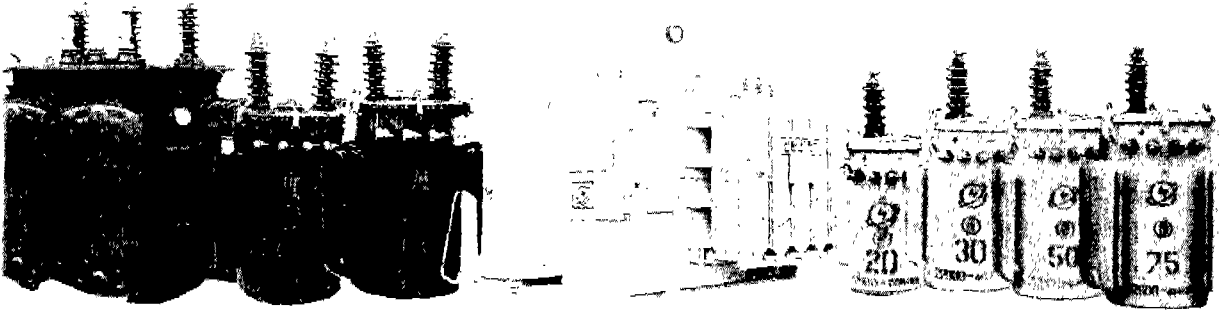


電氣設備의 故障診斷

(8)



〔接地性能診斷의 새로운 試驗裝置〕

1. 接地의 目的

接地의 目的은 물론 人體의 保安과 器機의 보호를 위한 것으로, 被接地物을 大地와 같은 電位로 유지하려는 것이다. 그러나 아무리 양호한 접지라도 接地抵抗值을 0으로 할 수는 없으며, 크거나 작거나 간에 다소의 접지저항치는 있는 것이며 여기에 電流가 흐르면 그 電壓降下를 위해 接地線의 電位는 0電位(대지의 電位)보다 상승하게 된다. 따라서 그 접지선에 定常時 또는 異常時에 어떤 성질의 電流가 어떻게 흐르는지, 즉 그 접지에서 어떤 電流가 대지에 공급되는지에 따라 필요로 하는 接地性能이 결정된다.

高電壓機器의 외함 등은 아무리 그 器機의 絶緣저항이 높아도 충전부와 케이스와의 사이에 靜電容量이 존재하고 있으며, 케이스에 접지를 하지 않으면 뜻하지 않은 高電位로 되어 버리는 경우가 있다. 計器用 變成器 등의 2차 코일간

의 靜電容量과 마찬가지로 1차, 2차 코일간의 靜電容量에 대한 결합으로 고電位로 되는 수가 있으며, 2차 코일의 일단은 반드시 접지하여 0電位를 유지시킨다. 이같은 접지선은 器機, 系統에 이상이 없을 때에는 정전용량을 통한 약간의 電流밖에 흐르지 않는데 기기 내부 또는 외부에서의 混觸時 또는 서지가 侵入했을 때에는 큰 電流가 흐르며, 그 電流를 안전하게 大地로 흐르게 하는 동시에 그 때에도 접지선의 電位上昇이 안전한 값 이하여야 된다.

抵抗 또는 페터젠 코일 등에 의하여 中性點이 접지된 계통에서도 그 送電系統에 지락이 생겼을 때 접지선을 통하여 대지에서 고장점을 향하여 소정의 電流를 안전하게 공급해야 된다.

避雷器의 접지는 雷 서지, 또는 開閉 서지 등에 의한 충격電流가 흘러 이것을 안전하게 통과시키는 동시에 電位上昇을 所期值 이하로 억제하는 성능을 구비해야 된다.

雷電流 등과 같이 급격한 상승 특성을 가진 電流가 통과했을 때에는 進行波로서 그 接地體를 지나가며 적어도 그 접지체를 1~2회 왕복하기까지의 시간은(大地 속의 진행속도는 공기속인

때의 몇분의 1 정도인 때가 많다) 定常値와 다른 값을 나타내므로 이 과도적인 전류의 저지작용을 서지 임피던스라고 하며, 충격전류가 흐르기 시작했을 때로부터 시간이 경과됨에 따라 그 값이 변화하여 최후에는 定常値인 통상적으로 말하는 접지저항치에 도달하는 것이다. 따라서 송전선 철탑의 접지, 피뢰기, 피뢰침 등과 같이 雷電流를 통과시키는 목적 또는 가능성이 있는 접지에 대해서는 定常値는 물론 過渡値인 서지 임피던스의 抵下도 도모해야 된다.

2. 接地의 構造

埋設하는 접지체는 일반적으로 銅, 鐵 등의 금속체 외에 화학적인 안정성 때문에 탄소, 흑연 등의 재료가 많이 사용되고 있다. 또한 때로는 건축물의 기초인 콘크리트가 接地體가 되는 수도 있다. 형상으로는 棒狀, 管狀, 平板狀의 것이 많다. 또한 여기에 몇 개의 돌기를 붙여 雷電流 등의 큰 전류가 통과했을 때 突起尖端에서 흑 속에 불꽃 방전을 발생시켜 외관상의 表面積을 증대시켜서 대전류 통과시의 접지저항치를 抵減시키는 것도 있다.

