈 제거에 주안점을 두었다. 제3고조파 이상의 노이즈는 필터에 의해 제거되고, 60[Hz] 성분의 노이즈는 측정전류를 인가하기 전에 필터를 통과한 60[Hz]성분의 노이즈를 오실로스코프에 일시적으로 저장하고, 측정전류를 인가한 후 측정된 전위파형에서 저장된 노이즈를 파형 간의 뺄셈연산을 통하여 제거하였으며, 접지저항은 전위파형과 전류파형의 실효치를 나누어 산출하였다.

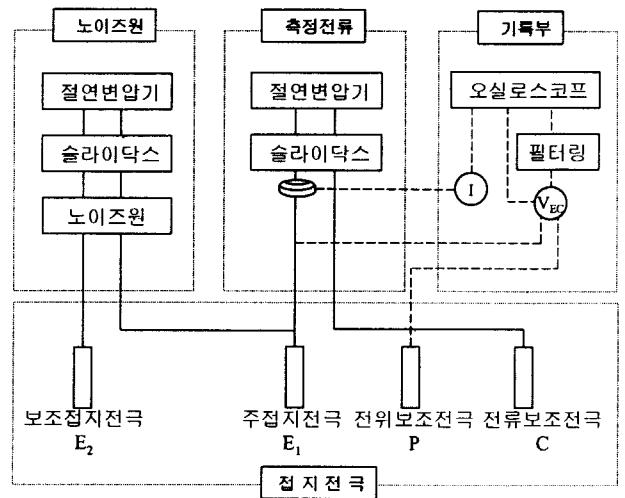


그림 11 접지저항 측정회로의 개략도  
Fig. 11 Schematic diagram of the ground resistance measurement circuits

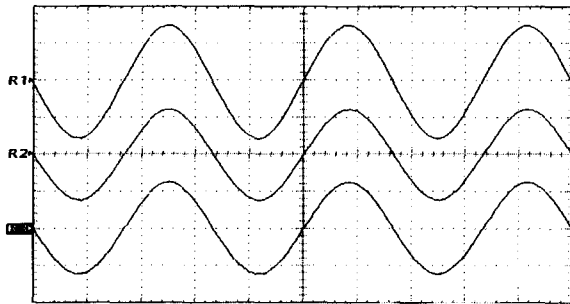
## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 노이즈가 없는 경우 측정된 접지저항

노이즈가 포함되지 않은 경우 주접지전극( $E_1$ )과 보조접지

전극( $E_2$ )이 병렬로 접속된 상태의 합성 접지저항을 구하기 위해서 인가전원으로 60 [Hz] 전원을 사용하여 검출한 전압, 전류 파형의 예를 그림 12에 나타내었다. 여기에서 대지전위는 측정대상의 접지전극과 전류보조전극 사이의 61.8[%] 거리에 설치한 전위보조전극과 피측정 접지전극 사이의 전위의 차를 나타낸 것이다.

위와 같이 측정된 주접지전극과 보조접지전극의 병렬합성 저항은 1.61[Ω]이다. 이 때의 접지저항은 측정대상의 접지전극에 노이즈 전류가 없을 때에 측정된 접지저항 값으로 이 값을 기준으로 노이즈가 포함된 상태에서 측정된 결과를 비교하여 측정의 정확도를 평가하였다.



위 (인가전류) : 10 [A/div], 5[ms/div]  
 중간(인가전압) : 100 [V/div], 5[ms/div]  
 아래(대지전위) : 20 [V/div], 5[ms/div]

그림 12 노이즈가 없을 때 인가전류와 전압 및 대지전위의 파형

Fig. 12 Waveforms of the test current, voltage and ground potential without noise

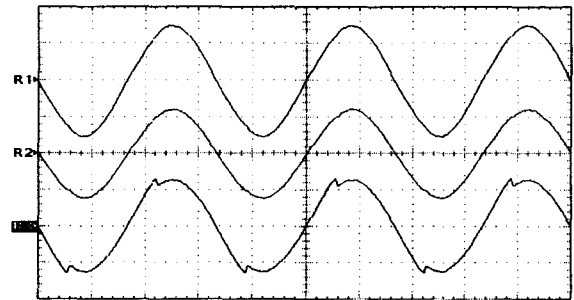
### 3.2 노이즈가 있는 경우 측정된 접지저항

그림 13에는 측정용 신호 대 노이즈의 비(S/N)가 10인 경우 인가전류, 인가전압, 그리고 노이즈가 포함된 접지전극에서 검출된 전위파형을 나타내었다. 측정용 신호 대 노이즈의 비는 실효치의 비로 나타내었으며,  $R_3$ 파형에서 볼 수 있듯이 접지전극에 나타난 전위 파형에는 고조파 노이즈성분이 포함되어 있는 것을 알 수 있다.

