측정전류전이법을 이용한 운전중인 접지시스템의 접지저항 측정

論 文
51C-8-3

Measurements of the Ground Resistance using the Test Current Transition Method in Powered Grounding Systems

李 福 熙* · 嚴 柱 弘** · 金 成 原***
(Bok-Hee Lee · Ju-Hong Eom · Sung-Won Kim)

Abstract - This paper presents an accurate method for measuring the ground resistance in powered grounding system. Most of substations and electric power equipments are interconnected to an extensive grounding network of overhead ground wires, neutral conductors of transmission lines, cable shields, and etc. The parasitic effects due to circulating ground currents and ground potential rise make a significant error in measuring the ground resistance. The test current transition method was proposed to reduce the effects of stray ground currents, ground potential rise and harmonic components in measurements of the ground resistance for powered grounding systems. The instrumental error of the test current transition method is decreased as the ratio of the test current signal to noise(S/N) increases. It was found from the test results that the proposed measuring method of the ground resistance is more accurate than the conventional fall-of-potential method or low-pass filter method, and the measuring error was less than 3[%] when S/N is 10.

Key Words : Ground resistance, Grounding system, Fall-of-potential method, Test current transition method, Ground surface potential rise

1. 서 론

접지시스템의 성능을 평가하는 방법으로는 접지저항을 측정하여 성능지표로 사용하는 방법과 뇌격전류 또는 고장전류가 유입되었을 때에 접지전극 주변의 대지표면전위상승(ground surface potential rise)에 의해서 발생하는 접촉전압이나 보폭전압, 메시전압 등 위험전압으로 평가하는 방법이 있다[1]. 이러한 방법 중에서 접지를 하고자 하는 전기·전자 기기 또는 설비와 대지사이의 접속상태가 양호한지 또는 양호하지 않은지를 나타내는 지표로 접지저항을 사용하는 방법이 우리나라에서는 주로 사용되고 있다[2]. 여기서 말하는 접지저항이란 상용주파수(50 [Hz] 또는 60 [Hz]) 부근에서 측정한 접지임피던스로 접지전극의 전위상승과 인가전류가 동상인 저항성 성분을 의미한다. 변전소 접지시설의 목적은 낮은 접지저항을 확보하여 고장시 발생하는 보폭전압과 접촉전압 등 위험전압을 제한하기 위한 것이다. [3].

신설하는 전력설비나 변전소의 접지시스템은 안전을 위해서 이론적으로 시뮬레이션하기도 하며, 토양의 분석을 통하여 접지시스템 성능의 양부를 판단할 수 있지만 오래된 변전소의 접지시스템에 대해서는 실제로 성능의 양부를 평가하기 위한 정보가 거의 없거나 시뮬레이션의 주요 인자인 대지저항률의 측정이 대단히 어렵기 때문에 실제 측정을 통한 접지저항의 평가가 유일한 방법이다. 지중에 매설된 접지전극의 부식에 의해서 특성의 경년변화가 일어날 수 있으므로 안전을 위해서는 접지전극의 상태 또는 접지설비의 성능을 주기적으로 확인하는 것이 매우 중요하다. 운전중인 전력계통의 접지시스템의 성능에 대한 평가는 가공선로, 송전선로나 케이블의 지중도체, 서로 접속된 배전선로와 접속된 광범위한 접지의 네트워크를 구성하는 대규모 변전소나 전력설비에 있어서는 더욱 더 중요하다. 변전소나 전력설비에 있어서의 복잡한 접속과 상호결합은 전력계통의 안전한 운전에 상당한 영향을 미친다. 그러므로 설계된 접지시스템의 접지저항을 확인하고, 성능과 안전성을 평가하기 위해서 정확도가 높은 접지저항의 측정방법이 필요하다[4]-[6]. 운전중인 변전소와 전력설비의 접지저항을 보다 정확하게 측정하기 위해서는 큰 측정전류를 인가하는 것이 바람직하지만 정상적인 운전에 지장을 초래할 가능성이 있으므로 측정전류를 증가시키는 것은 한계가 있다. 그러므로 작은 측정전류신호 대 노이즈로 정확한 접지저항의 측정이 필요하며, 이를 위해서 본 논문에서는 측정전류전이법을 이용하여 접지저항을 측정하는 기법을 제안하였다. 변전소나 전력설비

* 正 會 員 : 仁荷大學 電子電氣工學部 敎授 · 工博
** 正 會 員 : 仁荷大學 電氣工學科 博士課程
*** 正 會 員 : 韓國電力公社
接受日字 : 2002年 2月 26日
最終完了 : 2001年 5月 21日

의 접지저항을 전위강하법을 적용하여 접지저항을 측정하면 중성선 전류, 접지전극 주변의 표유전류, 전력주파수 노이즈 성분에 의해서 측정된 접지저항에는 상당한 오차가 포함될 수 있다[7]-[10].

