

송전선의 뇌해대책 현상과 전망 ②

글/김 경 호
한전 중앙교육원 교수

IV. 송전선 뇌해 방지대책

1. Flash Over 방지대책

송전선에 뇌격이 발생하였어도 섬락이 일어나지

않으면 고장으로 발전하지 않는다. 뇌에 의한 섬락 방지대책은 앞에 언급한 것처럼 차폐실패 방지 대책과 철탍 역섬락 방지대책으로 분류하였다.

각종 대책의 개요는 표 2에 표시한 바와 같다.

표 2 각종 Flash Over 대책의 개요

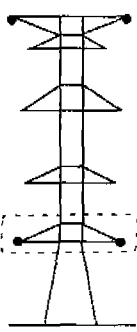
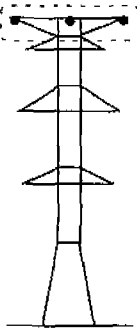
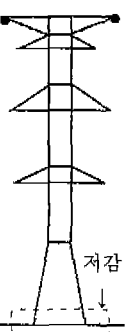
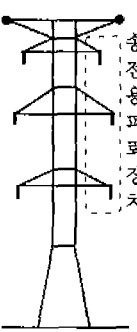
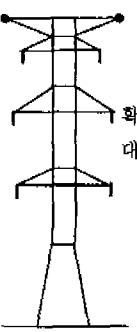

구 분	전력선하부에 차폐선의 설치	가공지선의 다 조 화	탑각접지저항의 저 감	송전용 피뢰장치	아크혼간격의 증 가	불평형절연의 체 용
방 지 대 책						
특 징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전력선아래 또는 중간부에 접지된 차폐선을 깔아서 직격 뇌 방지와 결합률을 개선한다. ○ 차폐선용의 완금을 설치하기 때문에 철탍이 대형화된다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가공지선의 조수를 많게 하여 결합율을 개선함으로써 철탍완금부와 전력선간의 전위차가 감소하기 때문에 철탍역섬락이 억제되어 진다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철탍접지저항을 낮춤으로서 철탍전위 상승을 억제한다. ○ 토질에 따라서는 접지저항을 저감하기 위하여 고액의 공사비를 요한다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전력선과 철탍간에 피뢰장치를 설치하여 뇌과전압의 억제도를 도모한다. ○ 편축회선에 설치하면 2회선 동시사고는 방지된다. ○ 설치비용은 비교적 많다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아크혼간격을 증가함으로써 절연내력을 향상시킬 수 있다. ○ 절연간격의 증가에 따라 철탍은 대형화 된다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 회선간 또는 상간에 절연격차를 두어 2회선에의 사고급을 방지할 수 있다. ○ 편회선을 교절연화한 경우는 철탍이 대형화 된다.

표 2에 나타난 대책은 현재 실시되고 있는 것으로부터 연구단계의 것까지 여러가지이다. 여기서는 대표적인 방지대책으로서 가공지선의 설치 조수의 증가와 송전용 피뢰장치에 대하여 기술하기로 하겠다.

1- 1. 가공지선의 설치조수의 증가(多條化)

가공지선은 전력선을 뇌의 직격으로부터 보호하는 것을 목적으로 전력선 상부에 설치하는 것이다. 통상 345kV 송전선에서는 가공지선을 2조 이상 설치하고 있고, 최근의 765kV 송전선에 대하여는 가공지선을 최외측 전력선보다 더 바깥으로 위치(마이너스 차폐각의 채용)하도록 하여 뇌 차폐효과를 높이고 있다. 게다가 가공지선의 설치조수를 증가시킴으로서 철탑 역섬락을 억제시키는 효과가 있다. 이것은 가공지선 조수의 증가와 함께 가공지선과 전력선간의 결합율이 증가하여 가공지선 뇌격시에는 결합율에 의해서 일어나는 전압이 전력선에 유기되기 때문에 결과적으로 철탑과 전력선간에 생기는 전위차가 작게 되는 것이다.

또한, 일본의 경우를 보면 중부전력의 500kV 제2간선계 송전선에서는 뇌다발지역을 경과하고 있기 때문에 가공지선을 3조로 설치하여 뇌고장에 대한 공급신뢰도 확보를 도모하고 있다.

1- 2. 송전용 피뢰장치

송전용 피뢰장치는 변전소 등의 뇌해방지책으로서 이용되고 있는 산화아연피뢰기를 송전용으로 개량, 개발한 것이다. 이 피뢰장치를 에자장치와 병렬로 하여 전력선과 철탑사이에 취부함으로써 철탑에 뇌격의 도래시 철탑완금부의 전위가 상승하여도 산화아연소자의 비선형 특성 때문에 뇌서지 통과시에는 극단시간 고장상태로 된다. 하지만 뇌서지 통과후에

는 신속하게 절연상태로 자동복귀하여 고장전류가 거의 흐르지 않기 때문에 결과적으로 트립 고장을 방지하는 기능을 가지고 있다.