S/N을 변화시켜 가면서 측정된 접지저항의 값을 그림 14에 나타내었으며, 표 1에는 노이즈가 있을 경우 측정된 접지저항을 노이즈가 없을 때 측정된 값을 기준으로 하여 구한 편차를 나타내었다.

노이즈가 없는 경우 측정된 접지저항의 값은 1.61 [Ω]이었으나 S/N이 1일 때 측정된 접지저항은 2.83[Ω]으로 편차가 75.81[%]이며, S/N이 증가할수록 편차는 상당한 폭으로 줄어드는 것을 알 수 있다. S/N이 20인 경우 편차는 4.31 [%]로 낮아졌으며, S/N이 클수록 측정의 정확도는 향상됨을 알 수 있다. 그러나 대전류의 측정용 전류를 운전중인 계통의 접지전극에 흘려주면 전위상승에 의해서 계통의 사고나 계전기의 오동작 등 예기치 못한 문제점을 일으킬 수 있으므로 실제의 운전중인 수전용 변전설비나 전력기기의 접지저항을 측정하기 위해서 부유전위에 비해서 큰 측정용 전류를 인가하지 않고 측정하는 것이 바람직하다. 즉, 측정의 정확도 향상을 위해서는 큰 S/N 그리고 운전중이 계통에 미

치는 영향을 최소화시키기 위해서는 작은 측정전류를 적용하는 것이 요망된다. 따라서 가급적 큰 S/N의 상태에서 정확한 접지저항의 측정이 필요하며, 이를 위해서는 본 논문에서 제안하는 것과 같은 필터링을 이용한 측정기법이 효과적이다.



위 (인가전류) : 10 [A/div], 5[ms/div]  
 중간(인가전압) : 100 [V/div], 5[ms/div]  
 아래(대지전위) : 20 [V/div], 5[ms/div]

그림 13 측정용 신호 대 노이즈 비가 10일 때 인가전류, 전압 및 대지전위의 파형

Fig. 13 Waveforms of the incident current, voltage and ground potential when the ratio of the test signal to noise (S/N) is 10

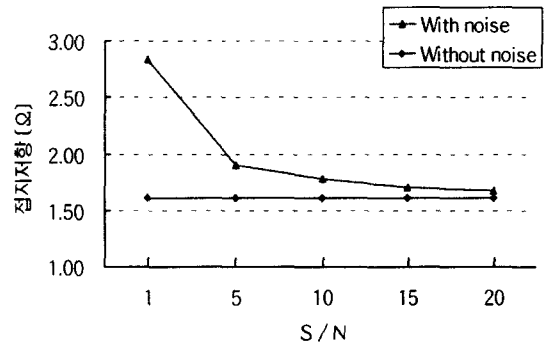


그림 14 S/N을 변화시켜 가면서 측정된 접지저항

Fig. 14 The ground resistances measured as a function of S/N

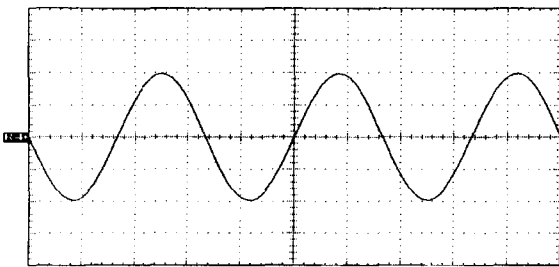
표 1 노이즈가 포함된 경우 측정된 접지저항과 오차  
 Table 1 The ground resistances and errors in case the noise is included

S/N	구분	접지저항 [Ω]	오차 [%]
1		2.83	75.81
5		1.90	18.14
10		1.78	10.56
15		1.70	5.69
20		1.68	4.31

### 3.3 필터링 기법을 이용하여 측정된 접지저항

그림 15에는 S/N이 10인 경우 노이즈가 포함된 상태에서 저역통과필터를 적용하여 노이즈를 제거한 후 측정된 대지전위의 파형을 나타내었다. S/N의 값을 변화시켜 가면서 측정된 접지저항의 값과 노이즈가 포함된 상태를 그대로 측정된 접지저항의 값을 그림 16에 나타내었으며, 노이즈가 포함된 그대로 측정된 접지저항의 값과 노이즈를 필터로 제거하여 측정된 접지저항은 현저한 차이를 보이고 있다.