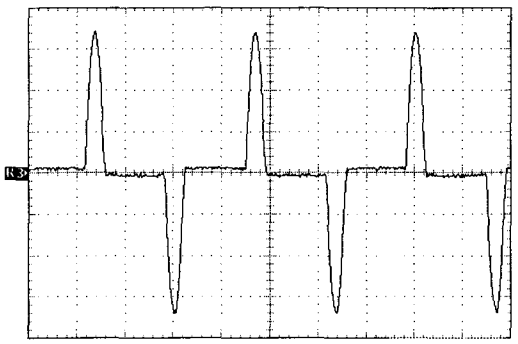
따라서 본 연구에서는 기설의 운전중인 전력설비나 변전소의 접지시스템을 모의하여 시설한 후 전위강하법을 응용하여 정확한 접지저항을 측정할 수 있는 개선된 측정방법을 구현하였다. 독립된 접지시스템의 접지저항, 대지귀로의 임피던스, 고압 케이블(HV cables), 배전선로의 중성선, 본딩 도체, 원거리 변전소의 접지전극 접속 등 모든 연결회로의 병렬로 조합된 것을 하나로 모의하여 실험적인 방법으로 접지저항을 측정하였다. 전원계통의 중성선으로부터 접지전극에 유입하는 노이즈 전류를 모의하여 접지전극에 인가한 후 측정전류전이법으로 접지저항을 측정하고, 이 측정방법의 정확성을 평가하였다. 제안하는 새로운 방법으로 측정한 결과를 기존의 전위강하법과 저역통과필터법[10]으로 측정한 접지저항과 비교·검토하였다. 또한 제안된 측정방법을 적용하여 운전중인 22.9[kV] 수전용 변전설비의 접지저항을 측정·분석한 결과를 기술하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 전원계통의 중성선으로 접지전극에 유입하는 전류

운전중인 변전소나 전원이 인가된 전력설비에 있어서 접지전극에 유입하는 전원계통의 중성선 전류는 전위강하법을 적용하는 접지저항의 측정에 노이즈 성분으로 작용하게 되어 크게 영향을 미치게 된다. 운전중인 수전설비 모선의 중성선을 통하여 접지전극에 유입하는 전류 파형의 대표적인 예를 그림 1에 나타내었다. 또한 그림 2에는 그림 1의 전류파형의 주파수 성분을 고속프리에변환(Fast Fourier transform : FFT)기법으로 분석한 결과를 나타내었다.

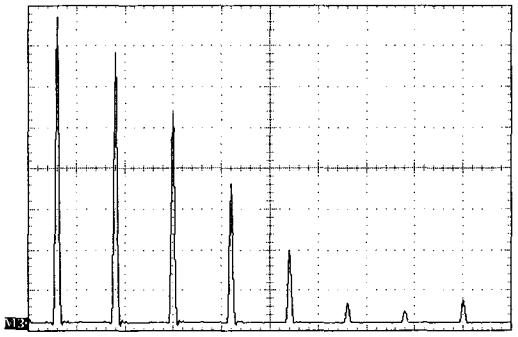
그림 2에 나타낸 바와 같이 전원계통의 중성선을 통하여 접지전극에 유입하는 전류의 FFT결과를 보면 기본파인 60[Hz]성분과 함께 제 3, 5, 7, 9 고조파의 기수고조파가 포함되어 있음을 알 수 있다. 중성선에 흐르는 전류는 대부분 부하의 불평형, 과부하상태 또는 전력용 반도체를 많이 사용하는 부하 때문에 흐르는 것으로 알려져 있다[11]. 이와 같이 운전중인 전력설비가 접속되어 있는 접지시스템의 접지저항을 전위강하법으로 측정하게 되면 측정전류에 의한 접지전극의 전위상승과 중성선에 흐르는 전류 및 접지전류에 기인하는 노이즈전위의 영향이 동시에 나타나므로 측정전류와 노이즈의 비(ratio of the test current signal to noise : S/N)가 낮은 영역에서는 오차가 크게 발생한다. S/N을 크게 할 경우에 측정오차는 감소하지만 전력시스템에 영향을 미칠 수도 있으므로 S/N의 증가를 통한 측정정확도의 향상은 표류전위와 접지시스템의 특성에 따라 다르지만 상당히 제한적이다. 따라서 피측정 접지시스템에 유입하는 전류에 의한 표류전위의 영향을 제거하여 접지저항을 산출할 필요가 있다. 노이즈를 제거하여 운전중인 접지시스템의 접지저항의 측정방법으로 저역통과필터법과 측정전류전이법이 주로 이용되고 있다. 저역통과필터법은 측정과 연산과정이 비교적 간단하며 과도적인 고주파 노이즈가 포함된 경우 측정의 정확도가 우수하다. 이에 비해 측정전류전이법은 일시적인 노이즈가 포함된 경우는 오차가 크지만 고조파와 같이 주기적이 노이즈가 포함된 상태에서는 측정전류와 동일한 주파수의 노이즈까지 제한할 수 있어 측정의 정확도가 매우 우수하다[7],[10].