이상 설명한 각종 대책은 그 어느 것이나 모두 유효한 방법이지만 내해사고(耐害事故)의 저감효과나 비용면에서 장단점이 있다. 실제로는 각각 그 대책의 효과면에서 경제성을 함께 고려한 상황에서 구체적인 대책을 선정하고 있다.

2. 뇌 예측

뇌의 습뢰예측 및 정확한 낙뢰정보의 파악은 계통운영면이나 송전선보수에 많은 도움이 되는 물론 송전선의 루트 선정이나 합리적인 내뇌설계에 있어서도 유용한 정보로 활용될 수가 있다.

뇌예측의 방법으로는 과거의 기상데이터 등이 이용되고 있지만 최근 뇌방전시에 발생하는 전자파를 검출함으로써 낙뢰위치와 뇌전류의 크기 등을 측정하는 낙뢰위치 표정 시스템이 미국, 일본 등 해외 전력회사는 물론 한국전력에서도 도입하여 운영 및 분석기법에 관한 연구를 진행하고 있다.

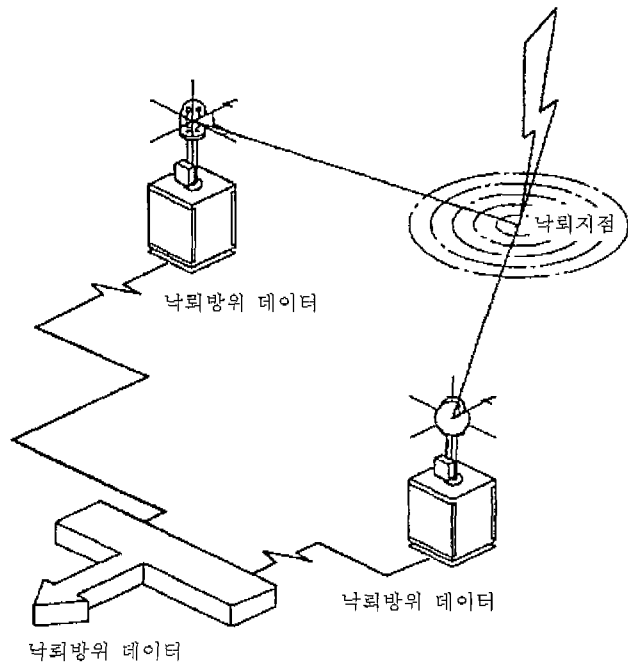


그림 3 LLP 시스템의 표정원리

2-1. 낙뢰위치 표정 시스템

현재 실용적으로 운용되고 있는 낙뢰위치 표정시스템은 2종류로 대별된다. 한가지는 낙뢰시에 흐르는 대전류에 의한 자계를 이용하여 交會法⁽¹⁾에 의한 낙뢰위치를 표정하는 LLP시스템(Lightning Location Positioning System)과 또 하나는 낙뢰시 발생하는 전자파가 여러개소의 수신국에 도달하는 到達時間差法⁽²⁾으로부터 낙뢰위치를 표정하는 LPATS 시스템(Lightning and Tracking System)이다.

LLP시스템에는 그림 3에 나타난 바와 같이 낙뢰시에 흐르는 대전류에 의한 전계를 직교된 루프 안테나로부터 측정한다. 이 자계에 의해 각 루프 안테나에 유기된 전압비로부터 낙뢰지점의 방향이 결정되어진다.

따라서 이러한 안테나를 2조로 운용하면 각 수신측 안테나로부터 정해진 방향의 교점으로부터 그림 4 LPATS의 표정원리 낙뢰위치가 결정될 수 있다. 이러한 수신안테나가 장비된 수신국을 DF (Direction Finder)라고 부르지만 통상 3개 이상의 수신국 DF 데이터를 이용하여 낙뢰위치를 결정한다.

이 경우 각 DF로부터 결정된 낙뢰지점의 방향 벡터는 오차 등의 영향에 의해 반드시 한점에서

교차하여야 되는 것은 아니지만 이 경우에는 최적화 계산에 의해 낙뢰지점을 결정한다.

LPATS에는 먼저 두가지의 수신안테나에 도달하는 전자파의 시간차를 구한다. 정확한 시간차를 구하는에는 기준이 되는 시계가 필요하지만 현재는 GPS(Global Positioning System)라 부르는 위성으로부터의 신호를 사용함으로써 100만분의 1초정도의 정밀도로서 시각신호를 얻기는 비교적 용이하다.

일반적으로 두 개의 지점에서 전자파신호의 시간차가 일정할 경우 그 방사원은 그림 4에 표시한 것처럼 쌍곡선상에 있는 것을 알 수 있다. 그러므로 별도의 수신안테나를 구성하여서 얻어진 이러한 쌍곡선의 교점으로부터 낙뢰위치를 결정할 수가 있다.

