

154kV 송전선로 피뢰기 설치용 아킹혼 개발

민병욱* 김우겸* 이복창* 최한열* 박재웅** 금의연***
 한국전력공사* 한밭대학교** 제룡산업주식회사***

Development of Arc-horn to be mounted on 154kV Transmission Line Arrester

Byeong-Wook Min* Woo-Kyum Kim* Buk-Chang Lee* Han-Yeol Choi* Jae-Ung.Park** Eui-Yeon Keum***
 Korea Electric Power Corporation* Hanbat National University** Cheryng Industrial Co.***

Abstract - Overhead transmission lines are mainly crossing mountainous area. They are easily affected in weathers like typhoon, strong wind, lightning, heavy rain, or heavy snow. Sometimes these weathers cause transmission line faults. A lightning flashover is most often fault. Nowadays lightning density in KOREA is growing high and lightning flashovers occur more often. A lightning flashover on transmission line is mostly cleared by momentary operation of a circuit breaker, so power failure happens rarely. However, when both circuits trip simultaneously due to the lightning flashovers on double circuit transmission line, short time power failure and voltage drop happen. KEPCO has used transmission line arresters to avoid double circuit simultaneous trip out since 2003. And transmission line arresters cannot be installed with KEPCO's present metal fittings, so various fittings have been used for each transmission line arrester manufacturer. This paper introduces development and standardization of arc-horn and metal fittings for transmission line arrester which can be used for both existing lines and new lines in KEPCO.

1. 서 론

가공 송전선로는 대부분 산악지역을 경과하고 있어 태풍, 강풍, 낙뢰, 폭우, 폭설, 지진 등 자연환경에 상시 노출되어 운전되고 있으며 이로 인하여 송전선로에 고장이 발생되고 있다. 송전선로의 고장은 낙뢰로 인한 전력선의 섬락고장이 대부분을 차지하고 있으며 최근 들어 우리나라의 낙뢰발생빈도가 높아지면서 송전선로의 낙뢰고장도 증가하고 있다. 송전선로의 낙뢰고장은 변전소의 차단기가 고장선로를 차단한 후 순간적으로 차단기를 자동으로 다시 투입하는 제페로 고장이 대부분을 차지하고 있어 정전이 발생하는 경우는 매우 적다. 그러나 우리나라의 송전선로는 대부분이 1route 2회선 방식으로 구성되어 있어 낙뢰로 인해 2회선이 동시에 trip하게 되면 순간적으로 정전이 발생하거나 전압강하로 전기품질이 저하하게 된다. 따라서 송전선로의 2회선 동시 trip 고장을 방지하기 위하여 2003년부터 송전선로의 2회선 중 편측 1회선에 송전선로용 피뢰기를 시험 사용하였고 2007년부터 중요선로에 확대하여 설치하고 있다. 그러나 기존의 애자장치는 아킹혼을 설치할 수 있으나 피뢰기는 설치할 수 없는 구조로 되어 있어 피뢰기 설치용 장치를 별도로 제작하여 설치하여야 하며 피뢰기 제작업체마다 피뢰기 설치용 장치의 규격이 달라 표준화가 필요한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 154kV 신설 송전선로뿐만 아니라 기설 송전선로에도 피뢰기의 설치가 가능하도록 피뢰기 설치용 아킹혼과 금구장치를 개발하고 표준화하였다.

2. 송전선로의 낙뢰고장과 피뢰기

2.1 송전선로의 낙뢰고장

송전선로의 첩탑 또는 가공지선의 뇌격으로 첩탑의 전위가 현저히 상승하게 되어 송전선로의 절연내력을 초과하게 되면 첩탑에서 전력선으로 섬락되는 역섬락 고장이 발생하게 되며 가공지선에 뇌격이 가해지면 송전선로의 경간 내에서 가공지선으로부터 전력선으로 역섬락이 발생하게 된다. 또한 송전선로에 침입하는 낙뢰를 차폐하기 위하여 가공지선을 설치하고 있지만 가공지선이 뇌격을 차폐하지 못하면 전력선에 뇌격이 직접 가해지게 되어 뇌 전압은 선로절연의 섬락전압까지 상승하여 애자런 또는 아킹혼을 통하여 섬락고장이 발생하게 된다. 송전선로의 전체고장 중 낙뢰로 인한 고장이 약 70%를 차지하고 있으나 최근 들어 우리나라의 낙뢰 발생빈도가 증가하면서 뇌격고장도 80%를 상회하고 있다. 가공 송전선로의 연도별 낙뢰고장 발생현황은 표1과 같다. [1]