2 [A/div], 5 [ms/div]

그림 1 전력계통에서 중성선을 통하여 접지전극에 유입하는 전류 파형의 예

Fig. 1 A typical current waveform flowing into the grounding electrode through the neutral line in power systems

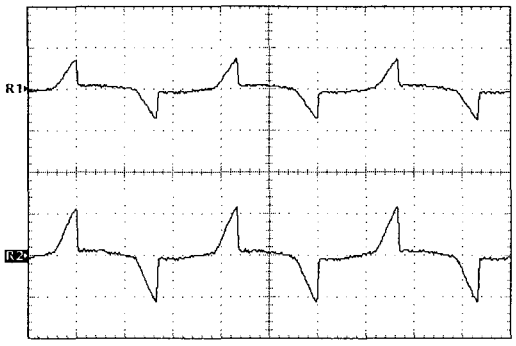


0.2 [A/div], 100 [Hz/div]

그림 2 그림 1에 나타낸 전류 파형의 FFT 결과

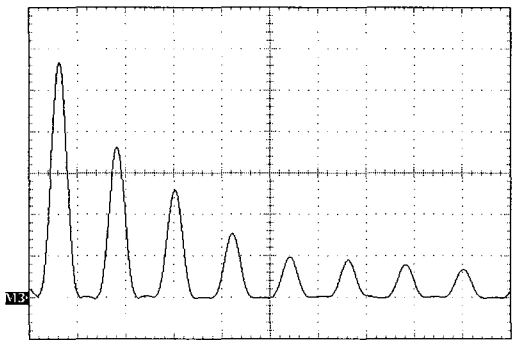
Fig. 2 The FFT result of the current waveform shown in Fig. 1

노이즈전류가 측정대상의 접지전극에 유입하는 경우에 대한 모의 실험조건의 구현을 위하여 가포화 리액터를 사용하여 60[Hz]성분과 기수고조파 성분이 포함된 전류 노이즈원을 구성하였다. 그림 3에는 구현된 노이즈전류를 접지전극에 인가했을 때 접지전극의 전위상승 파형을 나타내었다. 인가전류와 접지전극의 전위파형이 거의 동일하므로 접지저항의 영향이 지배적임을 알 수 있다. 또한 그림 4에는 측정대상의 접지전극에서 검출된 전위파형을 FFT한 결과를 나타내었다. 그림 1에 나타낸 전원계통의 중성선을 통하여 접지시스템에 유입하는 전류 파형과는 약간 다르지만 기수고조파만이 주로 포함된 주파수 성분이므로 실제 경우에 대한 적절한 모의라고 볼 수 있다.



위(노이즈전류) : 2[A/div], 5[ms/div]
아래(전위상승) : 10[V/div], 5[ms/div]

그림 3 노이즈 전류와 전위상승 파형
Fig. 3 Waveforms of the noise current and potential rise used in this work



0.5[V/div], 100[Hz/div]

그림 4 그림 3에 나타낸 전위파형의 FFT결과
Fig. 4 The FFT result of the potential waveform shown in Fig. 3

2.2 모의 접지전극의 설치 및 측정방법

운전중인 변전소 접지시스템을 모의한 조건에서 정확한 접지저항의 측정을 위해서 노이즈가 포함되지 않는 경우와 노이즈가 포함되었을 경우, 그리고 노이즈를 제거하는 새로운 측정방법에 대한 다음과 같은 실험을 하였다. 측정대상 접지전극은 그림 5와 같이 지표면으로부터 0.75[m]깊이에 5×5[m2]의 격자형 주접지전극과 4×4[m2]의 접지그리드와 봉접지전극 9개의 보조접지전극으로 구성하였다. 각각 별도로 측정한 주접지전극의 접지저항은 2.25[Ω], 보조접지전극의 접지저항은 3.53[Ω], 노이즈인가용 전원장치의 저항은 0.2[Ω]이었다. 측정회로에서 주접지전극과 보조접지전극의 병렬접속시 장소의 제약으로 인하여 각 접지전극의 저항구역의 중첩에 의한 상호저항때문에 이론적인 병렬접속의 합성접지저항(1.40[Ω])보다 크게 나타날 것으로 예상된다. 따라서 노이즈전류가 없는 경우에 대해서는 가포화리액터의 입력전원을 투입하지 않은 상태에서 병렬접속의 합성접지저항을 측정하였다.