접지선에 큰 전류가 통과했을 때 埋設地點에서는 전류가 집중되어 전류밀도가 높고 地表面에서의 電位傾度도 높아져 이것을 경감시키지 않으면 인체에 대하여 위험할 뿐만 아니라 옆의 器機와의 케이스 사이에도 電位差가 생겨 뜻하지 않은 재해를 초래하는 수가 있다. 發電電所 구내, 서지 電壓에 대하여 특히 약한 반도체 등을 가지고 있는 無線中繼所, 컴퓨터를 수용하고 있는 건물, 골프場 등의 피난처 등에서는 이 地表面에서의 電位傾度를 저감시키며 또한 雷電流 등과 같이 波頭의 急峻한 전류가 통과했을 때에도 전위 상승을 낮게 하기 위해 서지 임피던스를 저하시키기 위해 裸導體를 세로, 가로 평행으로 몇 線을 나열한 格子形狀으로 접속한 메슈 접지가 많이 설치되어 있다.

送電線의 철탑에서도 마찬가지로 鐵塔脚部에

서 放射狀으로 20~60m 정도의 裸線을 몇 線 매설한 매설지선이 많이 채용되고 있다.

기타 접지봉의 작업을 간단하게 한 구조, 또는 깊이 박을 때 차례로 접지봉이 연결되면서 박히는 구조 등 몇가지의 방법을 채택한 것을 출현하고 있다.

접지저항치를 所定値까지 저감시키기 위해서는 深打接地, 다수의 접지체를 분산하여 박고 이것을 병렬로 접속하는 集合形의 접지, 베슈形의 접지, 또는 접지모선이라고도 할 수 있는 것으로 몇개의 접지를 굵은 裸線으로 접속하여 그 접지모선에서 각각의 기기의 접지를 하는 接地系도 있다. 또한 베슈 접지의 경우라도 그 요소마다 접지봉을 박고 여기에 접속한 것, 구내의 外周를 둘러싸듯이 裸線을 매설하여 그 몇개 장소에 접지봉을 박고 여기에 접속한 형식의 것 등 여러가지가 혼합된 구조의 接地體系가 있다.

所期의 접지저항치를 얻기가 곤란한 경우, 또는 접지공비의 저감을 기하기 위해 각종의 접지 저항 저감제가 있다.

3. 接地抵抗(定常値)의 測定法

옛날부터 접지저항의 측정에는 코울라우슈 브리지가 많이 사용되고 있었다. 이것은 補助接地 2極을 설치하여 각각 상호간의 접지저항을 측정하고 이것은 그때의 兩接地極의 접지저항치의 습이라는 관점에서 3개의 접지의 구성을 바꾸어 세번 측정하여 계산에 의하여 被測定接地의 저항치를 산출하는 것이다. 이 방법은 세번의 측정회수가 필요할 뿐만 아니라 보조접지도 피 측정접지에 가까운 값, 또는 낮은 값이 아니면 誤差가 커지는 결점이 있었다.

그 후 보조접지저항치가 다소 높아도 큰 測定誤差가 생기지 않는 방법, 필요로 하는 측정작을 2회 또는 1회로 되는 위헬트法, 켄브리지 會社 避雷針 브리지, 크리스텐젠法, 카인法 등 여러가지 측정기가 출현했는데 현재로는 주로

電位差計法, AC 定電流法에 의한 것이 사용되고 있다.

이밖에 피측정접지와 보조접지와 사이에 AC 電源에 의한 電流를 흘려 그 때의 電流値와 補助極을 그 중간 또는 반대방향인 0 電位點에 박고 피측정접지와 사이의 전압을 측정하여 산출하는 電流電壓計法 등이 있다. 이 때 低壓電源의 1線은 제 2종접지가 되어 있으므로 이것을 보조접지로 활용하는 것도 가능한데, 그 電源에 누전 브레이크 등이 있을 때에는 그 動作電流 이하의 전류로 적게 해야 되며 保安上 충분히 주의해야 된다. 일반적으로 보조접지를 박고 측정하는 것이 무난하다. 그러나 電源에는 제 2종접지가 되어 있으므로 절연을 위해 트랜스를 통하여 전류를 공급해야 된다.

接地에 의한 저항은 다음과 같은 부분으로 구성되어 있다.

- (i) 接地體까지의 導線에 의한 저항
- (ii) 접지체와 토양과의 사이의 접지저항
- (iii) 地中에서의 電流通路의 토양의 저항

접지체까지의 導線에 의한 抵抗分은 충격전류에 의한 과도치인 서지 임피던스 특성을 고려하지 않은 定常値(商用 주파수 정도의 낮은 주파수)인 때에는 작은 값이므로 일반적으로 무시할 수가 있고 접지저항치는 주로 接地體와 토양과의 접촉저항 및 전류통로에서의 토양의 전기저항에 따라 결정된다.

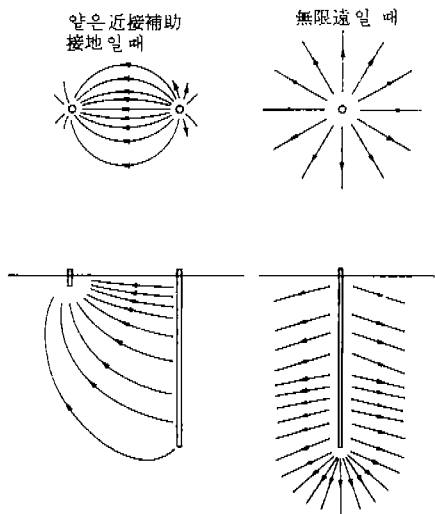
따라서 접지체의 형상, 표면적, 배설깊이, 토양이 전기적 성질 등으로 결정된다. 이것은 金屬抵抗體가 아니므로 흐르는 電流의 크기에 대하여 非直線性 抵抗體이며 특히 큰 電流를 흐르게 했을 때에는 局部的인 發熱, 불꽃방전 등도 발생하여 흐르는 전류의 크기, 波形, 通電時間 등에 따라 크게 달라진다. 일반적으로 雷電流 등과 같은 數kV 이상의 전류가 흘렀을 때에는 小電流인 때에 60~90% 정도, 상황에 따라 더욱 낮아질 수도 있다.