<표 1> 송전선로 낙뢰고장 현황

구분 \ 연도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	연평균
전체고장	295	246	384	396	444	423	558	392
낙뢰고장	186	142	205	269	358	339	462	280
점유율(%)	63.1	57.7	53.4	67.9	80.6	80.1	82.9	71.4

2.2 송전선로 피뢰기의 성능

송전선로의 낙뢰고장은 연 평균 약 280여건 발생하고 있으며 전체 낙뢰고장 중 1회선 고장은 61.4%, 2회선 동시 고장은 38.6%를 차지하고 있다. 낙뢰로 인해 송전선로 2회선이 동시에 trip하게 되면 순간정전이 발생하거나 전압강하가 발생하게 되므로 송전선로의 2회선이 동시 trip되는 것을 방지하기 위하여 2회선 중 편측 1회선에 송전용 피뢰기를 설치하고 있다. 송전선로에 피뢰기를 설치할 경우 전체 낙뢰고장은 약 51% 정도 감소하며 차폐실패 고장도 감소될 뿐만 아니라 2회선 동시 고장은 거의 발생하지 않게 된다. 송전선로용 피뢰기는 송전선로에 뇌격이 침입할 경우 아킹혼에서 섬락이 발생하기 이전에 내전압이 낮은 피뢰기의 직렬갭을 통하여 뇌격전류를 방전시키므로써 변전소의 차단기가 동작하기 이전에 고장전류를 제거하여 고장을 방지하는 장치로 산화아연소자를 사용한 gap type의 피뢰장치를 사용하고 있으며 그림1과 같다. [2]



<그림 1> 154kV 송전선로용 피뢰기

피뢰기는 낙뢰고장을 예방하기 위하여 아킹혼과 결합하여 설치하고 있으나 피뢰기의 설치장치는 표준화가 되어 있지 않아 제작업체에서 공급하는 취부용 금구를 이용하여 설치하고 있으며 제작업체별로 피뢰기의 형상과 규격이 상이하여 설치금구도 호환 사용이 불가능한 실정이다.

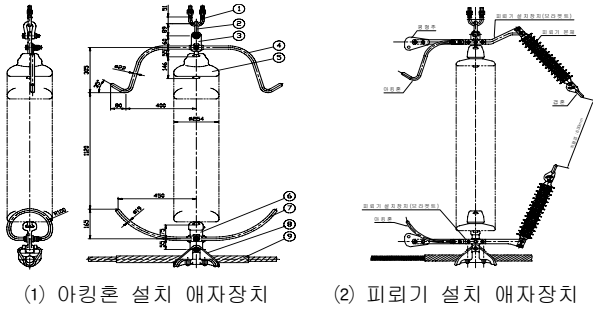
3. 송전용 피뢰기 설치장치의 설계

3.1 전기적, 기계적 특성

피뢰기의 설치장치는 피뢰기와 아킹혼을 견고하게 고정할 수 있는 구조로 아킹혼의 표준간격과 피뢰기의 직렬갭 간격을 항상 일정하게 유지할 수 있어야 하며 전선의 진동이나 애자런의 횡진 등에 대하여 내피로, 내마모 특성을 가져야 한다. 설치장치에서 발생하는 코로나 잡음은 전선에서 발생하는 코로나 잡음레벨 이하이어야 하며 가시코로나 발생전압은 105kV 이하이어야 한다. RIV시험은 IEC 60437에 따라 시험하여 건조시 40dB 이하이어야 하며 또한 1분간 주수상태에서 275kV를 인가할 때 뇌임펄스 내전압을 650kV로 정·부극성 각 15회를 인가할 때 섬락하지 않아야 한다.

