

지락전류 분류계수 측정에 의한 변전소 접지성능 진단

최종기*, 안용호*, 유희영*, 정길조*, 이봉희**, 한병성*, 김경철**
 한국전력공사 *전력연구원 **중앙교육원, *전북대학교, **홍익대학교

Substation Grounding Performance Evaluation by Ground Current Measurement

Jong-kee Choi, Yong-ho Ahn, Hee-young Ryu, Gil-jo Jung, Bong-hee Lee, Byung-sung Han*, Kyung-cheol Kim**
 Korea Electric Power Corp., *Cheon-buk Univ., **Hongik Univ.

Abstract - 부식이나 경년열화 등으로 인한 변전소 접지성능 저하에 대한 대책마련을 위하여 정기적인 변전소 접지저항의 측정은 필수적이라고 할 수 있다. 그러나 단지 접지저항의 측정을 위하여 변전소 접지망과 연결되어 있는 외부접지계통, 즉 배전 중성선이나 송전선로 가공지선의 다중접지계통을 분리한다는 것은 현실적으로 불가능한 작업이다. 본 논문에서는 접지시험을 위한 시험전류를 주입하고 가공지선 및 중성선으로의 분류계수를 측정함으로써 운전 중인 상태에서 변전소 접지망 단독의 접지저항을 측정하는 시스템, 측정기법 및 사례연구를 제시하였다.

2. 본 론

2.1 접지전류 측정시스템

운전중인 변전소의 접지전류 분류계수 측정 및 접지저항 분석 시스템의 구성요소는 그림 1에 나타내었으며, 시험전류 주입용 전원장치[(1)~(3)], 데이터 취득 및 분석장치[(4)~(7)], 기타 장치[(8),(9)]로 구성하였다. 시험전류 주입용 전원장치는 그림 4의 독립전원 발생장치(1), 전압조정장치(2), 승압장치(3)로 구성하고, 독립전원 발생장치는 휴대할 수 있는 소형 경량의 구조로 용량 1.6 kVA, 출력전압 100V, 출력주파수 50Hz를 채용함으로써 상용주파수인 60Hz에 대한 간섭을 받지 않도록 하였으며, 전압조정장치는 입력전압 100V, 출력전압 0~130V로 가변할 수 있는 구조로 하여 발전기 용량을 고려하여 시험전류를 조절 가능하도록 하였다. 승압장치는 용량 2kVA, 입력전압을 100V 출력전압을 440V로 하여 시험전류를 최대로 할 수 있도록 하여 측정신뢰도를 향상시킬 수 있도록 하였다.

그림 1의 데이터 취득 및 분석장치는 전류 및 전압센서(4), 다채널 데이터 취득 장치(5), 데이터 분석(6) 및 출력 장치(7)로 구성하였고, 전류 및 전압센서는 전류 프로브(CT)와 전압 프로브(PT)를 사용하여 분류된 접지전류를 정확히 검출할 수 있도록 하고 전압 프로브는 전위강화법을 이용한 전위강화극선 측정시 전압측정이 가능하도록 하였다. 다채널 데이터 취득 장치는 같이 8채널, 16 bit A/D, Max. 1 MHz 샘플링으로 데이터 분석용 프로그램에서 처리 가능하도록 하였다.

데이터 분석 및 출력장치는 다채널 데이터 취득 장치에서 얻어진 각각의 데이터 신호를 노트북 PC에 탑재된 데이터 분석용 프로그램인 LabVIEW를 이용하여 윈도우 화면상에서 분석한 결과를 실시간으로 출력할 수 있도록 하였다. 기타 장치로는 그림 1의 전압 및 전류 전극용 접지봉(8),(9) 등으로 구성하였다.

