

배전급 내뢰설비 시설효과 분석 실증시험설비 구축에 관한 연구

(The Construction of distribution test facilities of lightning protection equipment)

강문호*

(Moon-Ho Kang)

Abstract

In distribution system, about 5 % of total outage is due to the lightning stroke. In order to reduce the rate of outage occurrence, distribution lightning protection equipments such as a secondary arrester, arching horn and various ground electrodes are developed and installed in the inside and outside of the country. Therefore it is needed to construct the test facilities to analyze the effect of these equipments. In this paper we describe the main content of the test facilities of lightning protection equipments. We have completed the field test of distribution lightning protection equipments for example lightning arrester, secondary arrester and arching horn etc.

1. 서 론

배전선로를 유도뢰 및 직격뢰로부터 보호하기 위한 내뢰설비인 피뢰기, 가공지선, 저압피뢰기, 내뢰흔, 접지설비 등은 실제 사용 환경에서 그 시설효과를 시험하고 시설기준을 검토하여야 충분한 효과를 얻을 수 있다. 그러나 배전선로에서 이들 설비의 개별 또는 병용의 설치효과를 실증적으로 분석하는 것은 여러 측면에서 어려움이 많기 때문에 현재까지 실증적으로 분석한 경우는 아주 적다. 따라서 배전선로 내뢰설비인 피뢰기, 가공지선, 내뢰흔, 저압피뢰기 그리고 접지설비의 시설효과를 임펄스시험설비를 이용하여 실증적 시험방법을 통해 분석함으로써, 효과적이고 경제적인 내뢰설비 시설 기준 정립에 이바지할 것으로 기대된다.

실제 배전계통에서 발생하는 뇌격현상을 실측하여 해석하기가 어렵기 때문에 주로 해석적 기법을 이용하여 개별 현상에 대한 분석이 이루어져왔다. 이러한 해석과정은 입력인자의 정확도가 아주 중요하지만 개별인자의 비선형성 및 복잡성 때문에 정확한 특성을 반영하지 못하였으며, 또한 해석과정의 정확성 확보를 위해 대표적인 모델에 대한 실측이 필요하지만 여러 가지 어려움으로 실행이 어렵다. 따라서 이러한 어려움을 해결하기 위해 배전급 내뢰설비 실증시험설비를 구축하였다.

2. 본 론

2.1 직격뢰 차폐이론

가공지선이 설치된 배전선로의 상부로부터 직격뢰가

침입하면, 가공지선의 뇌격 흡인효과에 의해 일정 크기 이상의 뇌격은 가공지선이 흡입한다. 이로서 가공지선은 소정의 뇌 차폐 효과를 발휘하는 것이 된다.

가공지선의 뇌격 흡인효과에 대하여 다음과 같이 크게 2 가지의 방법이 제시되고 있다.

2.1.1 Burgsdorf-Kostenko 이론

가공전선로의 차폐실패 확률(P_θ)을 실험적 방법으로 다음과 같이 제시하였으나, 예측치보다 차폐 실패율이 높아 재검토가 필요하다.

$$\log_{10} P_\theta = \theta_s \sqrt{h}/90 - 2$$

θ_s : 차폐각, h : 가공지선의 높이[m]

2.1.2 Armstrong-Whitehead 이론

이 이론은 실제 규모의 실험에서 어느 정도 증명되어 있기 때문에 신뢰성이 높은 이론으로 뇌격거리에 대한 개념을 도입되었다. 이 이론에 따르면 선구방전이 뇌격 거리에 도달하기까지는 목표지점이 결정되지 않으며, 뇌격거리에 이르면 대지 목표지점으로부터 상향 스트리머가 발생하여 뇌격이 발생하기 때문에 뇌격거리는 뇌격 전류의 크기에 따라 달라진다는 이론이다. 표 1에 이 이론에 따른 뇌격전류와 뇌격거리를 나타내었다.

표 1. 뇌격전류와 뇌격거리
Table 1. Lightning current and lightning distance

뇌격전류 [kA]	10	20	30	40	50	70	100
뇌격거리 [m]	42	74	102	129	154	201	268

2.2 실증시험설비 구성

2.2.1 실증시험선로

실제 배전선로에서 발생하는 뇌격 현상을 구현하고, 뇌격 특성인 임펄스전류와 전압의 파형을 측정하기 위하여 고장 배전 실증시험장에 임펄스 시험선로를 구성하였다. 시험선로는 기존 연구용 배전선로와 연결하여 전체 시험선로를 구성한다. 그림 1에 시험선로의 구성도를 나타내었다.

