

## 대지전위 실측에 의한 접지성능 평가

이원영\*, 김재훈, 김주한, 한상옥  
충남대학교

### Estimation of Earth Performance by Ground Potential Measurement

Lee Won-Young\*, Kim Jea-Hoon, Kim Ju-Han, Han Sang-Ok  
Chungnam National University

**Abstract** - Grounding systems are responsible for the safe operation of a power system whether the power system fault occurs or not, their performance guarantees equipment protection and personnel safety by limited the ground potential rise and touch voltages as well as step voltages under ground fault condition. therefore, it is necessary to measure the ground resistance frequently for checking the performance of grounding system. In order to verify the designed grounding measurement system feasibility, two comparison verifications, which are the ground resistance measurements using the designed system on power service and off power service, are carried out for the same substation.

#### 1. 서 론

최근의 전력설비들은 경년변화에 대한 진단기술의 개발과 새로운 전력환경의 변화에 대한 대응기술의 개발을 동시에 요구하고 있다. 특히 전력설비에서의 접지전극은 대지에 매립되어 있어 부식이나 산화작용에 의한 경년변화 작용이 다른 전력설비에 비해 훨씬 활발하게 이루어질 수 있는 환경 속에 있다. 또한 최근 정보 및 자동화 설비들도 확실한 접지 성능 보장을 요구하고 있어 접지설비의 유지보수에 대한 새로운 기술과 그에 따른 관심이 급속히 증가되고 있는 실정이다.[1]

전력설비의 신뢰성 및 안전성에 있어 접지특성을 파악하는 것은 매우 중요한 항목이라고 할 수 있다.[2] 그러나 이러한 중요성에 반하여 접지저항 측정은 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, 접지저항 측정 분야의 연구가 지속되어 최근에는 측정 비교적 쉬운 것으로 알려지고 있으나, 활선상태에서는 접지저항 측정이 어렵다는 것이다. 이는 활선상태에서 발생하는 모든 접지사고에 대처할 수 있는 방법이 없다는 것을 나타낸다. 둘째, 대규모 접지망에서의 접지저항 측정이 어렵다는 것이다. 대규모 접지망이 설치되어 있는 전력설비인 변전소의 경우 여러 차례의 보수 공사를 통해 땅속에 매설되어 있는 메쉬(mesh)들 사이가 끊어 질 수가 있기 때문에 대규모의 접지망에 대한 접지저항 측정이 매우 어렵고 번거로운 작업을 요한다.[3]

이러한 이유들로 인해 활선상태에서의 접지성능을 평가하는 것은 매우 중요한 문제이다. 뿐만 아니라, 이러한 접지저항을 측정하기 위해서는 대지 전위에 대한 해석이 또한 병행되어야 한다.

대지 전위의 측정은 접지저항이 일정한 접지망에서 전위 분포의 분포특성이 고르지 못하기 때문에 꼭 병행해서 실시하여야 한다.

이러한 활선상태의 대규모 접지망에 대한 접지저항의

측정 및 대지전위 분포 특성에 대한 측정 및 분석은 simulation을 통해서도 가능하지만 도면상에 나와 있지 않은 부분이나 접지선의 노화나 보수 공사 중의 단선으로 인한 부분들의 측정에 대해서는 자세히 알 수가 없다. 따라서 이러한 simulation의 단점을 보완하기 위해 필요한 것이 직접 측정을 통한 보완이라고 할 수 있다.

이에 본 논문에서는 경제적 실용적 측면을 감안하여 운전상태 하에서도 정확하게 전력설비의 접지특성을 측정하기 위하여 "측정용 주파수"의 개념을 도입한 접지 측정 장치 및 대지 전위 측정 장치를 이용하여 실측한 자료를 토대로 활선상태의 대규모 접지망에 대한 접지 성능을 평가하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 접지측정방법

접지의 측정원리는 기본적인 옴의 법칙이 그대로 적용된다. 우선 접지저항의 정의는 접지극에 I라는 전류가 흘렀을 때 유입 점에서의 전위가 V라면 접지저항은 전압/전류비(V/I)이다. 결국 유입되는 전류와 상승되는 전위를 영전위를 기준으로 하여 측정하면 접지저항은 쉽게 구할 수 있다.

일반적으로 전류는 전류원을 사용하는 것이 아니고 전압원으로 전압을 가변시키면서 전류를 접지극에 흘리고 이 전류를 CT등을 이용하여 측정하고 이를 "유입전류"라 한다. 전위상승은 원리상으로는 무한대지점을 기준으로 해야하나 이것이 불가능하므로 실제로 영전위가 되는 500m 정도에 임의의 접지극을 매설하고 이점을 영전위로 하여 접지극의 전위를 측정한다.