측정전류전이법을 이용한 접지저항의 측정회로도는 그림 5와 같으며, 측정전류 인가용 전원장치와 노이즈전류 인가용 전원장치를 별도로 설치하였다. 운전중인 상태를 모의할 수 있도록 인위적인 노이즈가 측정대상인 접지전극에 인가된 조건에서 측정전류, 인가전압과 접지전극의 전위파형은 각각 CT와 채널간 절연분리기능을 가지는 전압프로브를 이용하여 오실로스코프로 관측하였다. 즉, 이 측정회로도는 주접지전극(E1)을 변전소 주접지전극으로 가정하고, 보조접지전극(E2)을 변전소의 주접지전극과 접속되어 있는 주변의 다른 설비의 접지전극이나 변전소 접지전극에 접속된 철탑의 접지전극으로 가정하여 주접지전극과 보조접지전극 사이에 노이즈전류가 인가되는 경우를 모의한 것이다.

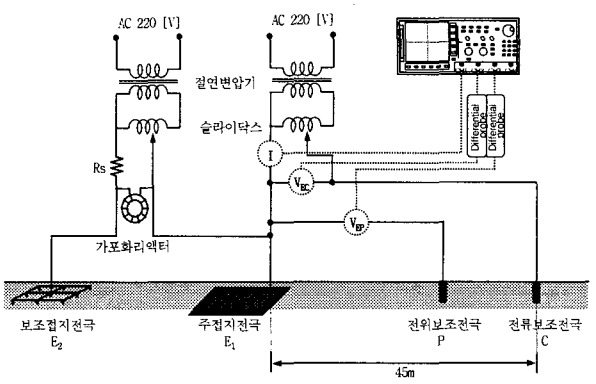


그림 5 측정전류 전이법을 이용한 접지저항의 측정 회로도
Fig. 5 The circuit diagram for measuring the ground resistance using the test current transition method

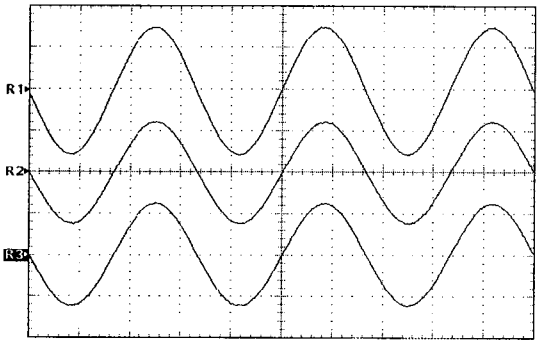
측정 방법은 먼저 접지전극에 노이즈가 인가된 상태에서 오실로스코프를 싱글 샷(single shot)모드로 전환하고, 수평 트리거 위치는 50[%]에 둔다. 그런 다음 오실로스코프의 트리거 레벨을 노이즈 전위파형의 크기보다 높이 설정한다. 이후 측정전류를 인가하면 오실로스코프의 한 화면내에 측정전류가 인가되기 이전의 노이즈전류와 전위파형, 측정전류가 인가된 이후의 전류와 전위파형을 동시에 측정할 수 있다. 즉, 노이즈원과 함께 노이즈원이 포함된 전위상승 데이터를 동일한 축상에 하나의 파형으로 측정하여 오실로스코프의 연산기능을 이용한 프로세싱을 통한 후 정확한 값을 산출하는 것이 측정전류전이법(test current transition method)이다. 이렇게 하여 노이즈전류가 포함된 상태에서 측정한 접지저항과 노이즈를 제거하는 방법으로 산출한 결과를 비교·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 노이즈가 없는 상태에서 측정한 접지저항

노이즈가 없는 상태에서 접지저항의 측정은 그림 5에서 주접지전극(E1)과 보조접지전극(E2)이 병렬로 접속된 상태의 합성 접지저항을 산출하는 것이 되며, 60[Hz] 인가전류,

인가전압, 접지전극의 전위파형의 예를 그림 6에 나타내었다. 여기에서 접지전극의 전위는 측정대상인 주접지전극과 전류보조전극 사이의 61.8[%] 거리에 설치한 전위보조전극 사이의 전위차(VEP)를 나타낸다. 주접지전극과 보조접지전극이 병렬로 접속된 상태에서 측정한 합성 접지저항은 1.61 [Ω]이며, 두 접지전극사이의 상호저항(mutual resistance) 때문에 이론적인 값보다 약간 높게 나타났다. 이 때의 접지저항은 측정대상의 접지전극에 노이즈 전류가 없을 때의 접지저항으로 실제의 접지저항이며, 이를 참값으로 하여 노이즈가 인가된 상태에서 측정한 값을 평가하였다.