이 大電流에 의한 저항치 저감작용은 일반적으로 높은 접지저항의 경우일수록 현저하게 작

용한다. 따라서 전류, 전압제법에 의하여 측정할 때 數~數10A의 비교적 큰 전류를 흐르게 하고 측정한 경우와 일반적으로 사용되고 있는 數~數10A의 전류를 흐르게 하고 측정하는 접지저항계에 의한 測定値는 대폭적으로 다른 경우가 많으며 이것은 측정기의 오차, 또는 측정의 오차가 아니다. 또한 地中の 濕度 등도 항상 일정하지는 않고 부단히 변동하며, 접지저항치도 일정불변은 아니다. 따라서 접지저항 측정치 자체도 10%나 20% 정도의 차이를 너무 근시안적으로 문제시할 필요는 없다. 측정시에도 地形, 水道管 등의 地下工作物의 상황이라든지 보조접지극이나 電流가 흐르는 방향, 보조접지의 위치 등에 따라 다소 다른 값을 나타내는 것은 당연하다.

또한 토양은 균일한 것이 아니고 깊이에 따라 다른 土質에 의하여 層을 이루고 있으며 深打接地의 경우, 도중에 자갈층 등의 고유저항이 큰 층이 있을 때 보조접지극이 피측정접지체와 가까운 때에는 電流分布가 크게 변하며 다른 數値를 나타낸다. 이와 같은 때에는 보조접지극도 측정하려는 接地體와 같은 정도의 깊이로 박아야만 가까운 수치를 얻을 수 있는데 일반적으로 이와 같은 것은 불가능하다. 보조접지극은 그 접지체의 배설 깊이의 3~5배 정도 멀어지게 하는 것이 좋다. 매슈 接地, 埋設地線이 있는 경우에도 접지체의 치수에 비하여 3~5배의 거리를 두어야 한다. 그림 1은 보조접지의 상황에서 電流分布가 변하는 상태를 표시한 것인데, 실제의 경우에는 토질이 균일하지 않고 때로는 그 전류의 통로에 바위 등과 같은 전류가 통과하기 어려운 물체가 있을 때 또한 그 반대로 金屬埋設物이 있을 때 등에는 상태가 달라진다. 보조접지극이 멀수록 이같은 영향은 적어진다.

補助接地極의 깊이, 거리 등을 말로 하기는 간단하지만 山岳地帶에서의 송전선철탑, 무선중계소 등의 접지, 반대로 시가지에서의 측정 등의 경우 소망하는 장소를 얻을 수가 없는 때가 많다. 보조접지극이 얇은 때 가까운 경우에는



〈그림 1〉 接地極에서의 電流分布

일반적으로 측정치는 높게 나타나는 경우가 많고 安全 사이드라는 점에서 목인되고 있다. 따라서 補助接地의 깊이, 거리, 방향 및 測定電流의 대소 등의 차이에 의하여 그 安全率이 당연히 달라지며 따라서 측정방법에 따라 측정치가 다르고 金屬抵抗體의 저항측정과 같이 엄밀한 측정치라는 것은 의미가 없다.

接地抵抗 測定時 중요한 것은 그 접지가 유사시에 소기의 역할을 수행하기 위해 어떤 크기, 주파수, 波形的 電流가 어떻게 地中에 擴散되고 流出되어 가는지를 상정하여 가급적이면 거기에 조금이라도 가까운 상태를 조성하여 측정하도록 한다.

다음에 가장 극단적인 예를 들어 설명하기로 한다. 岩石으로 구성된 山岳地帶의 山頂 부근에 있는 無線中繼所 등에서는 산의 중심은 굳은 岩石으로 되어 있고, 그 地表面은 넓게 토양으로 덮여 있고 그 주위에는 岩石이 노출되고 있어 흙이 덮인 것도 전체적인 것이 아니었다. 통상 평지의 관념에서 보조접지를 박고 측정했을 때 토양부분에서의 被測定接地와 補助測定接地 상호간에 의한 전류, 전압분포에 따른 그 흙 부분에서의 兩接地에 의한 상대적인 측정치를 얻을 수

있다. 이것은 마치 빌딩의 옥상에 고유저항이 비교적 낮은 흙으로 상자정원을 만들어 그 속에 접지, 보조접지를 박고 상호간의 상대적인 값을 측정한 것과 같은 것으로 실제의 경우에는 일부는 地表面에 따라 전류가 흐르는데 나머지는 바위를 뚫고 나가 非接地式的 送配電線에서는 선로의 全域에 걸쳐 그 對地容량을 지나 전원으로 돌아간다. 따라서 이상적인 것은 보조접지점의 거리는 그 산의 크기에 필적하는 스케일의 측정이 필요하다. 中性點 接地式 송전선에서는 당연히 그 중성점을 향하여 流出된다. 비접지식, 접지식을 불문하고 그랜드와이어를 가지고 있는 철탑에 商用 주파수에 의한 플래시오버 또는 접촉사고가 발생했을 때 대부분의 電流는 그랜드와이어를 통과한다.