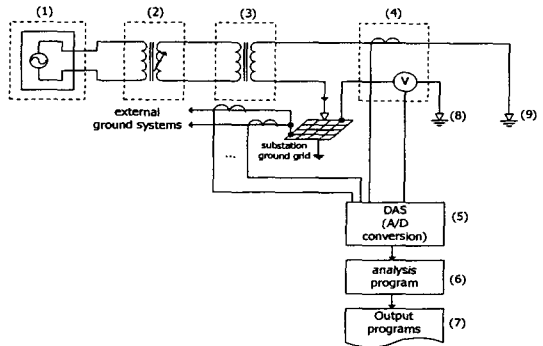


그림 1. 접지전류 측정시스템

1. 서 론

접지저항은 접지체의 성능을 나타내는 가장 대표적인 지수이다. 경년변화나 기타 요인에 의해 접지체가 손상되거나 유실되면 이로 인해 접지체의 성능이 변동하게 될 것이며 따라서 접지성능이 유지되고 있는지를 확인하기 위하여 정기적으로 접지저항을 측정할 필요가 있다. 접지저항의 측정은 측정대상 접지체와 원거리 전류전극 사이에 기지의 전류를 흘려 측정대상 접지체와 원거리에 위치한 전위 기준전극 사이의 전위차를 측정하고 이를 주입전류로 나눔으로써 수행된다. 그러나 측정대상 접지체가 외부 접지계통과 연결되어 있는 다중접지계통이면 측정대상 접지체로 주입되는 전류가 외부 접지계통으로도 분류됨으로써 측정대상 접지체 단독의 접지저항 측정은 곤란해진다. 이 경우 측정대상 접지체와 외부 접지계통과의 연결을 끊고 측정을 하여야 하는데 이는 매우 번거로운 작업이 될 수 있다. 예를 들어 변전소 접지계통의 경우 변전소 접지망은 배전선로의 중성선, 송전선로의 가공지선과 연결되어 있다. 배전선로의 중성선은 배전전주의 다중접지계통에 송전선로의 가공지선은 철탑의 탑각 접지계통에 병렬 연결되어 있기 때문에 변전소의 접지망 단독의 접지저항을 측정하기 위해서는 접지망과 연결된 모든 외부 접지계통을 분리하여야 하지만, 단지 접지저항을 측정하기 위하여 정기적으로 변전소의 운전중을 정지시키고 이같은 작업을 수행한다는 것은 특별한 경우를 제외하고는 현실적으로 불가능한 일이다.

본 논문은 여러 접지계통이 병렬로 연결되어 있는 다중접지계통의 경우, 다중 접지계통에 주입한 총 전류 중 개별 접지계통으로 분류되는 전류와 전위강화극선을 각각 측정함으로써 개별 접지계통의 접지성능이 가능함을 보여주고자 한다. 이를 위하여 가압되어 운전 중인 154 KV K변전소접지계통에서 실증시험을 수행하였다. 시험결과, 접지망 단독, 송전 및 배전 접지계통으로 구성된 시험 접지계통으로 주입한 시험전류와 각각의 접지계통들로 분류되는 전류 및 변전소 주변의 전위강화극선을 측정함으로써 개별 접지계통의 접지저항 산정이 가능함을 보였다.

2.2 운전 중인 변전소의 접지전류/전위강하법 측정

그림 2는 K변전소 주변상황과 전위강하법 측정선 방향을 보인 것이다. 154 kV T/L 이 1개 있고, D/L은 총 4개 있는데, D/L 2개씩 두 방향으로 펼쳐있다. 전위강하법 측정선의 길이는 변전소 경계로부터 180 m이며, 측정선을 따라 걸보기 저항을 측정하였다.

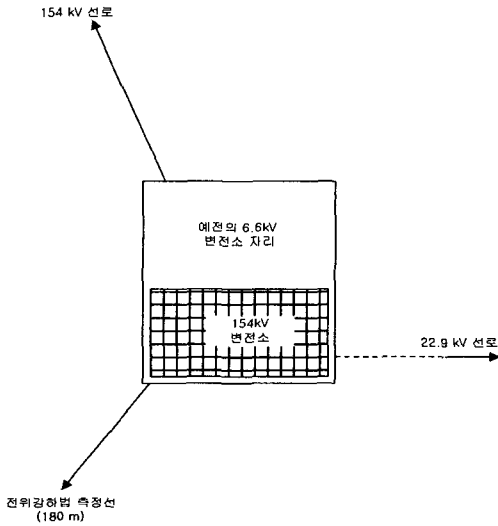


그림 2. 변전소 주변상황

그림 3은 154 kV K변전소에서 접지계통에 50 Hz의 시험전류를 주입하면서, 4개의 배전 중성선에서 50 Hz의 전류 검출결과를 보인 것이다. 시험전류는 약 4 A가 주입되었으며, 배전 중성선에서 검출된 전류는 2.4 A로, 접지계통에 주입한 시험전류를 1 이라고 했을 때 0.611이 배전 중성선으로 분류되고 있음을 보여준다. 걸보기저항 (전극위치=120m) 및 D/L중성선 전류 측정화면에 나타난 각종 데이터 값을 보여주고 있다.