Fig. 1은 접지저항 측정방법을 이용하여 얻어진 대지 전위 분포 곡선을 나타낸 것이다.

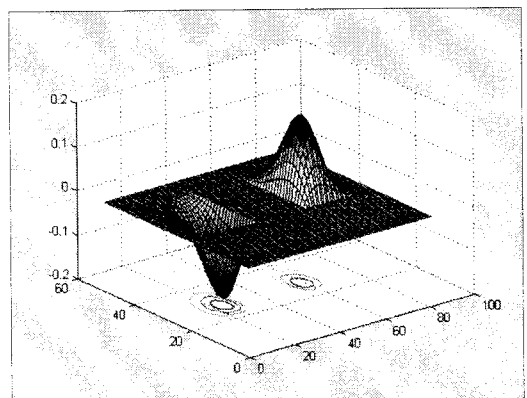


Fig. 1 Ground distribution wave of earth rod

## 2.2 측정장치의 설계 및 제작

활선상태에서의 접지측정의 난제를 최대한 극복하는 접지저항 측정기의 이론은 중첩의 원리를 이용하여 간단하게 해결할 수 있다. 중첩의 원리는 독립전원을 이용하면 그 독립전원은 별도의 전기법칙이 성립한다는 기본 법칙이다. 즉, 기존의 전력설비에서 존재하는 주파수와 다른 주파수를 갖는 전원을 만들어 중첩의 원리에 의해 계산하는 방법이다.

본 논문에서 제안하는 방법은 기존의 접지저항 측정기와 사용법 측면에서는 전혀 다를 것이 없다는 큰 장점을 지니고 있다. 그러나 내부의 구성은 상당히 다르다.

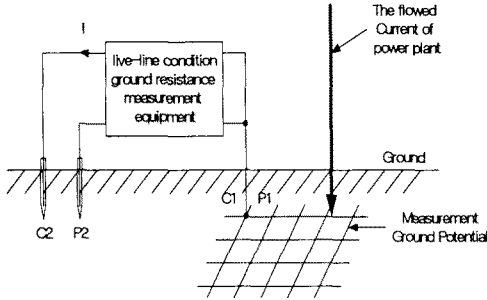


Fig. 2 New method

## 2.3 결과 및 고찰.

### 2.3.1 가압전 측정

우리나라의 경우 대부분이 전력계통 및 전력설비가 직접접지계통으로 구성되어 있어 기본적으로 가압전이라 하더라도 접지극에는 어느 정도의 대지전위가 발생할 수 있다. 이러한 현상 즉, 전력설비가 가압전에도 전력설비의 접지극에 대지전위가 존재하는 현상 때문에 기존의 접지저항 측정기로는 정확한 접지저항의 측정이 곤란하다. 왜냐하면 기존의 접지저항 측정기는 대부분 직류극에 직류를 인가하여 대지전위의 직류성분 전위를 검출하여 계산하므로 위와 같이 기본적으로 대지전위에 직류성분의 대지전위가 존재하는 경우 실제의 접지저항값보다 크게 나오게 된다. 또 다른 한 가지는 기본적으로 전력설비가 가압전에 존재하는 대지전위는 상당히 변화가 심하다. 이러한 현상 때문에 기존의 접지저항 측정방법으로 측정하면 계기값이 일정하지 않고 큰 폭으로 움직이는 현상을 발견하게 된다.

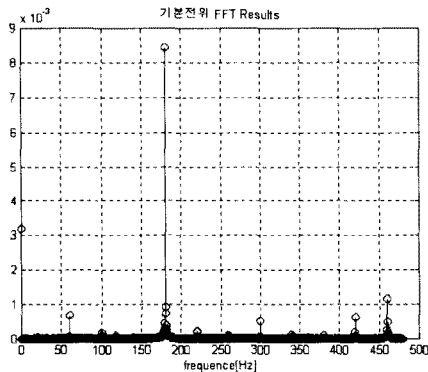


Fig. 3 Frequency spectrum of ground potential before electric supply

Fig. 3은 분석대상 변전소가 가압되기 전 측정된 기본대지전위파형을 주파수 분석한 그림으로 분석대상 변전소의 경우 기본적으로 3고조파인 180 Hz의 대지전위가 상당히 크게 측정된다. 이것의 원인은 두 가지로 판단할 수 있다. 첫째 앞에서도 언급한 우리나라의 전력계통이 직접접지되어 있고 변압기의 중성점에서 3고조파의 전류성분이 가장 우세하게 작용하고 있기 때문이다. 또한 측정대상 변전소의 경우 케이블이 이미 포설된 상태이기 때문에 상대단의 변전소에서 대지로 흘러가는 일부의 전류가 케이블의 시스회로를 따라 변전소의 대지전위에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