低壓回路에서는 그 선로의 送電端인 주상변압기의 제 2종접지로 돌아가는 경로를 밝게 된다. 無負荷인 때 등 또는 정전하고 측정할 때에는 저압선의 접지측의 線을 보조접지선으로 이용하는 것도 합리적인 방법이라 하겠다. 停電시키고 있는 送電線의 경우 그 鐵塔 또는 鐵構의 架空地線을 벗겨 이 가공지선을 보조접지선으로 이용하는 것도 재미있는 방법이라 하겠다.

岩山에서의 接地特性을 측정할 경우 雷電流를 대상으로 하는 서지 임피던스를 측정할 때 雷電流는 그 접지선에 도달한 후 어떻게 人地로 흘러가는지를 알아본다. 雷는 높은 곳에서 떨어지는 것이므로 관념적으로는 地中에 깊이 박히듯이 流入되는 것으로 생각하기 쉽다. 雷雲이 발생하고 또는 접근해 오면 地表面에는 이와는 反對極性的의 電荷가 誘導되어 축적되고 있다. 이같은 상태인 때 對地放電이 발생하여 뇌운에서 낙하한 전하는 지표에 유도된 전하를 중화하도록 이동하게 되는데 雷電流의 注力은 地表를 흐르는 것으로 믿고 있다. 따라서 山의 深部の 電氣傳導度의 대소는 크게 영향을 미치지 않으며 상자정원상태 측정도 지장이 없을 것으로 생각된다.

接地抵抗 測定時 주의해야 되는 점의 하나로써 통상의 접지저항 측정기에는 10여개 정도의

전용 보조접지극용 리드線이 부속되어 있는데 앞에서 해설한 바와 같이 이 보조접지점이 메슈 接地體, 埋設地線의 매설범위내에서 선정될 때에는 실제의 값보다 훨씬 작은 값이 되는 수가 있으므로 충분히 긴 리드線으로 교체하여 측정해야 된다.

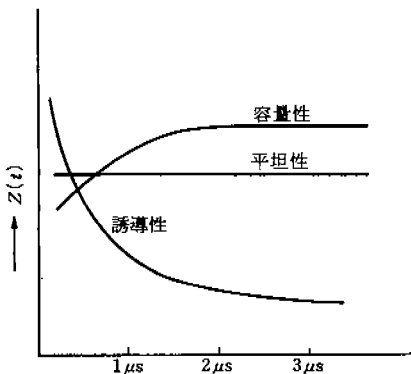
4. 接地의 서지 임피던스

앞에서 설명한 접지저항 측정법은 여기에 商用 주파수, 또는 可聽 주파수 이하의 낮은 주파수의 전류가 흘렀을 때에 나타내는 접지저항치인데, 雷電流 또는 가스 또는 진공차단기에 의한 급속한 차단, 투입이 되었을 때의 서지 전류가 흐를 경우에는 接地體, 리드線 등에 직렬로 분포된 誘導性 인덕턴스, 병렬로 분포된 容量性 인덕턴스의 작용에 따라 定常值와는 다른 電流 阻止作用이 있으며, 이것은 시간과 더불어 변화하여 통상 數 $\sim 10\mu s$ 에서 定常值인 商用 주파수에서의 접지저항치로 안정된다. 이 접지체의 急峻波에 대한 過渡抵抗值를 그 接地體의 서지 임피던스라고 한다.

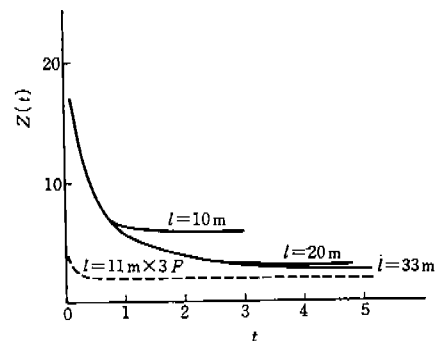
接地體의 서지 임피던스는 그림 2와 같이 初期值는 크며 시간이 경과됨에 따라 저감되어 가고 定常值에 도달하는 경향을 가진 誘導性의 접지와 초기치, 定常值가 모두 큰 변화가 없는 平坦性의 접지와 초기치는 오히려 낮고 시간이 경과함에 따라 높아져 定常值가 되는 容量性의 접지로 분류할 수가 있다. 실제로는 접지체의 終端 또는 地層의 변화 등에 의한 進行波의 반대형상에 의하여 다소의 振動成分이 混入된다.

誘導性의 서지 임피던스는 深打接地의 경우 접지체까지의 리드線이 긴 경우 등이며 일반적으로 定常接地抵抗值가 낮은 경우에 발생하기 쉽다. 平坦性의 서지 임피던스는 짧은 접지체인 경우 또는 $20\sim 50\Omega$ 정도의 中 정도의 접지체, 埋設地線인 때에는 1線에 대하여 50Ω 정도이며 따라서 4線인 때에는 10Ω 정도인 때, 平坦性에 가까운 경우가 많다. 定常 接지저항치가 비교적 높은 때, 또는 메슈 접지, 매설지선 등에 의하여 靜電容의 작용을 충분히 활용했을 때에는 定常值가 낮아도 容量性 또는 平坦性으로 할 수가 있다.

