

22.9kV-Y 다중접지 배전계통 접지극의 임펄스 응답 특성 실증연구

강문호, 장상옥, 박상만, 하동혁*, 이흥호**
 한전 전력연구원, * 한국 전력공사, ** 충남대학교

A Study On the Impulse Response Behavior of Ground Rods in Power Distribution System

Moon-Ho Kang, Sang-Ok Jang, Sang-Man Park, Dong-Hyuk Ha*, Heung-Ho Lee**
 KEPRI, KEPCO*, Chungnam Univ.**

Abstract - Ground rods as the discharge path are commonly installed to ensure the safety of human beings and facilities from the surge. Accordingly, proper grounding resistance are specified by the grounding types, and the specified resistance are also required to install the lightning protective facilities. it is needed to analyze the difference between these two resistance through the field test. Therefore, in this paper, the impulse response behavior of the ground rods is analyzed by constructing the test facilities and by testing the ground rods in multi-ground power distribution systems. The impulse responses were analyzed, in transient state, by testing the concrete poles as well since the grounding wires are installed in the concrete poles.

1. 서 론

배전선로에 발생하는 서지로부터 인축 및 설비측 보호를 목적으로 피뢰기와 가공지선과 같은 내뢰설비가 설치되어 있다. 또한 이들은 유입된 서지를 대지로 방전시키기 위해 접지봉과 연결되어 있다. 접지봉은 편의상 상용주파상태에서의 접지 저항값을 사용하고 있다. 현재까지 개별 접지극에 대한 서지의 임펄스 특성에 대한 내용이 많으나 정확한 배전계통의 임펄스 특성을 확인하기 위해서는 실제 배전계통에서 고주파 서지에 의한 접지저항의 변화를 실증적으로 검토하는 것이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 실제 배전계통에서 뇌 서지 전류를 접지극에 주입하여 상용주파상태에서의 접지 저항값과 비교하기 위해 실증시험설비를 구축하고, 접지전극에 뇌 서지를 인가하여 임펄스 응답을 측정하고 분석하였다. 또한 접지도선에 유도되는 서지전압으로 인해 전주 내부의 도체로 섬락이 발생하여 일정값 이상의 뇌 서지에 대해 전주가 병렬 접지극의 기능이 있음을 이번 임펄스 응답 특성 시험결과를 통해 확인되었다.

2. 본 론

2.1 실증시험선로 구성

실제 다중접지 배전계통에서 접지전극의 과도 임펄스 특성을 측정하기 위해 배전 실증시험장에 임펄스 발생장치(ICG)와 실증시험선로를 구성하였다. ICG는 최고 4MV까지 충전할 수 있으며, 배전선로와 약 50m 이격되어 설치되어 있다. 배전선로의 전체 길이는 약 4km정도이며, 20km까지 분포정수 선로로 모의가 가능한 선로이다. 실제 배전선로와 동일하게 설계기준에 따라 상도체 ACSR-OC 160mm, 가공지선 아연도 강연선, 중성선 ACSR 95mm를 설치하고 약 200m 간격으로 중성선을 다중접지 하였다.

2.2 임펄스 응답 특성

접지극의 임펄스 응답은 상용주파전류에 의한 응답과는 상이함으로 임펄스와 관련하여 접지 저항계로 측정할 저항값을 적용할 수는 없다. 또한 실험실에 측정된 단일 접지극에 대한 임펄스 응답은 실 계통에서의 측정값과 다르다. 따라서 실증시험선로에 임펄스 전류발생장치(ICG)를 설치하여 각종 접지의 임펄스 응답을 측정할 수 있도록 설비를 구축하고 접지봉 및 전주의 임펄스 응답을 실측정하여 그 결과를 분석하였다.

2.2.1 접지봉의 임펄스 응답 특성

접지극의 저항값은 접지극을 통하여 흐르는 전류의 주파수와 접지극의 형태에 따라 다르며, 특히 봉접지의 경우는 상용주파전류에 대한 접지저항에 비해 임펄스전류에 대한 접지 저항값이 작은 것으로 알려져 있다. 실증 시험선로에 봉접지를 매설하고 임펄스 전류에 대한 접지봉의 전류와 전압을 측정하였다. 그림 1에 접지봉의 임펄스 응답을 측정하기 위한 측정회로를 나타내었다.

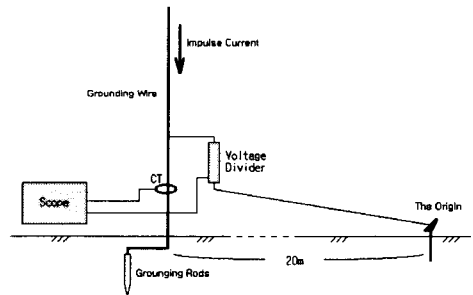


그림 1. 접지봉의 임펄스 응답 측정 회로

접지저항계에 의해 접지 저항값이 51Ω인 봉접지에 대하여 전압 및 전류 응답 결과를 그림 2에 나타내었다. 파고치 약 480A의 임펄스 전류가 접지봉에 흘러 접지봉의 전압강하를 측정된 것으로 초기에 20Ω을 넘는 저항값에서 조금씩 감소하는 경향을 보이고 있다. 이것은 상용주파 접지저항계의 측정값인 51Ω에 비해 약 40%에 해당하는 낮은 임펄스 저항값을 나타내었다.

