가공 배전선로 중성선과 가공지선 겸용시의 임펄스 특성 연구

(The Study on the Impulse Characteristic of Secondary Arresters in Power Distribution System)

강문호* · 김동명* · 송일근* · 천성남*
(Moon-Ho Kang · Dong-Myeong Kim · Il-Keun Song · Sung-Nam Chun)

Abstract

In multi-ground distribution system, overhead ground wire and neutral wire are parallel connected to offer the electrical power energy and protect damage of lightning strokes. Therefore a case where the two wires become single wire, the power company can get the benefit such as installation cost saving and line fault protection by simplify of distribution line. In this paper we describe the result of impulse test in both system ; one is the present power system, the other is unified power system parallel connected overhead ground wire and neutral wire. As a result of this impulse test, the present power system get lower impulse voltage than the unified power system.

1. 서 론

국내 배전계통은 중성선을 다중 접지할 뿐만 아니라 직접 접지하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 배전방식의 특징은 1선 지락 사고가 발생하더라도 건전상의 전압은 거의 상승하지 않을 뿐만 아니라 아크 지락에 의한 이상전압이 발생하여도 비교적 낮은 전압을 유지하는 것이다. 이런 특징을 갖고 있는 국내 가공 배전선로의 낙뢰 보호 대책으로는 가공지선 지지대를 설치하여 가공지선을 가선하고 이 지선을 완철과 연결한 후 다시 중성선에 접속하여 200m 간격으로 대지에 접지하며, 접지저항 값은 50[Ω] 이하로 유지·관리하고 있다. 따라서 가공지선과 중성선은 전기적으로 다중 병렬회로를 구성하고 있다. 이러한 회로구성은 가공지선과 중성선의 역할이 구분되지 않으며 보는 시각에 따라서는 중성선이 중복 시설된 것으로 간주할 수 있다. 따라서 가공지선을 철거하고 그 위치에 중성선을 시설하여 중성선으로 가공지선과 중성선의 역할을 겸하도록 시설하는 것을 생각해 볼 수 있을 것이다. 본 논문에서는 현재 운용중인 다중 접지 배전선로에서 가공지선 위치에 중성선 가선을 통한 단일화 가능성을 검토하기 위해 임펄스 전류에 대한 시험선로별 특성을 실증시험을 통해 검토하였다.

2. 본 론

2.1 유도뢰 시뮬레이션

다중 접지 배전선로의 가공지선 유도뢰 차폐효과를 검토하기 위해 기 개발된 계산 알고리즘을 이용하여 분석하였다.

일반구간의 유도뢰 아래의 두 식을 이용하여 계산되었다.

$$(-\frac{\partial I}{\partial X}) = [C] \cdot \frac{\partial (V - Vi)}{\partial t}$$

$$(-\frac{\partial V}{\partial X}) = [L] \cdot \frac{\partial I}{\partial t}$$

또한, 장경간 배전선로에서 유도뢰 현상을 해석하기 위해서는 선로의 길이를 절단할 수 있는데 이런 경우에는 반사가 생기지 않도록 정합회로를 구성하여 처리하였다. 중성선과 가공지선을 단일화하고 접지간격 300[m], 접지 저항값 100[Ω]인 배전선로에 대한 유도뢰 전압값을 모의한 결과 약 271.3[kV]로 나타났다. 또한 이와 동일한 조건에서 현재의 배전계통에서의 유도뢰 전압을 모의한 결과 213.5[kV]로 상대적으로 낮게 나타났다. 따라서 중성선과 가공지선이 병행하는 것만으로도 유도뢰에 대해서는 저감효과가 있는 것으로 판단된다. 또한 접지 저항값이 낮은 경우에도 유도뢰 전압이 저감되는 것으로 나타났다.

2.2 직격뢰 실증시험

2.2.1 임펄스 전류 발생 장치

임펄스 전류 발생 장치는 아래의 그림 1과 같이 각 단에 2개의 콘덴서가 직렬로 연결되어 구성되고 1단의 정전용량은 0.5㎌가 된다. 소요 전류파형과 전류 크기에 따라 단간 연결소자(*R*/*L* Set)를 선정한다. 본 연구에서는 3병렬 6직렬 회로를 사용하였으며, 그 각각의 구성 소자로는 단간 연결용 소자 0.8Ω/1.4μH와 저항 20Ω으로 회로를 구성하였다.