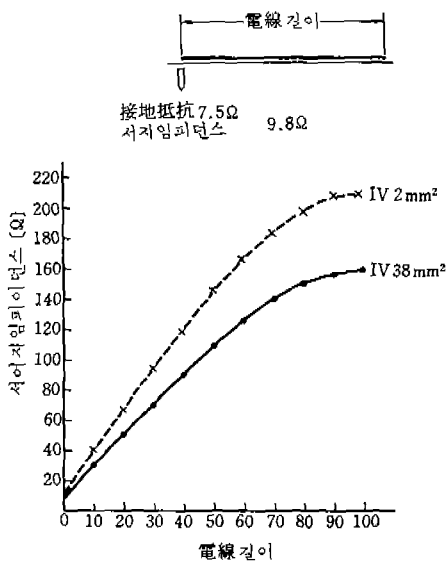
그림 3은 파이프形의 접지체를 점차 깊이 박았을 때 그 깊이별 서지 특성을 패러미터로 한 것이며 그림에서와 같이 아무리 깊이 박아도 정상치는 저하되어 가는데 서지 임피던스의 初期值의 저하는 바랄 수가 없다. 같은 30m의 접지봉을 사용한다면 이것을 몇 등분으로 절단하여 알게 분산시켜 박는 것이 서지 임피던스의 저하를 도모할 수가 있다. 그림의 點線은 實測한 것은 아닌데 3등분했다고 가정했을 때의 특성을 든 것이다.



〈그림 2〉 接地의 서지 임피던스 特性의 분류



〈그림 3〉 파이프의 깊이와 서지 임피던스



〈그림 4〉 電線 길이에 따른 서지 임피던스의 測定結果

그림 4는 平坦性의 접지저항에서 리드선을 지상으로 끌고 그 끝에서 實效 서지 임피던스를 측정 한 것으로 리드선은 길면 200Ω 정도가 된다. 이 리드선을 架空線으로 했을 때에는 약 400Ω, 裸線으로 하여 地中에 埋設했을 때는 약 50Ω이 된다. 그림과 같이 아무리 良好한 接地체가 있어도 보호하는 기기까지의 거리가 길면 그 리드선에 의하여 實效 서지 임피던스는 믿을 수 없을 만큼 높은 값이 된다. 이것을 반대로 측정할 때 주의해야 될 사항을 시사하는 것으로 낮은 서지 임피던스의 接地가 있어도 이것을 측정하는 리드선이 길거나, 코일狀으로 되거나 하면 서지 임피던스는 높은 값으로 誤測이 되는 것이다.

따라서 먼 거리에 있는 낮은 접지체에 의존하고 있는 連接接地 등은 급준한 波形的 서지전류에 대해서는 소기의 목적을 달성할 수가 없다. 또한 고려해야 되는 것은 進行波의 傳搬速度는 空氣中에서는 300m/μs인데 地中에서는 空中인 때의 1/(3~5)로 매우 지연되므로 遠方의 접지체의 효력이 발생하기까지는 예상보다 많은 시간이 소요된다.

5. 서지 임피던스의 測定法

앞에서 서지 임피던스의 개요에 대해서 설명을 했는데, 이 測定法으로서의 일반적으로 피측정점지와 전류용 보조접지극과의 사이에 충격전류 또는 가능한 한 빨리 상승하는 方形波 전류를 흐르게 하여 그 전류용 보조접지와는 반대방향으로 0 電位用 보조접지를 막고 싱크로스코프에 의하여 注入電流와 被測定接地의 전위의 상승을 관측하여 서지 특성을 측정하는 것이다.

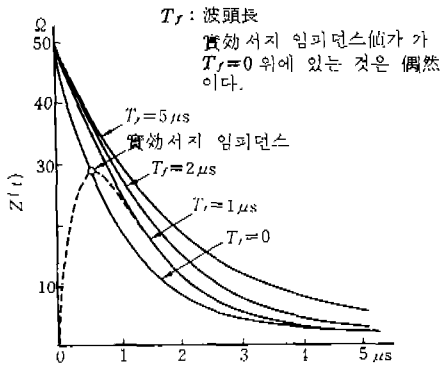
(1) 方形波 電流에 의하여 測定하는 방법

가장 기본적인 측정법으로서 가능한 한 빠른 상승속도를 가지고 10여 μs 정도까지는 실용상 감쇠되지 않는 方形波電流를 피측정점지선에 주입한다. 서지 임피던스는 일반적으로 시간경과와 더불어 변화하는 것으로 이것이 변동해도 통과하는 전류를 일정하게 하기 위해 충격전압 발생기에서 負荷의 서지 임피던스보다 훨씬 큰 直列抵抗을 경우하여 大地에 전류를 注入한다. 이때 관측하여 얻은 電壓波形成은 서지 임피던스의 변화와 상사형이며 $Z=V(t)/I$ 로서 그 接地體의 서지 임피던스 특성을 구할 수 있다.

(2) 임의의 波形的 衝擊電流를 흘려 測定하는 방법

(1)의 방법과 마찬가지로 被測定接地에 波頭 길이 1~數μs, 波尾 길이 數10μs, 또는 20μs 정도까지는 실용상 감쇠되지 않는 충격 전류를 피측정점지선에 注入하여 피측정점지선의 電位의 상승과 주입전류과형을 관측하여 각 시간마다 전압과 전류의 比를 계산하여 서지 임피던스 특성을 측정하는 것이다.

그림 5는 (1)의 방법에 의하여 측정한 곡선과 임의의 波形에 의하여 측정한 특성과의 차이를 표시한 것으로 任意波形에서 측정한 것은 실제의 서지 임피던스의 곡선에서 定常值에 도달하는 시간이 지연되게 된다. 이 지연은 波頭길이 가 변하면 다른 곡선을 그리게 되므로 측정시



〈그림 5〉 波頭길이의 차이에 의한 서지 임피던스 測定値의 차이

충분히 주의해야 된다. 그 시간에 실제로 통과한 電流值로 그때의 전압치를 나누는 것이므로 波頭 길이가 다소 변화해도 지장이 없다고 생각하는 것은 잘못이며 서지 임피던스가 시간에 따라 변화하지 않을 때에만 앞의 사고방식이 성립되는 것인데 전류가 주입된 후의 시간에 따라서 서지 임피던스가 변하는 일반적인 接地인 경우에는 그와 같은 단순한 사고방식은 성립되지 않는다는 것에 주의해야 된다.