3.2 설치장치의 구조설계

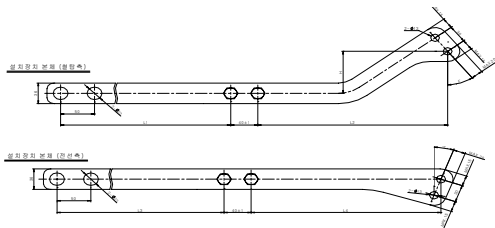
피뢰기 설치장치는 피뢰기와 아킹혼을 애자장치에 고정하기 위한 브래킷(bracket)과 현수애자장치에 피뢰기와 아킹혼을 설치하였을 경우 좌우 무게 균형을 유지하기 위한 평형추로 구성하였다. 피뢰기 갭혼 사이의 직렬갭은 630mm, 아킹혼 간격은 1,120mm를 유지할 수 있도록 하였고 피뢰기와 애자 간의 절연간격은 420mm 이상으로 설계하였으며 송전선로용 피뢰기를 1련 현수애자장치에 설치한 구조설계는 그림2와 같다.



〈그림 2〉 송전용 피뢰기 구조설계

3.3 피뢰기 설치용 브래킷

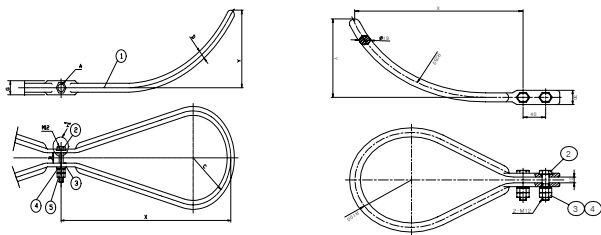
피뢰기와 아킹혼을 애자장치에 고정하기 위한 브래킷(bracket)은 현수 애자장치와 내장애자장치를 구분하여 설계하였으며 내장애자장치용 브래킷은 철탑측과 전선측을 동일하게 설계하였다. 현수애자장치용 브래킷은 철탑측과 전선측을 구분하여 설계하였으며 브래킷에는 현수애자 장치의 평형을 유지하기 위한 평형추를 설치할 수 있도록 하였다.



〈그림 3〉 현수애자장치용 브래킷

3.4 피뢰기 설치용 아킹혼

154kV 송전선로용 아킹혼은 대부분 좌우대칭 분리형으로 되어 있어 편측 아킹혼을 철거하고 피뢰기를 설치할 수 있으나 1련 현수애자장치용 아킹혼의 경우에는 좌우대칭 일체형으로 되어 있어 아킹혼 전체를 철거하고 피뢰기와 편측용 아킹혼을 동시에 설치하여야 하므로 편측 설치용 아킹혼의 개발이 필요하다. 따라서 1련 현수애자장치용 아킹혼은 그림4의 1과 같이 기존의 좌우대칭 일체형에서 그림4의 2와 같이 좌우 분리형으로 구조를 변경하여 피뢰기의 설치가 필요할 경우 편측 아킹혼을 철거하고 피뢰기를 설치할 수 있도록 하였다. [3]

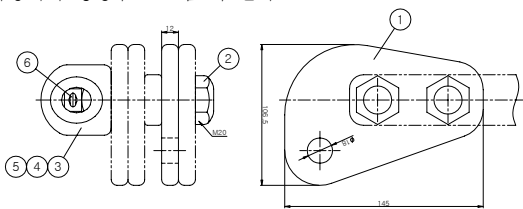


(1) 좌우대칭 일체형 (기존) (2) 좌우대칭 분리형 (개선)

〈그림 4〉 1련 현수애자장치용 아킹혼

3.5 현수애자장치의 평형추

현수애자장치의 좌우 양측에 피뢰기와 아킹혼을 동시에 설치하게 되면 양측의 중량 차이로 인하여 현수애자장치가 기울어지게 된다. 이를 방지하기 위하여 피뢰기의 반대측인 아킹혼측에 평형추를 설치하고 기울기가 2°이내가 되도록 설계하여 절연거리 및 직렬갭을 확보하였으며 현수애자장치의 평형추는 그림5와 같다.