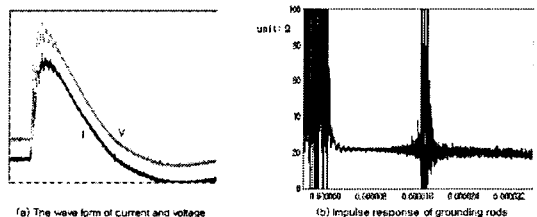


그림 2. 접지봉의 임펄스 응답 특성1

또한 동일한 위치에서 접지 저항값을 91Ω으로 변경하여 봉접지에 대한 전압 및 전류 응답 결과를 그림 3에 나타내었다. 접지봉에 주입된 임펄스 전류의 파고치를 400A정도 증가시켜 접지봉의 전압과 전류의 비를 계산한 결과 초기에 약 40Ω정도로부터 시작하여 시간이 흘러감에 따라 약간씩 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 상용주파 접지저항계의 측정값인 91Ω에 비해 약 44%에 상당하는 낮은 임펄스 저항값을 나타내었다.

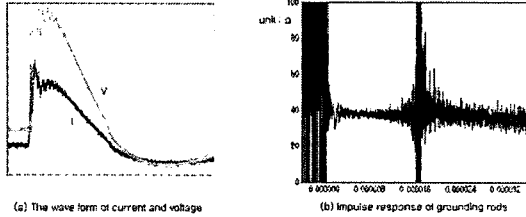


그림 3. 접지봉의 임펄스 응답 특성2

위의 시험결과에서 봉접지의 경우 임펄스 저항값이 비교적 안정된 것을 알 수 있으며, 상용주파 접지 저항값에 비해 절반정도의 작은 저항값을 나타냄을 확인하였다.

2.2.2 전주의 임펄스 응답 특성

철근 콘크리트 전주는 아래의 그림 4와 같이 콘크리트 내부에 동일한 간격으로 철근이 배치되어 있으며 전주시에 대지와 접촉함으로써 접지를 구성하게 된다. 따라서 차폐성공시와 같이 가공지선에 임펄스 전류를 주입하는 경우 대부분 완철부위나 가공지선 지지점 분위에서 섬락현상이 관찰되며 이러한 현상은 전류 주입 전주로부터 수 경간에 걸쳐 나타난다.

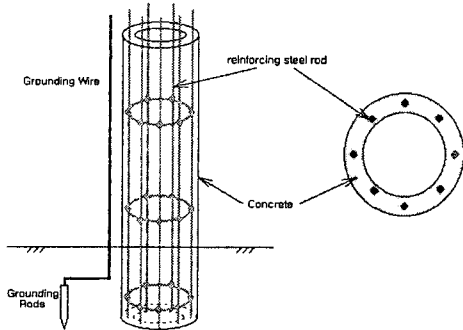


그림 4. 콘크리트 전주의 내부 구성도

1) 전주로의 섬락 메커니즘

가공지선에 임펄스 전류를 주입했을 때 전주로 전류가 분류하는 현상은 가공지선이나 완철로부터 전주로 섬락이 발생한 때문으로 다음과 같은 원인에 기인하는 것으로 판단된다. 전주 상부의 전위가 대지전위를 유지하여 이들간의 전위차도 역시 영으로 유지된다. 그러나 임펄스 전류가 가공지선에 주입되어 접지선으로 흐르게 되면, 완철의 전위는 점차 상승하고 전주 철근의 전위는 일정시간 영을 유지하게 되어 이들간의 전위차가 점점 커지게 되기 때문에 전류 주입후 어느 시점이 되면, 완철과 전주의 철근상이의 전위차가 더욱 커져 이들간에 섬락이 발생하게 되고 이때 섬락전류는 전주 내부의 철근으로 분류하게 된다. 그림 5는 콘크리트 전주의 섬락시의 섬락전압을 보여 준다.

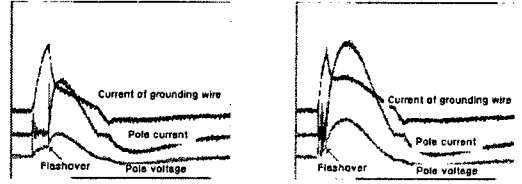


그림 5. 전주의 섬락파형

2) 섬락현상 실증시험

가공지선으로 임펄스 전류 주입시, 완철로부터 전주 내부의 철근으로 섬락이 발생하는지의 여부는 주입 임펄스 전류의 크기에 영향을 받는 것으로 추정되기 때문에 가공지선에 임펄스 전류를 주입하면서 접지선의 전류, 전주의 전류 및 전주의 전압을 측정하였다. 또한 전주 내부의 전위는 내부 철근 중의 하나에 측정용 단자를 연결하여 측정하였다. 주입전주에서는 항상 섬락이 발생하여 주입전주로부터 2경간 떨어진 전주의 전위와 전류를 측정하였다. 그림 6에 전주의 임펄스 측정을 위한 측정회로의 구성도를 나타내었다.