6. 實效 서지 임피던스

서지 임피던스 특성은 시간의 함수가 되며 그 변화의 상태도 각각의 接地에 특유한 것으로 한 마디로 그 接地의 특성 또는 良否를 표시할 수가 없다. 誘導性的의 경우의 예를 보면 雷 서지 電流波形도 상승하는데 시간을 요하며 $t=0$ 인 때에는 전류도 0이다. 따라서 서지 임피던스의 初期値는 아무리 높아도 해롭지가 않다. 전류는 증가함에 따라 반대로 서지 임피던스는 저하의 경향이 있고 그 兩者의 변화의 상태의 상위가 중요하다. 즉 전류가 증가하는 비율보다 더 빨리 서지 임피던스가 저하되는 接地인 때에는 電位上昇은 별로 큰 波高値가 되지는 않는다.

중대에는 흔히 $1\mu s$ 인 시점의 값, 또는 $1.5\mu s$, $2\mu s$ 로 특정한 시점을 정하여 호칭하는 경향이 있었다. 그것은 $1\mu s$ 보다 짧은 시점에서 는 器機, 碍子 등에 임펄스 전압을 가했을 때 플래시오버, 절연과파가 지연된다는 것 및 규정에서 정하고 있는 雷電流의 標準波形은 $4 \times 10\mu s$ 가 안전하다고 보고 $2\mu s$ 정도로 생각한 것 등으로 그보다 빠른 시간의 영역에서는 서지 임피던스는 다소 높아도 實用上 지장이 없다고 생각되었기 때문이다.

그러나 최근 雷電流의 실험에서 中정도 이상의 雷에서는 波頭길이 $1\mu s$ 전후의 것이 많다. 또한 애자 등이 플래시오버되는 $V-t$ 곡선도 충격전압 발생기에서 인가하여 측정된 것이다. 실제 雷의 대부분은 主放電에 앞서 스텝 리더가 정지, 진행을 반복하면서 약간씩 강하되어 가는 것으로 이로 인하여 主放電 발생 전보다 강한 電界에 노출되어 각 곳에서 코로나 放電이 발생하고 있다. 스텝리더의 평균 진행속도는 光速의 $1/2,000$ 정도로 극히 지연되며 따라서 비교적 長時間이 상태가 계속되고 있다. 이같은 상황에서 主放電이 개시되므로 일반적으로 생각되고 있는 단순한 충격전압 발생기에 의하여 實測한 放電의 지연 특성과는 현저하게 차이가 있다.

따라서 특정의 시간, 가령 단지 $2\mu s$ 의 값의 대소로 接地를 평가해도 의미는 적으며 그 전후의 변화의 상태도 중요한 因子가 되는 것이다.

雷電流의 波頭길이를 우선 $1\mu s$ 로 정하고 그 波形의 전류가 접지선에 流入되었을 때 여기서 발생하는 전압의 波高値를 계측하여 전류의 波高値로 나눈 것을 實效 서지 임피던스로 呼稱하기로 한다.

實效 서지 임피던스를 다른 표현으로 설명하면 波頭길이 $1\mu s$ 인 雷電流(I)가 實效 서지 임피던스(Z)에 흘렸을 때 생기는 전압의 波高値(V)는

$$V = I \times Z$$

와 같이 접지체의 良否를 한마디로 호칭하여 평가할 수가 있다.

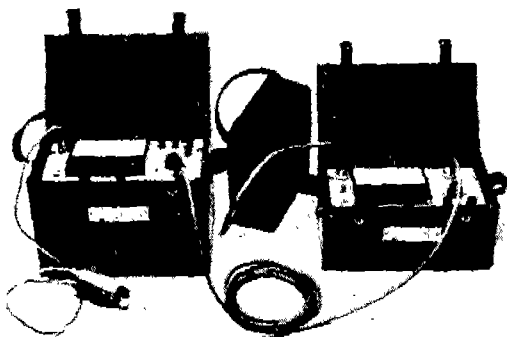
7. 서지 임피던스計

앞에서 설명한 바와 같이 서지 임피던스를 측정하려면 임펄스 제너레이터, 싱크로스코프 등의 복잡한 장치를 필요로 할 뿐만 아니라 마이크로 세컨드오더의 過渡現象의 관측이므로 고급기술을 필요로 한다. 또한 그 장치를 작동시키기 위해 휴대용 발전기가 필요하며 서지 임피던스가測定할 수 있는 것을 發電電所 구내, 또는 그 가까이의 鐵塔과 같이 장치의 運搬이 가능한 장소로 한정되어 버려 절실하게 필요로 하는 山間部의 雷害가 多發하는 지점에서의 측정은 일반적으로 곤란하다.

오토와製 OIT-12形 서지 임피던스計는 발생부, 부속품부로 구성되어 있으며 어깨걸이식의 輕量의 것으로 벽지에서의 측정도 2~3명의 소수인원수로 용이하게 측정할 수 있게 되어 있는 것이다.