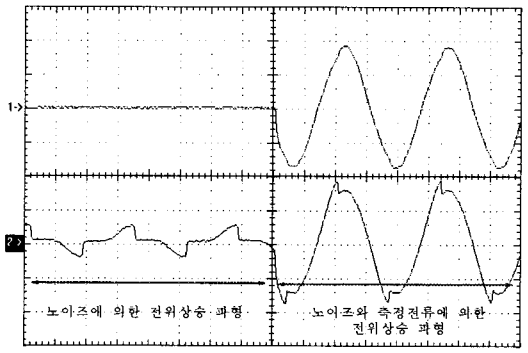
위 (인가전류, I) : 10 [A/div], 5 [ms/div]
중간(인가전압, V_{EC}) : 100 [V/div], 5 [ms/div]
아래(전위상승, V_{EP}) : 20 [V/div], 5 [ms/div]

그림 6 노이즈가 없는 경우 인가전류, 인가전압과 전위상승 파형
Fig. 6 Waveforms of the incident current, incident voltage and potential rise without noise

3.2 측정전류전이법을 이용한 접지저항의 측정

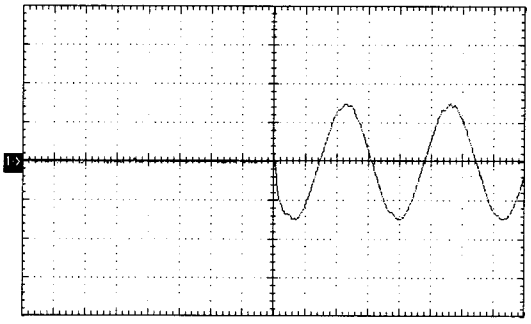
측정전류전이법은 다른 접지저항의 측정법에 비해서 특별히 요구되는 복잡한 측정기기가 필요하지 않으므로 측정방법이 간단하여 실제의 운전중인 전력설비의 접지저항 측정에의 적용이 용이한 방법이다. S/N이 5인 경우 측정전류전이법으로 측정한 전류파형과 접지전극의 전위파형의 예를 그림 7에 나타내었다. 그림 7에서 위는 인가전류의 파형으로 전반부는 노이즈성분만을 나타내며 트리거시점 이후는 노이즈성분과 측정전류 성분이 포함된 전류파형이다. 그리고 그림 7에서 아래는 S/N이 5인 경우 노이즈전류와 측정전류에 의해서 형성된 전위파형을 나타내고 있다. 측정전류에 의한 접지전극의 전위상승분을 산출하기 위해서는 전위상승파형 후반부의 노이즈와 측정전류에 의한 전위상승이 합성된 부분에서 전반부의 노이즈 전위상승 부분을 엑셀이나 로터스 등을 이용하여 제거하는 과정이 필요하다.

다시 말하면, 그림 7의 전위상승과 인가전류 파형의 실효값을 이용하여 접지저항을 계산하면 전위상승 파형에 포함되어 있는 노이즈전위성분에 의하여 오차가 크게 발생한다. 이러한 오차발생은 S/N이 작은 경우에 더욱 크게 나타나며 측정된 접지저항은 신뢰성을 잃게 된다. 따라서 그림 7의 오른쪽의 전위상승 파형에서 왼쪽의 전위상승 파형을 엑셀, 로터스 등의 프로그램을 이용하여 제거한 후 얻은 측정전류만에 의한 접지전극의 전위상승분과 인가전류 파형 사이의 나눗셈 연산을 통하여 접지저항을 산출하였다.



위 (인가전류, I) : 5 [A/div], 5 [ms/div]
아래(전위상승, V_{EP}) : 10 [V/div], 5 [ms/div]

그림 7 측정전류 대 노이즈의 비가 5일 때 측정전류 전이법으로 측정한 인가전류와 전위상승의 파형
Fig. 7 Waveforms of the incident current and potential rise measured by the test current transition method at the S/N of 5



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

그림 8 노이즈가 제거된 전위상승 파형
Fig. 8 The potential rise waveform when the noise has been eliminated