〈그림 5〉 현수애자장치의 평형추

4. 송전선로 피뢰기 설치장치의 개발

4.1 개발규격

154kV 송전선로의 애자장치는 종류와 규격이 다양하여 피뢰기 설치 장치의 규격을 38개로 구분하여 개발하였다. 154kV 애자장치는 단도체와 복도체, 현수애자장치와 내장애자장치로 구분하고 내장애자장치는 다시 정조형과 역조형으로 세분화하였다. 또한 신설 송전선로뿐만 아니라 기설 송전선로에도 적용할 수 있도록 신설 및 기설 송전선로별로 구분하여 개발하였으며 표2와 같이 애자수량을 9~11개 그룹과 12~14개 그룹으로 구분하여 각 규격별로 2종류의 피뢰기 설치장치를 개발하였다.

〈표 2〉 피뢰기 설치장치 개발규격

선로별	애자련	현수애자장치		내장(정조형)		내장(역조형)		합 계
		1련	2련	1련	2련	1련	2련	
단도체	신설	2	2	2	2	2	2	24
	기설	2		2	2	2		
복도체	신설	2	2	2		2		14
	기설	2		2	2	2		
합 계		8	4	4	8	4	8	38

4.2 설치장치의 제작

설치장치는 피뢰기와 아킹혼을 동시에 설치할 수 있도록 애자장치 규격별로 브래킷과 평형추를 개발하고 아킹혼과 볼아이, 소켓아이, 볼크레비스, 소켓크레비스의 형상과 규격을 변경하여 제작하였다. 1련 현수애자장치용 아킹혼은 좌우 분리형으로 제작하였으며 내장애자장치용 아킹혼은 설치좌표가 변경되지 않도록 고정볼트를 기존 1개에서 2개로 보강하였다. 또한 볼아이, 소켓아이, 볼크레비스, 소켓크레비스도 1개 볼트 조임방식에서 2개 볼트 조임방식으로 변경하고 볼트풀림 방지용 턱을 제거하였으며 제작한 피뢰기 설치장치의 조립 형상은 그림6의 1, 2와 같다.

4.3 설치장치의 성능시험

개발한 설치장치에 대하여 전기적, 기계적 성능시험을 하였다. 기계적 성능을 확인하기 위하여 인장하중시험, 진동피로시험, 조립 및 치수검사를 시행하였으며 상용주파내전압시험과 뇌중격임펄스내전압시험, 코로나 특성시험 등을 시행하여 전기적 성능을 확인하였다. 피뢰기 설치장치에 대한 진동피로시험은 그림6의 3과 같이 시행하였으며 전기적, 기계적 성능시험 결과는 기준에 적합하였다.



(1) 1련 현수장치 (2) 2련 현수장치 (3) 진동피로시험

〈그림 6〉 피뢰기 설치장치 조립 및 성능시험

5. 결 론

154kV 송전선로의 2회선 동시 trip 고장을 방지하기 위하여 피뢰기를 설치하고 있으나 기존의 애자장치는 아킹혼만 설치할 수 있는 구조로 되어 있어 피뢰기를 설치할 수 있는 별도 장치의 개발이 필요하였다. 따라서 본 논문에서는 제작업체별로 상이한 피뢰기의 규격에 관계없이 피뢰기를 설치할 수 있도록 애자장치 규격별로 38개의 설치장치를 개발하고 표준화 하였으며 피뢰기의 설치가 필요할 경우 기존에 설치된 애자련 편측의 아킹혼을 철거하고 피뢰기를 설치할 수 있도록 하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 송전설비 고장분석 및 대책, 한국전력공사, pp.5~25, 2008.3.
- [2] 154kV 송전선의 낙뢰에 의한 2회선 동시 Trip 방지대책, 산업자원부, pp.3~12, pp.47~512, 2004.7.
- [3] 154kV 송전선로 애자장치 금구류, 한전구매규격, pp.11~26, 2005.12