가장 위에 나타낸 곡선은 노이즈가 포함된 경우 필터를 적용하지 않고 측정된 접지저항이며, 중간에 나타낸 곡선이 노이즈가 존재할 경우 필터를 적용하여 측정된 접지저항 값이다. 가장 낮은 값의 곡선은 노이즈가 없을 경우 측정된 접지저항의 값이다. 전위파형에 포함되어 있는 노이즈를 필터를 이용하여 제거하는 방식으로 측정된 접지저항을 노이즈가 없을 경우와 비교한 결과를 표 2에 나타내었다. 실제 S/N이 1인 경우 편차의 폭은 12.87[%]에 이르고, S/N이 20인 경우 편차는 0.30[%] 정도인 것으로 나타났다. 이와 같이 S/N이 증가할수록 필터를 적용한 경우도 보다 정확한 접지저항을 얻을 수 있다. 노이즈가 포함되어 있으나 필터를 이용하지 않은 경우에 비해서 그림 16에서 알 수 있듯이 S/N이 1인 경우에는 62.94[%]의 오차를 줄일 수 있고, S/N이 20인 경우에도 4[%]에 이르는 오차를 줄일 수 있다. 따라서 작은 S/N의 조건에서도 필터를 이용하여 접지전극의 전위 파형에 포함되어 있는 노이즈를 제거하게 되면 매우 정확한 접지저항을 측정할 수 있다.



13.7 [V/div], 5 [ms/div]

그림 15 S/N이 10인 경우 노이즈를 제거한 대지전위의 파형

Fig. 15 The waveform of the ground potential filtered by the low-pass filter when S/N is 10

낮은 S/N에서의 정확도 향상과 더불어 저역통과 필터를 사용하여 운전중인 수전용 변전설비나 전력기기의 접지저항을 측정하는 경우 얻을 수 있는 효과는 다음과 같다. 첫째, 시변하는 고조파 성분의 제거에 유연한 성능을 가진다. 노이즈로 작용하는 고조파 성분은 크기가 시변하는 경우가 많으므로 측정 중에 고조파 성분의 크기나 조성비가 변동하면 저장된 노이즈 파형과 신호전류 주입 후 측정된 파형 사이의 연산은 오차를 포함하게 된다. 저역통과 필터는 노이즈 파형을 저장한 후 신호전류를 인가하기까지의 시간(수십 [sec])동안에 변동하는 고조파 성분의 제거에 효과적이다. 둘째, 연산과정이 간단해지므로 정확도가 향상된다. 고조파 노이즈 성분을 우선 제거하지 않은 상태에서 노이즈로 작용하는 60[Hz] 성분의 제거를 위해 노이즈 파형과 신호전류 인가 후 측정된 파형 사이의 연산을 수행하는 경우 고조파

노이즈 성분에 의하여 트리거되는 정도가 달라지므로 파형 사이의 위상을 일치시키기가 어렵게 된다. 파형 사이의 위상이 일치하지 않은 상태에서 오실로스코프를 사용한 샘플 연산은 적용하기가 어려우며 측정파형을 디지털신호로 변환한 후 처리해야 하므로 과정의 복잡성을 유발시킨다.

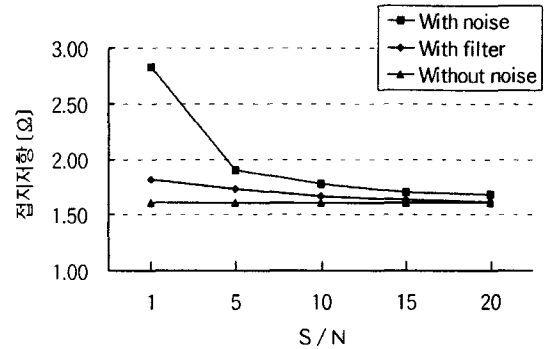


그림 16 필터를 적용하여 측정된 접지저항

Fig. 16 The ground resistances measured by applying the low-pass filter

표 2 필터를 적용하여 측정된 접지저항과 오차

Table 2 The ground resistances and errors measured by applying the low-pass filter

S/N \ 구분	접지저항 [Ω]	오차 [%]
1	1.81	12.87
5	1.73	7.17
10	1.66	3.14
15	1.63	1.32
20	1.61	0.30