접지전극의 전위상승분 중에서 엑셀, 로터스 등의 프로그램을 이용하여 노이즈에 의해 형성된 전위상승분을 제거한 순수측정전류에 의한 전위상승 파형의 예를 그림 8에 나타내었다. 이 전위파형에 나타난 바와 그림 7의 아래 오실로스코프로 측정한 전위파형과는 확연히 다르며, 노이즈에 의한 전위상승이 거의 제거된 것을 알 수 있다. 노이즈 성분은 측정전류와 주파수가 일치하더라도 제거가 가능하며, 직류 성분의 오프셑(offset)전압까지 제거할 수 있다. 광범위한 주파수대역을 가지는 노이즈 제거가 가능하므로 측정전류와 근접한 주파수 성분의 노이즈 제거가 거의 불가능한 저역통과필터법에 비하여 적용범위가 넓은 장점이 있다. 하지만 노이즈가 주기성을 가지지 않거나 짧은 시간동안(수 십ms

이내) 주파수와 진폭이 급변하는 경우에는 오차가 증가할 우려가 있으며, 노이즈에 의해 형성된 전위상승분을 제거하는 과정이 복잡하고 많은 시간이 소요되며 숙련된 기술이 필요하므로 현장에서 실시간으로 접지저항을 산출하기 어려운 문제점이 있다. 측정전류전이법을 적용하여 S/N을 변화시켜가면서 측정한 접지저항을 노이즈가 포함된 상태 그대로 전위강하법으로 측정한 결과 및 저역통과필터법에 의하여 측정한 결과와 비교하여 그림 9에 함께 나타내었다.

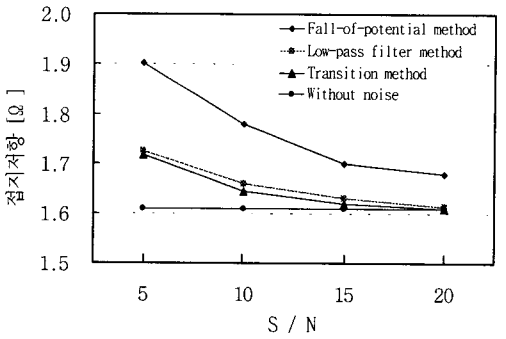


그림 9 측정된 접지저항의 비교

Fig. 9 Comparison of the measured ground resistance

표 1 전위강하법, 저역통과필터법, 측정전류전이법으로 측정한 접지저항과 오차

Table 1 The ground resistances and errors measured by the fall-of-potential method, low-pass filter method and test-current transition method

구분 / S/N	전위강하법		저역통과필터법		측정전류전이법	
	접지저항 [Ω]	오차 [%]	접지저항 [Ω]	오차 [%]	접지저항 [Ω]	오차 [%]
5	1.90	18.14	1.73	7.17	1.71	6.67
10	1.78	10.56	1.66	3.14	1.64	2.13
15	1.70	5.69	1.63	1.32	1.62	0.61
20	1.68	4.31	1.61	0.30	1.61	0.04

그림 9에 나타낸 바와 같이 측정전류전이법으로 측정된 접지저항은 S/N비가 증가함에 따라 노이즈가 없는 경우 측정한 결과에 근접하는 것으로 나타났다. 또한 노이즈가 포함된 그대로 전위강하법을 적용하여 측정하는 것보다 훨씬 정확하게 접지저항을 측정할 수 있으며, 저역통과필터법을 적용한 측정에 비하여 큰 S/N비에서 정확도가 향상되었음을 알 수 있다[10]. 특히 측정전류와 동일한 주파수성분의 노이즈가 많이 포함된 경우에도 측정의 정확도가 향상되었으며, 표 1에는 전위강하법, 저역통과필터법과 측정전류전이법으로 측정한 접지저항을 비교하여 나타내었다. S/N이 5일 경우에는 측정오차가 6.67[%]로 저역통과필터법에 비하여 약 0.5[%], 10일 경우에는 측정오차가 2.13[%]로 약 1[%]의 정확도가 향상되었다. 또한 노이즈가 포함된 그대로 측정하는 경우에 비해서 S/N이 5일 경우에는 오차를 16[%]정도, 10일 경우에는 8.9[%]정도 줄일 수 있음을 의미하며, 접지저항 측정의 정확도가 매우 향상된 결과를 얻었다.