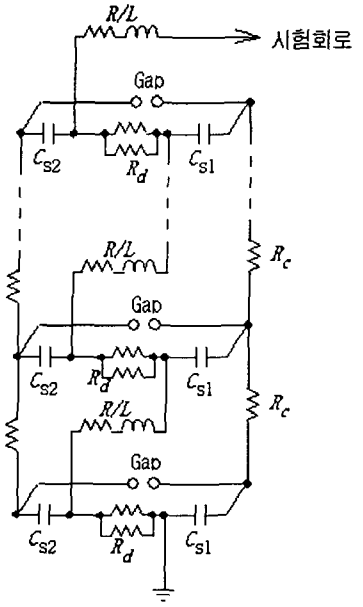

그림 1. 임펄스 전류 발생 장치
Fig 1. Inner circuit of impulse current generator

2.2.2 실증시험선로

시험선로는 아래의 그림 2와 같이 임펄스 발생장치와 연결되어 구성되었으며, ICG의 출력전류를 실증선로에 주입하기 위한 조가선이 리드선으로 이용되었다. 시험선로는 기존선로와의 병행 운영과 임펄스 전류의 감쇄 정도를 감안하여 신설선로만 이용하여 시험을 하였으며, 측정개소는 전류 주입전주인 번개 7호와 6경간 이격된 번개 1호에서 임펄스 전압을 측정하였다.

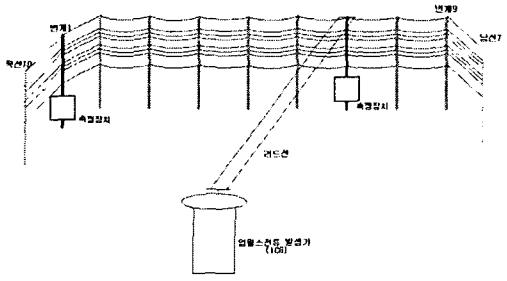

그림 2. 실증시험선로 구성도
Fig. 2. Construction map of distribution test line of lightning protection equipments

2.3 직격뢰 실증시험 결과

현행 배전선로는 중성선 WO 60㎟, 가공지선 WO 22㎟를 사용하여 선로를 구성하였으며, 단일화 선로는 WO 60㎟를 사용하여 선로를 구성하였다. 각각에 대해 임펄스 발생장치를 시험선로에 연결하고 주입전류 및 측정개소별 전압파형을 측정하였다. 그림 3에 각 시험선로에 주입한 임펄스 주입 전류의 파형을 보였다.

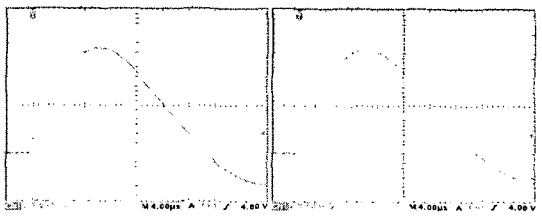

그림 3. 임펄스 주입 전류 파형
Fig. 3. Waveform of impulse current

두 시험선로 모두 임펄스 주입 전류는 약 8.8[kA]로 나타났다.

입력된 임펄스 전류가 진행함에 따라 각 시험선로별로 서지 임피던스에 따라 임펄스 전압이 발생하게 된다. 그림 4는 현재 배전계통과 단일 배전계통에서 가장 큰 임펄스 전압이 발생할 것으로 예상되는 번개 7의 가운데 상도체에 발생한 임펄스 전압 파형을 나타내었다.

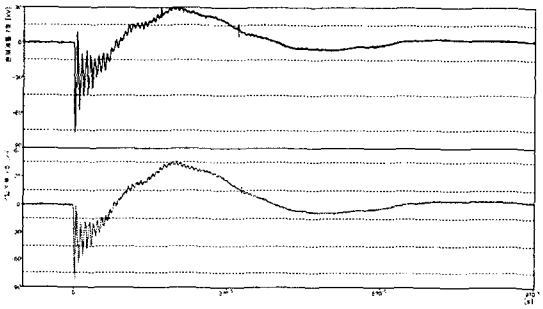

그림 4. 7호주 임펄스 전압 파형
Fig. 4. Waveform of impulse voltage at 7th pole

각 시험선로의 측정개소별 가운데 상도체에 발생하는 임펄스 전압파형을 측정하고 그 피크값을 조사하였다. 표 1에 번개 7호와 번개 1호에서 각각 측정된 임펄스 전압의 피크값을 나타내었다.