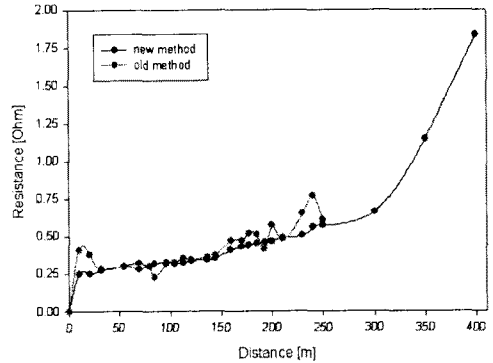


Fig. 4 Earth resistance measurement of old method and new method before electric supply

Fig. 4는 측정대상 변전소의 가압전 기존의 접지저항 측정기(SAS 3000)과 새로운 측정 방법으로 접지저항을 측정한 결과이다.

Fig. 4에서 기존의 접지저항 측정기로 측정된 접지곡선은 전반적으로는 전형적인 접지곡선을 나타내고 있으나 수치가 평탄하지 않고 들쭉날쭉한 곡선을 나타내고 있다. 이러한 현상은 측정대상 변전소의 가압전 기본대지전위파형에서 알 수 있듯이 기본대지 전위에 직류성분이 포함되어 있어, 직류전원을 인가하여 측정하는 기존 접지저항 측정기의 값에 악영향을 주기 때문이다. 실제로 파형을 순시적으로 관찰하면 기본대지전위파형은 상하로 스윙하는 현상을 눈으로 확인할 수 있다. 이러한 현상은 기본대지전위에 포함된 직류성분이 시간적으로 변화한다는 것이다. 그러므로 기존에 직류를 인가하여 측정하는 접지저항 측정기의 눈금 혹은 수치가 변화하는 현상을 접할 수 있다.

그러나 새로운 측정 방법으로 측정된 접지저항 곡선은 전형적인 접지저항 곡선을 나타내고 있고 순간적으로 급변하는 현상도 나타나지 않는다.

기존 방식과 새로운 방식 모두 약 0.35 Ω의 접지 저항값을 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 비가압시의 경우에 있어서는 앞서 장을 통해 제시한 바와 같이 두 방식 모두 유사한 결과치를 제시함을 확인할 수 있었다.

이와 같은 특성은 비가압시의 경우 접지저항을 측정하기 위해 사용되는 전원에 의해 발생하는 대지전위에 비해 매우 낮은 기본 대지전위만이 존재하므로 전체적인 측정값에는 큰 영향을 주지 않기 때문으로 판단된다.

### 2.3.2 가압후 측정

기존 측정방식의 경우 가압시에 있어 그 신뢰성이 문제시되어 왔으므로 본 연구에서는 가압시에 있어서 각각의 방식을 활용하여 동일개소에 대한 접지저항 측정을 수행하고 그 결과를 통하여 각 방식의 특성을 평가하고자 하였다.

비가압시의 경우에 비해 약 1,000여배의 기본 대지전

위값이 나타나고 있다. 즉, 9.5 V 이상의 기본 대지전위가 발생함으로 인하여 기존 측정기법에 있어서는 측정 결과의 신뢰성이 크게 위협받게 된다.

가압된 조건하에서 기존의 측정방식을 활용하여 측정 한 거리에 따른 대지저항특성은 전체적으로 매우 불안정하고, 이상적인 곡선과는 그 특성이 매우 상이함을 알 수 있다.

한편, 본 연구를 통해 제시된 측정기법을 활용하여 측정된 동일지점의 접지저항 특성은 Fig. 5에 제시된 바와 같이 앞 절을 통해 제시된 이상적인 접지저항특성곡선과 매우 유사한 특성을 나타내고 있다.

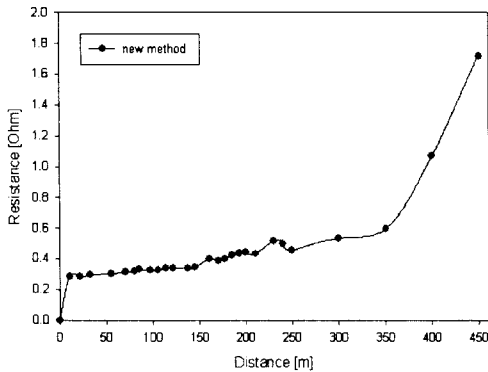


Fig. 5 Earth resistance curve on new method

### 2.2.3 가압전후 비교

Fig. 6은 접지저항 측정대상 변전소의 접지저항을 새로운 측정 방법과 장치로 변전소의 가압전과 가압 후에 실측한 data로 접지저항 곡선을 그린 그림이다.