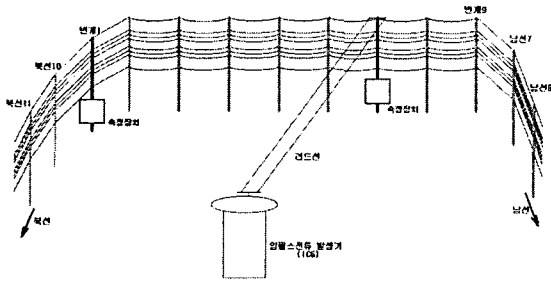


그림 1. 실증시험선로 구성도
Fig. 1. Construction map of distribution test line of lightning protection equipments

또한 기존선로와의 연결부분은 양측에 상도체 분리용 개폐기를 설치하였으며, 중성선과 가공지선은 컷아웃스 위치를 이용하여 분리할 수 있도록 구성하였다. 저압 배전선로의 실증시험을 위해 실제 배전계통과 동일하게 3상 주상변압기를 설치하고 저압선로를 500m씩 가설했다. 상이한 접지전극을 여러 개 매설하여 접지 저항치의 변경에 따른 특성을 시험할 수 있도록 하였다.

2.2.2 임펄스전류 발생장치

임펄스전류 발생장치(ICG)의 구조는 원리적으로 임펄스 전압발생장치의 구조와 동일하며 다수의 고전압대용량의 콘덴서를 직·병렬로 충전하여 이것을 방전시킴으로써 대전류를 발생시키는 원리이다. 즉 적절한 직류 고전압 충전회로부터 콘덴서가 먼저 충전되고 충전전압이 충분히 상승하게 되면 방전 캡이 방전하여 콘덴서의 충전전하는 시험대상으로 방전하게 된다. 본 시험설비의 임펄스 발생 장치의 성능은 아래와 같다.

표 2. 임펄스전류 발생장치 성능
Table 2. Performance of impulse current generator

공칭 충전에너지	공칭 충전전압	임펄스간 최소시간 간격	구성층수
400kJ	4,000kV	60sec	20층

2.2.3 데이터 측정 장치

가공지선에 의해 차폐 성공한 경우 진행파인 뇌 과전

류의 진행 양상은 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

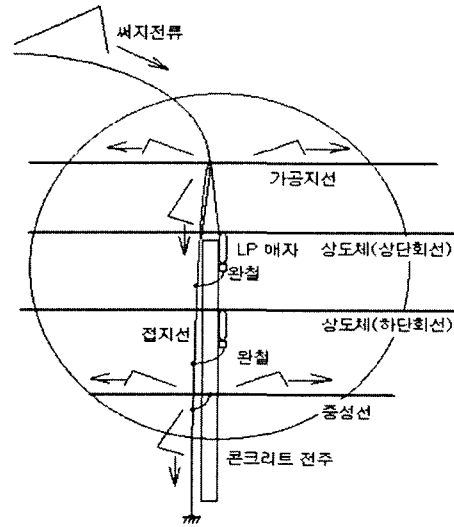


그림 2. 뇌 과전류 진행 양상
Fig. 2. Aspect of travelling over-current

상도체에서 발생하는 고전압을 측정하기 위해 과전압이 발생하는 임펄스 시험선로에는 측정범위가 $\pm 350\text{kV}$ 인 분압기(Divider)를 설치하고 9경간 떨어진 기존 연구용 배전선로에는 $\pm 195\text{kV}$ 인 분압기를 설치하였다. 각 전주, 중성선 및 접지선에는 전류측정용 센서를 설치하여 뇌격전류를 측정할 수 있도록 구성하였다. 또한 고전압파형을 측정하기 위해 파형기록계에 독립형 무정전 전원장치를 사용하여 안전성을 도모하였다. 그림 3은 가장 높은 과전압이 발생하는 임펄스 주입전주의 측정 장치 배치도이다.

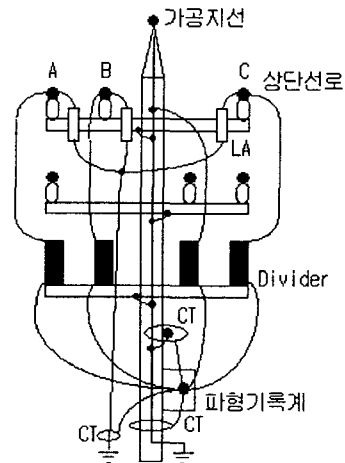


그림 3. 데이터 측정 장치 배치도
Fig. 3. Arrangement map of measurement system

2.2.4 데이터 통신 장치

효과적인 실증시험을 수행하기 위해 측정장치에서 취득한 데이터를 측정제어실에서 원격으로 수집 및 분석하기 위해 RS 485 통신장치를 설치하고 통신 네트워크를 구성하였다. 또한 측정제어실로부터 신호의 감쇠를 고려하여 Repeater를 구간별로 설치하였다.

이와 같은 통신 네트워크가 포함된 배전급 내뢰설비 시설효과 분석 실증시험설비의 전체 구성도를 아래의 그림 4에 나타내었다.