(1) 發生部

被測定接地에 펄스 전류를 흐르게 하기 위한 콘버터와 표준저항 및 측정선을 전환하는 스위치를 갖춘 것이다. 외부에 부착한 乾電池(UM-1, 8개)에 의하여 DC-DC 콘버터로 2~약 10kV (표준사용 전압은 5kV)로 充電된 콘덴서의 전하를 直列高抵抗 및 C인 보조접지를 경유하여 피측정접지, 표준저항인 직렬회로에



〈그림 6〉 서지 임피던스計의 外觀寫眞

실용상의 方形波電流를 흐르게 한다.

(2) 測定部

일종의 波高電壓計로 1~10Ω, 5~50Ω, 25~250Ω의 3레인지로 전환하여 實效 서지 임피던스值를 기억하여 計器에 畵數를 직접 지시하도록 구성되어 있는 것이다.

(3) 附屬品部

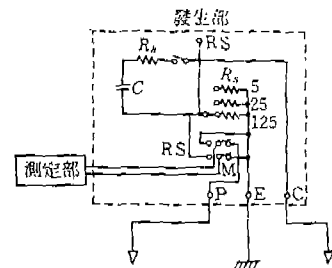
發生部 電源用 乾電池函, 測定部 電源用 乾電池函, 보조접지용 어스棒 2개, 보조접지용 리드線 2조, 연결 코드類 1식을 수납한 가방 또는 배낭이다.

〔原理 및 操作法の 개요〕

이 기기는 (1)의 방법의 原理에 의거하여 만들어진 것으로 약 1.25A의 方形波電流를 피측정물에 흐르게 하여 그때에 발생하는 전압 강하를 측정하는 것인데, 측정부에는 商用 周波數分을 제거하는 동시에 實效 서지 임피던스를 직접 판독할 수 있도록 면밀하게 조정된 필터가 삽입되어 있다.

그림 7은 접지선의 서지 임피던스를 측정할 경우의 接續圖를 든 것이다. 標準接抗 R_s 는 미리 측정 렌지의 1/2(측정 렌지 10Ω인 때에는 25Ω, 250Ω인 때에는 125Ω)의 값에 세트해 준다.

DC-DC 콘버터에 의하여 5kV로 충전된 콘덴서 C에서 高抵抗 R_n 을 경유하여



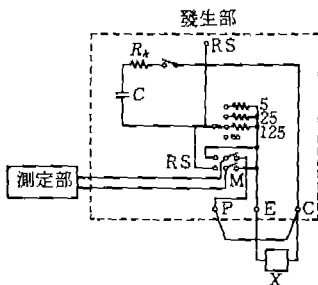
〈그림 7〉 接地 서지 임피던스의 測定

C補助接地 - 被測定接地 - 標準抵抗

인 직렬회로에 실용상의 方形波 펄스 전류를 흐르게 한다. 측정부는 미리 RS측으로 놓힌 전환 스위치에 의하여 표준저항의 兩端에 연결되고 있으며 그때 발생하는 단자전압의 波高値를 기억하여 計器에 지시를 부여한다. 측정부에 있는 感度調整器를 조절하여 여기 접속되어 있는 표준저항치 (1/2 스케일)를 가리키도록 고정시킨다. 다음의 전환 스위치를 M側으로 놓히면 측정부는 피측정접지와 0 電位用 보조접지 (P)와의 사이에 접속된다. 측정부는 일정한 리세트 버튼을 눌러 앞의 기억을 해제한 후 발생부의 조콘멘서에 다시 먼저번과 같은 전압으로 충전하여 펄스 전류를 흐르게 하면 測定部의 計器는 實效 서지 임피던스의 값을 직접 지시하는 것이다.

그림 8은 접지 이외의 서지 임피던스를 측정하는 경우의 接續圖이다. 그림 8과 같이 「C와 E」 단자 간에 피측정물을 접속하여 「P와 E」 단자를 부속 플러그으로 접속한 후 前記 접지의 서지 임피던스 측정의 경우와 같은 순서로 측정한다.

同軸 케이블의 특성 임피던스를 측정할 때에는 케이블의 終端을 단락시키고 측정한다. 이 경우에 케이블의 길이 100m 정도보다 짧은 때에는 앞에서 설명한 바와 같이 이 기기는 서지 임피던스의 初期値를 측정하는 것이 아니고 상승 속도 1μs인 충격전류가 흘렀을 때 나타내는 實效 서지 임피던스를 측정하는 것이므로 길이가



(그림 8) 일반 測定物의 서지 임피던스 測定

짧을수록 定常值인 0옴(케이블의 직류저항치를 무시하고)에 도달하는 시간이 빨라지며 전류가 波高値가 되기까지 서지 임피던스가 감소되어 작은 값이 된다.

送配電線 등의 선로의 서지 임피던스를 측정할 경우에는 접지선 측정의 경우와 마찬가지로 結線하여 E 端子에 피측정선로를 접속하여 그 선로의 終端을 접지하여 측정한다. 단, 이 선로 종단의 接地抵抗値는 그 선로의 서지 임피던스 값보다 낮은 값이라야 된다. 이 기기의 측정 레인지는 최고 250Ω이며 선로의 서지 임피던스는 그 2배에 가깝기 때문에 발생부의 전환 스위치 M측으로 놓혀 이 측정을 할 때에 RS側에서 標準抵抗測定의 경우의 충전전압의 1/2 또는 1/3로 하여 펄스를 흐르게 하며 최대눈금이 2배, 3배로 되어 측정할 수가 있다.

8. 기 타

(1) 鐵塔의 接地와 그랜드 와이어

送電線 鐵塔塔脚의 접지저항 측정시 傾斜地인 경우와 같이 그랜드 와이어에 張力이 加해져 있는 장소에서는 이것을 제거하기가 곤란하므로 참고적으로 그랜드 와이어를 그대로 측정하는 수가 있다.