3.3 운전중인 변전실 접지저항 측정

운전중인 22.9[kV] 수변전실 접지시스템에 나타나는 노이즈전압파형과 FFT결과를 그림 10에 나타내었다. 노이즈전압은 60[Hz]성분이 가장 크게 존재하며 제3고조파, 제9고조파, 제5고조파 순으로 나타났다. 측정전류전이법과 저역통과필터법을 적용하여 측정한 인가전류와 전위상승파형을 그림 11, 그림 12에 각각 나타내었다. 측정전류를 인가하기 이전에 약 3.6[Vamp]의 노이즈전압이 접지시스템에 나타나고 있으며, 측정전류 인가 후 접지시스템의 전위가 약 0.9[Vamp]정도 상승하였다. 그림 11을 기초로 하여 측정전류전이법에 의하여 측정된 접지저항은 0.66[Ω]이었으며, 동일한 장소에서 고역측 차단주파수가 70[Hz]인 저역통과필터법으로 의해 측정한 접지저항은 1.00[Ω]이었다. 저역통과필터법이 측정전류전이법에 비하여 접지저항이 크게 측정된 것은 측정전류를 인가하기 이전에 접지시스템에 나타나는 노이즈전압이 측정전류와 주파수가 동일한 60[Hz]성분을 많이 포함하고 있기 때문인 것으로 분석되었다. 측정대상으로 한 변전실과 같이 60[Hz] 노이즈전압이 크게 나타나고 있는 접지시스템에서는 60[Hz]의 측정전류를 인가하는 경우 측정전류전이법이 저역통과필터법보다 정확한 접지저항을 얻을 수 있는 것으로 예상된다. 또한 저역통과필터법과 측정전류전이법을 병용하여 측정한 인가전류와 전위상승파형의 예를 그림 13에 나타내었다. 그림 13의 인가전류와 전위파형은 노이즈가 제거되어 대단히 명확하였으며 이를 기초로 산출한 접지저항은 0.47[Ω]이다. 따라서 저역통과필터법과 측정전류전이법을 병용하면 필터의 주파수대역에 따른 오차를 줄일 수 있으며 상용주파수의 전원을 측정전류원으로 적용하여도 측정의 정확도를 향상시킬 수 있다. 즉, 상용주파수가 아닌 주파수의 측정용 전원장치가 필요하지 않으므로 경제적으로도 유리하다. 따라서 운전중인 전력계통의 접지시스템의 접지저항측정에는 측정전류전이법에 저역통과필터법을 가미시켜 적용하는 것이 매우 효과적이다.

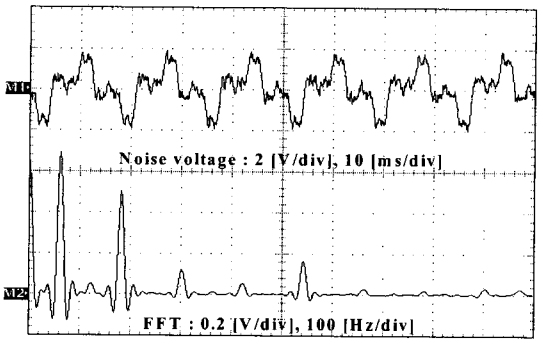


그림 10 22.9kV 변전실 접지시스템에서의 노이즈 전압파형과 FFT분석의 예

Fig. 10 Example of the noise voltage waveform and its FFT results in 22.9kV substation grounding system

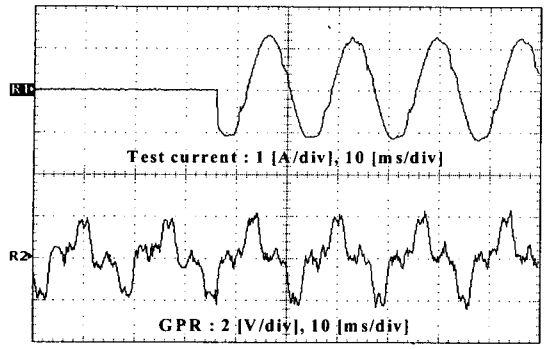


그림 11 측정전류전이법으로 측정한 인가전류와 전위 파형

Fig. 11 Waveforms of the incident current and potential rise measured by the test current transition method

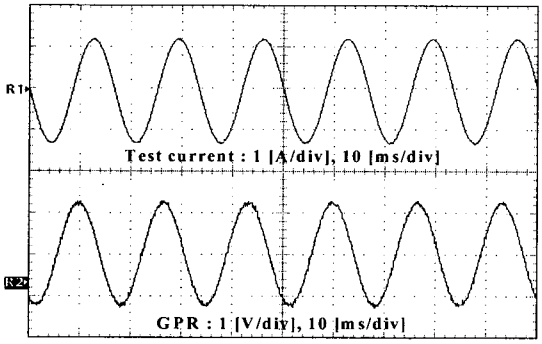


그림 12 저역통과필터법으로 측정한 인가전류와 전위 파형

Fig. 12 Waveforms of the incident current and potential rise measured by the low-pass filter method