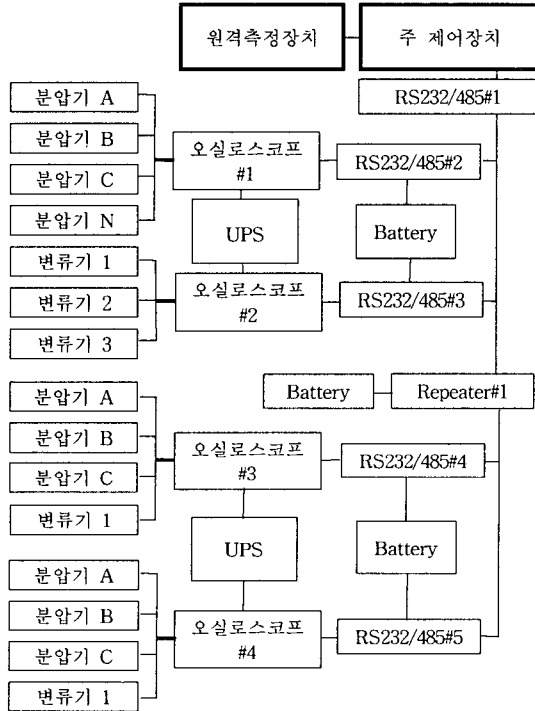


그림 4. 실증시험설비 전체 구성도
Fig 4. Construction map of distribution test facilities of lightning protection equipment

2.3 원격측정설비

실증시험장에 설치된 시험선로의 가공지선 또는 상도체에 발생하는 과전류 또는 과전압을 원격에서 안전하게 측정하기 위한 장치로서 전압 및 전류파형을 실시간으로 측정하기 위한 장치이다.

개별 측정장치는 설비 사용법에 따라 원격측정장치를 사용하지 않고 수동으로 조작할 수도 있으나 제어실을 포함하여 최대 5곳으로 퍼져 있는 측정설비들을 수동으로 제어하는 것은 숙련도가 높은 인력과 많은 측정시간과 노력을 필요로 한다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 주 제어실에서 각 측정설비를 통제하고 측정결과를 용이하게 취득하기 위해 원격제어장치와 제어용 운영프로그램을 개발하였다. 그림 5는 주제어실 원격측정

장치에서 사용되는 원격측정 프로그램의 주 화면이다.

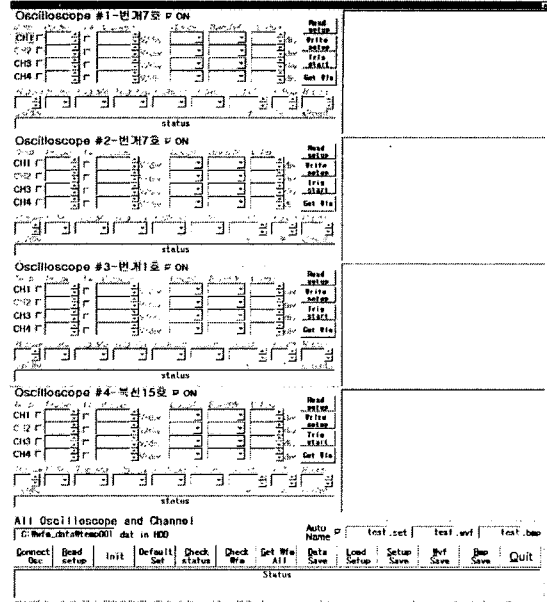


그림 5. 원격측정 및 제어 프로그램 메인화면
Fig 5. Main picture of remote measurement and control program

3. 결론

배전선로에 설치되는 피뢰기, 가공지선, 저압피뢰기, 내뢰환 및 접지설비 등의 내뢰설비는 실제 배전선로와 동일한 환경에서 설치효과를 시험하여야 충분한 효과를 얻을 수 있다. 그러나 이들 내뢰설비의 개별 또는 병용의 설치효과를 실증적으로 시험하는 것은 아주 어렵기 때문에 현재까지 실증적으로 분석한 경우는 아주 드물다. 따라서 배전선로 내뢰설비의 시설효과를 임펄스시험설비를 이용하여 실증적 시험방법을 통해 시험할 수 있는 효과적이고 경제적인 내뢰설비 시설효과 시험설비를 구축하게 되었다.

특히 측정대상 지역이 넓은 문제 때문에 경제성을 고려하여 원격측정설비를 구축하여 효과적인 시험을 수행할 수 있었다. 또한 향후 배전계통에서 발생하는 대표적인 모델에 대한 실증시험을 통해 효과적인 내뢰설비 시설기준 정립에 이바지 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- (1) 강문호, 박상민, 류희석, 정동학, "배전시험설비 구축 및 내뢰설비 시설효과 분석 실증연구", 전력연구원 연구보고서, pp. 145-172, 2003.
- (2) 임용혁 외, "IKL도 작성 및 배전선 내뢰설계", 전력연구원 연구보고서, pp. 500-508, 1988.