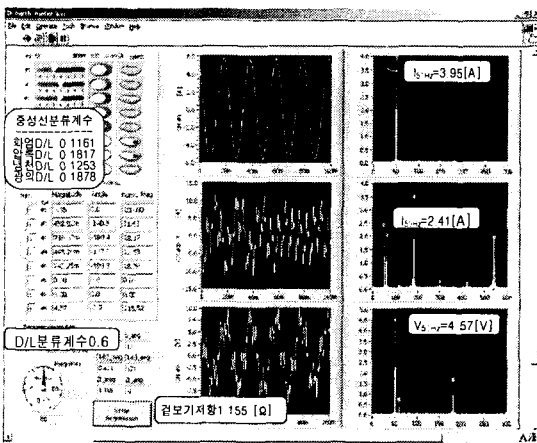


그림 3. 접지전류 측정/분석 프로그램

2.3 접지전류/전위강하법 측정결과 분석

그림 4는 수평3층 토양구조에 근거한 유한요소해석 컴퓨터 모의실험을 통해 전위강하법 측정상황을 재현하고, 이를 측정결과와 비교한 것이다.

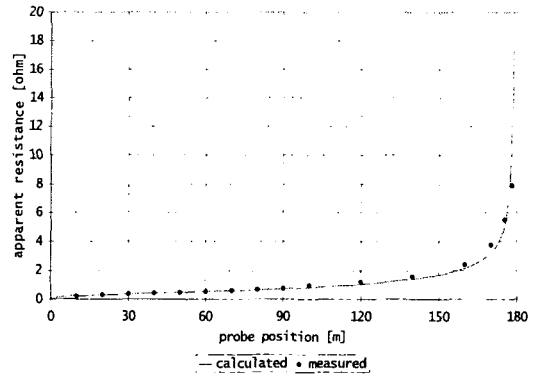


그림 4. 전위강하법 측정치와 계산치 비교

그림 5~7은 접지망 근처에서 전위강하법 측정치를 확대한 그림이며, 접지망 분류계수를 달리 가정했을 때의 계산치와 실측치를 비교한 것이다. 접지망 분류계수의 실측치를 가정했을 때의 계산치와 실측치가 잘 일치하고 있으므로, 분류계수 실측치가 신뢰성이 높다는 것을 알 수 있다. 이처럼 변전소 주변의 지표면 전위상승, 즉 전위강하곡선에 등가인 컴퓨터 모델식별을 하며, 이렇게 식별된 모델은 접지저항에도 등가인 모델로 간주된다. 결론적으로 접지망 단독의 접지저항은 약 $1.4 \sim 1.6 \Omega$ 임을 알 수 있다.

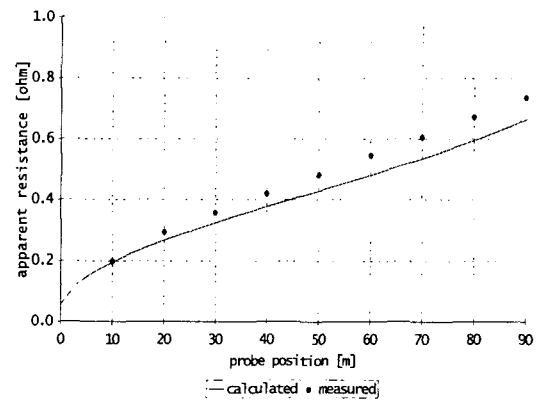


그림 5. 전위강하법 측정치와 계산치 비교 (접지망 분류계수 0.3인 경우)

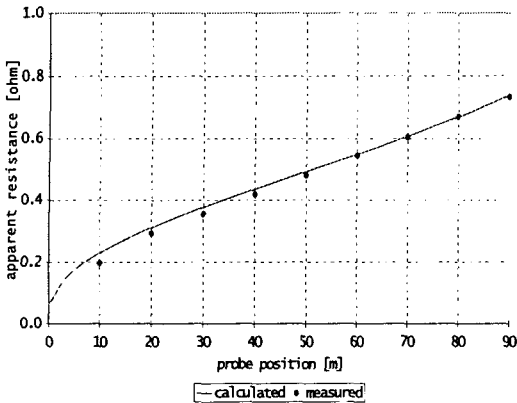


그림 6. 전위강하법 측정치와 계산치 비교 (접지망 분류계수가 실측치인 0.39인 경우)