표 1. 시험선로별 임펄스 전압
Table 1. Impulse voltage in each test power line

측정개소	현행 배전선로	단일화 배전선로
번개 7호	-76.9 kV	-84.0 kV
번개 1호	-14.0 kV	-14.6 kV

임펄스 주입전주인 번개 7호의 상도체에 발생한 임펄스전압은 22.9kV 배전용 피뢰기의 뇌 충격 내전압(125kV)보다 낮은 전압을 나타내었으며 또한 번개 1호의 상도체에 발생한 임펄스전압은 임펄스 전류의 대지

(접지) 및 전주로의 방전으로 22.9kV 배전계통의 상-대지간 상용주파전압과 유사한 값으로 감소하였다. 따라서 6경간 떨어진 위치에서는 임펄스 전압에 의한 배전계통에의 영향은 거의 없다고 판단되며(감쇄효과), 현재 배전선로에 비해 단일화 배전선로의 최대 전압값이 약 4 ~ 9% 정도 높게 나타났으며 직격뢰 발생위치로부터 멀어질수록 전위차는 작게 나타났다.

실증 시험결과, 뇌 서지가 제안된 계통과 현재계통에 발생할 경우(직격뢰, 차폐성공) 상도체에서 발생되는 임펄스 전압은 현재계통이 제안된 계통보다 낮은 것으로 조사되었으며, 전압차이의 크기는 직격뢰 발생지점에서는 최대 9%, 6경간(약 300m) 떨어진 지점에서는 최대 4% 차이가 있는 것으로 측정되었다. 이때 임펄스 전류는 약 8.8[kA]가 인가된 경우를 기준으로 하였다. 상기와 같이 제안된 시험조건의 시험결과가 현재와 같이 중성선 및 가공지선을 분리 운영하는 것보다는 낙뢰시 전위상승이 다소 크게 나타났다.

3. 결 론

가공 배전선로의 낙뢰에 대한 보호 대책으로 가공지선 지지대를 설치하여 가공지선을 가선하고 이 지선을 완철과 연결한 후 다시 중성선에 연결하고 이를 200m 간격으로 대지에 접지시공하고 이를 유지·보수하고 있다.

따라서 가공지선과 중성선은 전기적으로 다중 병렬회로를 구성하고 있다. 이러한 회로구성은 가공지선과 중성선의 역할이 구분되지 않으며 보는 시각에 따라서는 중성선이 중복 시설된 것으로 볼 수 있기 때문에 가공지선을 철거하고 그 위치에 중성선을 시설하여 중성선으로 가공지선과 중성선의 역할을 겸하도록 시설하는 것을 생각해 볼 수 있을 것이다.

그러나 가공지선과 중성선은 회로상 상호 연결되어 있지만, 분명히 그 역할이 달라 중성선에 직접적으로 유도뢰 및 직격뇌가 유입되면 단절연 되어 있는 변압기의 취약한 부분이 전위가 상승하여 변압기에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 유도뢰에 대한 컴퓨터 시뮬레이션 결과 현재의 배전계통과 같이 가공지선과 중성선이 연결된 상태에서 유도전압이 저감되는 것으로 나타났다.

또한 임펄스 전류에 대한 실증시험 결과를 분석한 결과 상도체에서 발생한 임펄스전압은 임펄스 전류의 대지(접지) 및 전주로의 방전으로 22.9kV 배전계통의 상-대지간 상용주파 전압과 유사한 크기인 14.0[kV] 정도로 감소하였다. 따라서 이 경우 6경간 떨어진 위치에서는 임펄스 전압에 의한 배전계통에의 영향은 거의 없다고 판단되며, 가공지선과 중성선을 겸용한 시험회로 최대값과 분리한 시험회로에서 발생한 최대값을 비교하면 겸용하였을 때의 최대값이 약 4 ~ 9% 정도 크게 나타났다.

그러나 본 시험은 배전계통 운영상의 선로보호 및 기기보호용 피뢰기가 설치되지 않은 상태에서 단일 시험선로에 대해 시험한 결과이므로 설치효과의 가능성이 제시되었으나 가공지선의 중성선 겸용시 예상되는 유도뢰전압의 증가 및 고장전류의 부담이 선로의 운전기준 적합여부를 판단할 수 있는 추가 자료의 확보가 우선되어야 하며, 또한 현장 적용을 위해서는 다양한 운전 조건을 만족하는 신뢰성 평가관련 연구가 필요하다고 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 강문호, 박상만, 류희석, 정동학, "배전시험설비 구축 및 내뢰설비 시설효과 분석 실증연구 최종보고서", KEPRI, 2003.

[2] 임용혁 외, "IKL도 작성 및 배전선 내뢰설계", 전력연구원 연구보고서, pp. 500-508, 1988.

[3] 임용혁, 신대승 외, "배전선 절연설계에 관한 연구(II)", 전력연구원 연구보고서, pp. 98-110, 1992.

[4] 박상만, 노황래 외, "배전계통 이상전압 측정 및 대책 연구", 전력연구원 연구보고서, pp. 143-166, 2000.