그랜드 와이어에는 그 送電線의 全鐵塔의 접지가 병렬로 되어 있으며 合成抵抗은 매우 낮은 값이며 어느 철탑의 위치에서 측정해도 거의 같은 값이라야 된다.

그러나 실제로 測定해 보면 數Ω이라는 有限의 값이며 또한 각 철탑에서 각각 다른 값이 얻어진다. 또한 그 중에는 의외로 높은 값을 나타내는 수가 있다. 더구나 옆의 철탑에서 數Ω이 되는 수도 있으며 전혀 이해하기가 어려운 경우가 있다.

接地抵抗測定器의 모든 종류에 걸쳐 조사한 것은 아닌데 電位差計方式의 일종인 L-PI형에 대하여 조사해 보았다. 이같은 종류의 접지저항측

정기는 成極作用에 의한 오차를 방지하기 위해, 또한 地中에 많이 흐를 가능성이 있는 商用주파수의 地電流의 영향을 방지하기 위해 400Hz의 方形波의 전류를 피측정접지에 흐르게 하여 측정하고 있는데 檢流計의 지침을 0으로 하는 평형을 취할 때 0 센터의 DC 미터가 사용되고 있는 것으로 미루어 볼 때 標準抵抗의 단자전압과 피측정접지의 전위를 모두 整流하여 직류로 고친 후에 비교시키고 있는 상태이다.

이때는 저항분을 측정하고 있는 것이 아니고 임피던스 값을 측정하고 있는 것이다. 시험적으로 단자, C, P를 短絡하여 이것을 E 단자와의 사이에 콘덴서를 접속하여 측정해 본 결과 數 100~1,200Hz에 상당하는 임피던스 측정치를 얻었다. 電源은 400Hz인데 正弦波가 아니기 때문에 等價周波數가 높아진 것 같다. 이것은 다른 品種의 측정기인 때에는 또 다른 작용을 할 것으로 예상된다.

그랜드 와이어의 大地를 歸路로 하는 임피던스를 2.3mH/km, 철탑의 높이도 고려에 넣은 徑間을 250m라 하면 1徑間에 대하여 0.58mH가 되며 측정시의 等價周波數를 1kHz라 하면 3.6Ω이 된다. 여기서 가령 각 철탑의 접지저항이 동일하고 R이라 하면 그림 9와 같은 等價回路가 되며 이것은 T形回路의 연속과 대체할 수가 있다. 이 그랜드 와이어의 合成 임피던스 Z₀를 계산하면 다음과 같이 된다.

$$Z_0 = \sqrt{Z_1 Z_2 \left(1 + \frac{Z_1}{4Z_2}\right)} + \frac{Z_1}{2}$$

$$\text{단, } Z_1 = jx \quad Z_2 = R$$

(2) 鐵塔接地의 서지 임피던스와 그랜드 와이어

이 문제를 정확하게 해설하는 것은 매우 복잡하므로 여기서는 그 경향만을 설명하기로 한다.

그랜드 와이어를 접속한 상태로 그 철탑의 서지 임피던스를 測定할 때에는 그랜드 와이어의 서지 임피던스가 병렬로 된다. 그랜드 와이어의 特性 임피던스(서지 임피던스의 初期值)는 약 400Ω 정도이며 方形波 서지가 여기에 加해지면

進行波로 되어 전달되어 가며 다음의 接地에 도달했을 때 正 또는 負의 反射로 일부는 원래의 상태로 돌아간다. 이 진행파의 왕복에 요하는 시간동안에는 400Ω이 병렬상태의 작용을 하고 있는데 귀환한 進行波가 도착한 때로부터 옆의 철탑의 영향이 미치기 시작한다.

(i) 誘導性이 접지인 때에는 영향이 비교적 적다.

(ii) 誘導性의 경우에 그 接地 서지 임피던스가 낮을수록 영향이 적다.

(iii) 옆의 철탑까지의 거리(철탑의 높이도 포함하여)가 길수록 영향이 적다.

(iv) 容量性의 접지인 때에는 電壓 피크 값이 낮은 시점에서 나타나므로 定常值가 높은 때 영향이 미치는 수가 있다.

어떤 경우에도 定常值에 빨리 도달하는 것에서는 영향이 적다.

그랜드 와이어를 벗기지 않아도 실제로 雷電流가 그 철탑에 유입했을 때의 특성 그 자체가 측정되는 것이므로 무리하게 그랜드 와이어를 벗기지 않아도 된다.

9. 맺음말

제목과는 거리가 먼 내용이 되어 버렸는데, 특히 역설하고 싶은 것은 반드시 接地抵抗의 측정에 한정된 것은 아닌데 아무리 고급의 측정장치를 가지고 있어도 그 사용법 등에 문제가 있을 때 또는 그 얻어진 측정치가 가진 의의 등을 충분히 검토해야 된다. 接地抵抗 그 자체는 通電電流의 성질, 地層의 불균일에 의한 보조접지의 위치, 깊이 등에서 측정치 그 자체가 변동한다. 또한 흐르는 충격전류의 波形에 의해서 서지 임피던스 값도 2배, 3배로 대폭적인 차이가 나타나므로 어떤 조건인 때의 무엇을 측정할 것인지를 충분히 검토해 두어야 한다. 이상의 이유에서 장치의 설명보다 그 測定의 意義에 重點을 두고 해설하였다.

(다음 호에 계속)