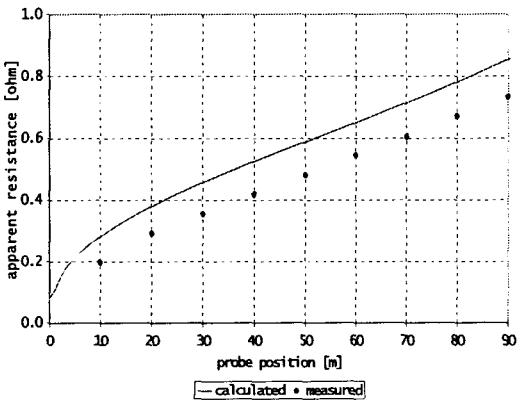


그림 6. 전위강하법 측정치와 계산치 비교 (접지망 분류계수 0.5인 경우)

3. 결 론

운전 중인 변전소 접지계통은 변전소 접지망 뿐만 아니라 배전선로 중성선 다중접지와 송전철탑 가공지선 다중접지계통이 병렬로 연결되어 대규모의 접지망 (grounding network)을 형성하기 때문에, 지금까지는 준공 후의 변전소 접지계통이나 접지망 단독의 접지저항 측정이 사실상 불가능하였다.

기존 연구[3]에서는 특정 주파수의 시험전류를 접지계통에 주입하면서 변전소 주변의 지표면전위를 분석하는 방법(지표면전위 분석법)과 변전소 각 접지계통에 분포되는 시험전류 성분을 검출하여 이를 분석하는 방법(접지전류 분류율 분석법)으로 변전소 접지망 단독의 접지저항을 측정하는 방법을 제시하였다. 그러나 지표면전위 분석법은 기존의 접지저항 측정방법과 동일하므로 측정이 간단한 반면 분석절차가 복잡하며, 접지전류 분류율 분석법은 측정결과 분석이 비교적 간단한 반면, 측정절차가 매우 복잡하다는 단점이 있었다.

본 논문에서는 상기에 기술한 기존 방식의 단점을 보완하기 위한 방법을 제시하였으며, 연구결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 접지전류 분류계수와 전위강하법의 측정을 모두 수행하여, 각각의 측정결과를 종합적으로 분석하여 접지망

단독의 접지저항을 추정할 수 있는 알고리즘을 통해 영전위점을 찾기 위하여 매우 멀리까지 측정선을 펼쳐야 하는 문제점을 해결할 수 있었다.

2. 변전소 접지계통에 50 Hz의 시험전류를 주입하면서 배전선로 중성선과 송전선로 가공지선에 흐르는 50 Hz 성분의 전류를 검출함으로써, 접지망을 통해 대지로 누설되는 접지전류 측정시스템을 구축하였으며, 기존의 측정방식에 비해 장비의 이동성, 측정결과 신뢰성을 대폭 개선시켰다.

3. LabVIEW를 이용한 접지전류 분석프로그램 및 접지저항 분석프로그램을 제공함으로써 사용자 편리성을 극대화시켰으며, 접지전류 측정에 더하여 전위강하법에 의해 변전소 주변의 지표면전위를 측정함으로써 분석결과 신뢰성을 높이는 방법을 제시하였다.

4. 현재 가압되어 운전 중인 변전소를 대상으로 한 접지전류와 전위강하법 측정 및 분석을 통해, 운전 중인 상태에서 접지망 단독의 접지저항 측정이 가능함을 보였다.

5. 현장 여건상 접지전류 측정이 곤란한 경우(ex. 송전선로 가공지선으로의 접근이 곤란하거나 위험한 경우)에는 지표면전위 분석법에 의한 접지저항 측정이 적합한 방법이며, 접지전류 측정이 용이한 경우에는 접지전류 측정과 함께 전위강하법을 수행함으로써 분석절차를 단순화하고 분석결과 신뢰성을 높일 수 있는 방법이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "운전 중인 변전소의 접지계통 진단기술 개발연구 (사후보고서)", 2003.04
- [2] 최종기, 안용호, 정길조 "접지전류 측정에 의한 다중 접지계통의 접지저항 측정", 전기학회논문지, 권, 호, 2004. 2, pp.00-00
- [3] 한국전력공사, "운전 중인 변전소의 접지계통 진단기술 개발 연구", 2002.03