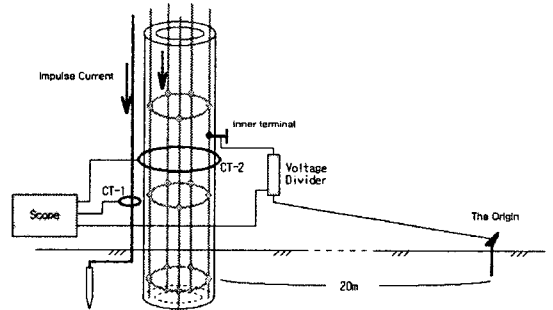


그림 6. 전주의 임펄스 측정회로

첫 번째 시험으로 78kV의 임펄스를 발생시킨 경우로 그 결과파형은 아래의 그림 7에 나타내었다. 발생된 임펄스 전류에 의해 측정대상 전주의 접지선으로 약 128A의 전류가 흐르는 경우 전주 전류의 파고치가 약 275A 정도 되었고, 전주 전위의 파고치는 약 1.1kV를 나타내었다. 이 경우의 전주의 과도저항은 파두장에서서는 약 5Ω 정도를 나타내었다. 이 값은 상용주파 접지저항이 3.5Ω 정도인 것에 비해 다소 크게 나타났다.

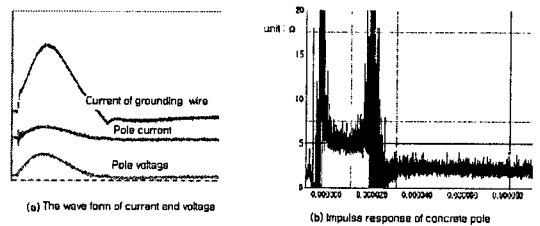


그림 7. 전주의 임펄스 응답1

두 번째 시험으로 120kV의 임펄스를 발생시킨 경우로 그 결과파형은 아래의 그림 8에 나타내었다. 전주전류의 파고치가 약 400kV정도 되었고, 전주 전위의 파고치는 약 1.5kV를 나타내었으며, 전류의 파고치 영역에서 약

3.6Ω정도를 나타내었다. 이 결과는 상용주파 저항이 3.6 Ω정도인 것과 일치하는 값이다.

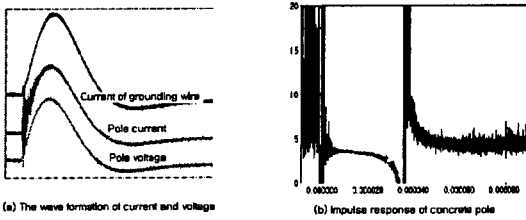


그림 8 전주의 임펄스 응답2

위의 결과에 따르면 전주에 흐르는 전류의 크기가 작은 첫 번째 경우가 전류의 크기가 큰 두 번째 시험에 비해 더 큰 과도 저항값을 나타내었을 뿐 아니라, 응답특성도 서로 다르게 나타났다. 이는 주입전류에 따라 다중 접지계통이 다르게 응답하기 때문인 것으로 추정된다.

3. 결 론

본 논문에서는 실제 다중접지 배전계통을 구성하여 접지극으로 많이 사용되고 있는 접지봉의 임펄스 응답특성을 실증시험을 통해 분석하였다. 분석결과 다중접지 배전계통에 설치된 봉접지극의 임펄스 접지 저항값이 상용주파 접지 저항값에 비해 절반정도의 작은값을 나타낸다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 접지도선에 유도되는 서지전압으로 인해 전주 내부의 철근(도체)으로 섬락이 발생함을 확인하였으며 이를 통해 뇌 서지에 대해 전주는 접지극과 더불어 병렬 접지극의 기능이 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 이 결과를 통해 배전계통의 임펄스 모델링시 저항값 선정시 전주의 저항값도 고려해야 한다는 사실을 확인하였다. 또한 접지선으로 흐르는 임펄스 전류의 크기에 따라 임펄스 저항이 상이하다는 사실도 재확인할 수 있다.

[참 고 문 헌]

[1] S. M. Park, "An establishment of distribution test facilities and actual study on the effectiveness analysis of lightning protection equipment", KEPCO, 2002.11.
 [2] A. Geri, E. Garbagnati, "Non-linear Behavior of Ground Electrodes Under Lightning Surge Currents: Computer Modelling and Comparison with Experimental Results", IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 28, No. 2, pp. 1442 - 1445, March 1992.
 [3] A. Geri, "Behavior of Grounding systems Exited by High Impulse Currents : the Model and Its Validation", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 3, pp. 1008 1017, July 1999.