가압전후의 접지저항 곡선은 거의 일치하고, 가압전후 접지저항 값은 0.35 Ω으로 일정하다.

이상의 과정을 통하여 본 연구를 통해 제시된 새로운 방식의 측정기법을 활용할 경우 전력설비가 운용 중에 있을 때에도 전력설비 고유의 접지특성을 정밀하게 측정할 수 있음을 확인하였다.

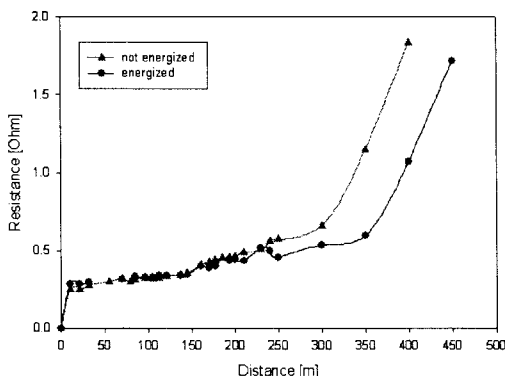


Fig. 6 Earth resistance of new method before and after electric supply

## 3. 결 론

운전 중인 전력설비 및 통신설비의 접지망의 접지저항을 측정함에 있어 기존의 방식으로 측정하면 설비에서 접지망으로 흐르는 누설전류 및 불평형전류에 의한 대지전위의 영향으로 정확한 접지저항의 측정이 불가능하다.

이러한 문제점으로 해결하고자 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

기존의 접지저항 측정방법과 동일한 방법으로 측정이 가능하며, 전력설비나 통신설비가 운전 중 또는 운전 후에도 관계없이 접지저항 측정이 가능함을 입증하였다.

측정대상 변전소의 경우 가압 전에도 접지망에 기본적으로 다스의 대지전위가 형성되어 있어 기존의 접지저항 측정기로는 오차를 수반할 수 있는 여지가 있다. 그러나 새로운 측정시스템에 의해서 측정된 결과는 기존 접지저항 측정기로 측정된 접지저항 곡선보다 전형적인 접지저항 곡선을 얻을 수 있었다.

가압 후 변전소의 경우 가압전과는 비교할 수 없을 만큼의 큰 기본 대지전위가 존재하지만 새로운 측정 방법으로 측정된 접지저항값에는 아무런 영향을 미치지 않았다.

## [참 고 문 헌]

- [1] 이복희, 이승철, "접지의 핵심기초기술", 도서출판, 의제, pp. 40, 1999
- [2] 이복희, 김성원, 엄주홍, 이승철, "운전중인 전력설비의 접지저항 측정방법", 한국조명전기설비학회 학술대회 논문집, p. 77-81, 2000. 11
- [3] "활선 상태 접지저항 측정기 - 최종보고서", 산업자원부, 2001. 12
- [4] IEEE Std. 81-1983, IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.
- [5] Li Maotang, Li Jing, "A New Type of Grounding Resistance Measurement Method", IEEE Trans. Instrumentation and Measurement, Vol. 48, No. 5, pp. 899-903, Oct. 1999
- [6] A. D. Papalexopoulos, "Frequency Dependent Characteristics of Grounding Systems", IEEE Trans. Power Delivery, Vol. PWRD-2, No. 4, pp. 1073-1080, Oct. 1987
- [7] 이복희, 김성원, 엄주홍, 이승철, "운전중인 전력설비의 접지저항 측정방법", 한국조명전기설비학회 학술대회 논문집, p. 77-81, 2000. 11
- [8] 엄주홍, "전위강하법에 의한 접지저항측정에 미치는 측정용 탐침위치의 영향", 인하대학교 석사학위논문, 2000. 2
- [9] 엄주홍, "전위강하법에 의한 접지저항측정에 미치는 측정용 탐침위치의 영향", 인하대학교, pp. 1-30. 2000. 2
- [10] "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding", IEEE Inc, pp 64-118, 2000
- [11] "IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems", IEEE Std 142-1991
- [12] T. Cantwell, et al, "Grounding Current in High-Voltage Transmission I-Preliminary Report on Columbia Basin Tests", IEEE Trans., Vol.PAS-85, No.3