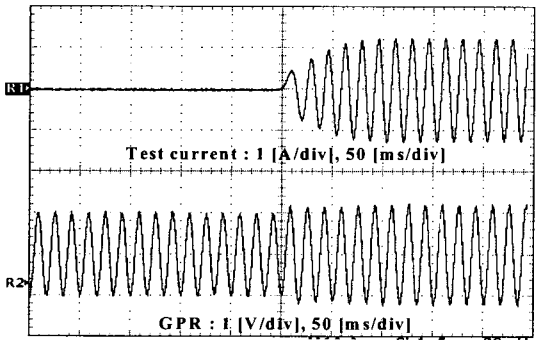


그림 13 저역통과필터법과 측정전류전이법을 병용하여 측정한 인가전류와 전위상승파형의 예

Fig. 13 Examples for waveforms of the incident current and potential rise measured by the low-pass filter and test current transition methods at the same time

4. 결 론

가압상태인 접지시스템의 접지저항을 노이즈의 영향을 제거하여 정확하게 측정할 수 있는 측정전류전이법을 제시하였으며, 모의 및 실측 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 측정전류전이법에 의한 접지저항의 측정결과는 기존의 전위강하법이나 저역통과필터법에 비하여 S/N이 증가할수록 측정오차가 감소하였다.

(2) 상용주파수의 전원을 측정전류로 적용할 수 있어 경제적이며, S/N을 10정도로 측정하면 3[%]이내의 오차를 갖는 정확도로 접지저항을 얻을 수 있었다.

(3) 본 연구에서 제안한 측정전류전이법은 측정전류와 동일한 주파수 성분의 노이즈 및 직류오프셋(offset)까지도 제거할 수 있으므로 측정의 정확도가 향상된다.

(4) 운전중인 접지시스템의 접지저항측정에는 저역통과필터법과 측정전류전이법을 병용하는 방법이 가장 적합하다.

감사의 글

본 연구는 기초전력공학공동연구소(과제번호 : 01-043호)의 지원으로 수행되었음."

참 고 문 헌

[1] A. V. Machias, E. N. Dialynas and C. A. Protopapas, "An Expert System Approach to Designing and Testing Substation Grounding Grids", IEEE Trans., Vol. PD-4, No. 1, pp. 234~240, 1989.

[2] 이복희, 이승칠, 접지의 핵심 기초 기술, 도서출판 義僧, p.40, pp. 1~20, 1999.

[3] 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, 1999.

[4] F. P. Dawalibi, F. Donoso, "Integrated Analysis Software for Grounding, EMF, and EMI", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 6, pp. 19~23, 1993

[5] 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, 1992.

[6] J. E. T. Villas, D. Mukhedkar, V. R. Fernandes, A. C. Magalhaes, "Ground Grid Design of a Transition Station System-A Typical Example of Fault Transfer", IEEE Trans., Vol. PD-5, No. 1, pp. 124~129, 1990.

[7] 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.

[8] S. T. Sobral, J. J. Santos, D. Mukhedkar, "A Proposal for Ground Measurement Techniques in Substations Fed Excusively by Power Cables", IEEE Trans., Vol. PD-3, No. 4, pp. 1403~1409, 1988

[9] A. P. Sakis Meliopoulos, G. Cokkinides, H. Abdallah, "A PC Based Impedance Mesurement Instrument", IEEE Trans., Vol. PD-8, No. 3, pp. 1095~1106, 1993

[10] 이복희, 엄주홍, 이승칠, 김성원, 안창환, "저역필터를 이용한 수변전실 접지저항의 새로운 측정방법", KIEE Trans. Vol. 50C, No. 8, Aug. 2001.

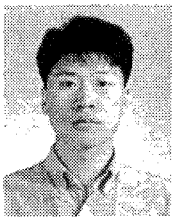
[11] J. C. Balda, A. R. Oliva and D. W. McNabb, R. D. Richardson, "Measurements of Neutral Currents and Voltages on a Distribution Feeder", IEEE Trans., Vol. PD-12, No. 4, pp. 1799~1804, 1997.

저 자 소 개

이 복 희 (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 전자전기공학부 교수.

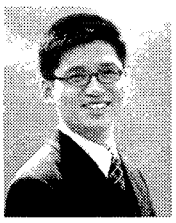
Tel : (032) 860-7398
Fax : (032) 863-5822
e-mail : bhlee@inha.ac.kr



엄 주 홍 (嚴 柱 弘)

1972년 9월 5일생. 1998년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2000년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2001년 현재 인하대 대학원 전기공학과 박사과정

Tel : (032) 860-7398
Fax : (032) 863-5822
e-mail : g2001100@inhavision.inha.ac.kr



김 성 원 (金 成 原)

1974년 5월 28일생. 1999년 2월 인하대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 현재 한국전력공사 근무.

Tel : (032) 570-7362
Fax : (032) 570-7433
e-mail : simon596@kepco.co.kr