#### 4. 결 론

본 논문에서는 전위강하법을 이용하여 운전중인 수전용 변전설비나 전력기기의 접지저항을 측정하는 경우 노이즈 성분과 측정용 전류의 인가에 의해서 접지시스템의 전위가 과도하게 상승하면 계통설비에 심각한 영향을 미칠 수가 있으므로 비교적 작은 측정용 전류를 인가하여 정확한 접지저항을 측정할 수 있는 계측기법을 제시하였다. 저역통과 필터를 적용하여 전위강하법에 의한 운전중인 수전용 변전설비 접지시스템의 접지저항의 측정에 대한 모의 실험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 측정된 접지저항의 값은 S/N의 값에 따라 오차의 폭이 상당히 변동함을 알았으며, 적절한 S/N을 적용하여 측정하는 것이 접지저항 측정의 정확도 및 계통의 안정성 확보에 중요한 요소임이 밝혀졌고, S/N이 10 정도에서 측정하면 5[%]이내의 정확도를 얻을 수 있었다. 저역통과 필터를 이용하는 방법은 고조파 성분이 많이 포함되어 있을 경우에 특히 효과적이며, 고정도로 접지저항 값을 측정할 수 있다. 따라서 운전중인 수전용 변전설비나 전력기기의 접지시스템에 포함되어 있는 노이즈 성분에

따라 적합한 필터를 적용하고 알맞은 S/N으로 접지저항을 측정하는 것이 바람직하며, 정확한 접지저항의 측정이 가능할 것이다. 향후 연구에서는 저역통과 필터법을 토대로 측정전류 전이법과 FFT를 이용한 통합측정시스템의 구축과 실제의 변전소 접지저항 측정에의 적용이 필요하다.

**참 고 문 헌**

- [1] 이복희, 이승칠, 접지의 핵심 기초 기술, 도서출판 義儕, p.40, pp.64~69, 1999.
- [2] R. J. Gustafson, R. Pursley and V. D. Albertson, "Seasonal Grounding Resistance Variations on Distribution Systems", IEEE Trans., Vol. PD-5, No. 2, pp.1013~1018, April 1990
- [3] V. Amoruso, M. Savino and M. Sylos Labini, "Analysis of Large Grounding Systems for Earth-resistance Measurements in Two-layer soils", IEE Proceedings, Vol. 136, No. 3, pp.182~194, May 1989.
- [4] L. Maotang and L. Jing, "A New Type of Grounding Resistance Measurement Method", IEEE Trans., Vol. IM-48, No. 5, pp.899~902, Oct. 1999.
- [5] J. Ma and F. P. Dawalibi, "Effects of Inductive Coupling between Leads in Ground Impedance Measurements using the Fall-of-potential Method", 1999 IEEE Transmission and Distribution Conference, Vol. 1, pp.266~271, 1999.
- [6] P. R. Pillai and E. P. Dick, "A Review on Testing and Evaluating Substation Grounding Systems", IEEE Trans., Vol. PD-7, No. 1, pp.53~61, Jan. 1992.
- [7] H. R. Seedher, J. K. Arora and S. K. Soni, "A Practical Approach for Computation of Grid Current", IEEE Trans., Vol. PD-14, No. 3, pp.897~902, July 1999.
- [8] IEEE Std 81.2-1991, IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding System, IEEE Inc, pp.17~20, 1983.
- [9] IEEE Std 81-1983, IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System, IEEE Inc, pp.20~40, 1983.
- [10] W. C. Boaventura, P. S. A. Rocha and F. C. Dart, "Testing and Evaluating Grounding Systems of High Voltage Energized Substations : Alternative Approaches", IEEE Trans., Vol. PD-14, No. 3, pp.923~927, July 1999.
- [11] IEEE Std 80-2000, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding, IEEE Inc., pp.113~115, 2000.
- [12] J. C. Balda, A. R. Oliva, D. W. McNabb and R. D. Richardson, "Measurements of Neutral Currents and Voltages on a Distribution Feeder", IEEE Trans., Vol. PD-12, No. 4, Oct. 1997.
- [13] A. B. Williams and F. J. Taylor, "Electronic Filter Design Handbook", McGraw-Hill, Inc., pp.3.1~3.47, 1995.

**저 자 소 개**



**이복희 (李福熙)**

1954년 6월 29일 생. 1980년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1988~89년 동경 대학 생산기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 공대 전자전기컴퓨터공학부 교수.  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr



**엄주홍 (嚴柱弘)**

1972년 9월 5일 생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 2월 인하대 대학원 졸업(석사). 2001년 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정  
E-mail : g2001100@inhavision.inha.ac.kr



**이승칠 (李承七)**

1943년 4월 1일 생. 1971년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1997년 2월 서울 산업대 산업대학원 안전공학과 졸업(석사). 현재 한진중공업주식회사 근무. 인하대 대학원 전기공학과 박사과정.  
E-mail : sclee@hjcnst.co.kr



**김성원 (金成原)**

1974년 5월 28일 생. 1999년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사).  
E-mail : simon596@hanmail.net



**안창환 (安昌煥)**

1959년 11월 4일 생. 1983년 2월 원광대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 8월 인하대 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 한국전력공사 근무. 인하대 강사.  
E-mail : chahn@kepcoco.kr