LPATS에는 수신국을 RR(Remote Receiver)이라 부르고 이런 RR을 4개 이상 설치하고 그로부터 얻은 데이터를 가지고 최적화 계산을 하여 낙뢰위치를 결정한다.

최근 이런 2가지의 시스템의 표정방법을 통하여 자계에 의한 교회법과 도달시간차법의 두가지를 이용한 낙뢰위치 표정 시스템도 개발되고 있다.

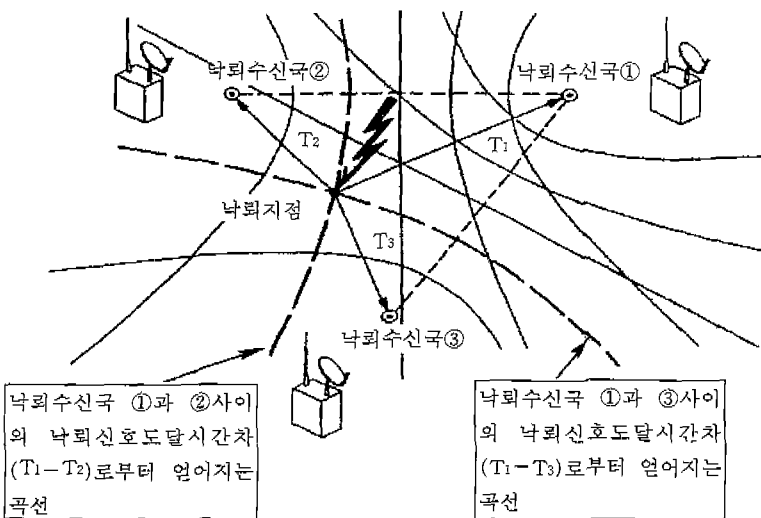


그림 4 LPATS의 표정원리

* (1) 交會法: 방사된 전자 펄스를 지향성을 가진 4개의 안테나에서 수신하여 그것의 수신신호 강도로부터 방전펄스의 도래 방향을 추정하는 것이다. 여러개의 수신장치들 배치함에 따라 도래방향의 교점으로부터 펄스원의 추정이 가능하다.

* (2) 到達時間差法: 2개 이상의 안테나에서 전자파 도달시간차를 측정함으로써 전자파의 도달 방향을 결정하는 것이다. 도달시간차법은 안테나 상호간을 연결한 베이스 라인이 수십m 이하의 짧은 것과 10km 이상의 긴 것으로 구분된다.

2- 2. LPATS 시스템의 개요

그림 5에 나타난 바와 같이 LPATS 시스템은 낙뢰위치나 뇌전류치 등을 리얼타임으로 표정하는 관측장치로서 위치해석기(PA: Position Analyzer), 방향검지국(DF: Direction Finder) 및 모니터국으로 구성되어 있다.

방향검지국에서는 낙뢰에 의해 발생하는 전자파의 자계성분을 지교하는 2개의 루프안테나로 검출하여 각각의 방향 신호강도비로부터 각 뇌 지점의 방향을 결정한다.

또, 동 검지국에는 GPS를 내장함으로서 낙뢰 검출 시간도 고정밀도로 계측되며 위치해석기(PA)에서는 여러 곳의 방향검지국(DF)의 데이터(방향, 시간)로부터 낙뢰점의 위치를 계산하고, 거기에 신호강도와 낙뢰지점까지의 거리를 가지고 뇌 전류치를 계산한다.

모니터국에서는 낙뢰위치가 디스플레이의 지도

상에 리얼타임으로 표시된다.

2- 3. LPATS의 활용

LPATS의 각종 데이터에 의해 송전선 보수업무나 설계업무를 시작으로 하여 여러면에서 활용이 고려되고 있다.

예를들면 송전선 보수면에 있어서는 리얼타임의 낙뢰데이터에 의한 고장원인의 분석 및 고장점의 파악은 물론 데이터의 축적에 의한 가공지선 점검 개소의 선정 등에 이용될 수 있다. 또, 설계면에 있어서도 낙뢰빈도나 낙뢰전류치 등의 데이터 축적 및 정리를 하여 종래 설계에 이용되었던 IKL Map(Iso Keraunic Level: 연간 뇌우일수 분포도)에 대신하여 지역별 낙뢰빈도 분포도를 작성하면 매우 정밀한 송전선 뇌사고율의 계산이 가능하게 되는 등 합리적인 내뇌설계가 실현될 수 있다.

따라서 이러한 LPATS로부터 얻어지는 데이터를 유효하게 활용함에 따라 뇌해방지에 대하여 매우 큰 효과가 있으리라 생각된다.

우리회사의 LPATS의 시스템을 살펴보면 전국 6개 지역에 설치되어 있는 낙뢰감지 수신기로부터 낙뢰자료가 리얼타임으로 본사 중앙분석기에 전송되어 낙뢰를 분석 저장하며 분석된 자료는 전력연구원, 9개 전력관리처 및 제주지사에 있는 화면표시장치(VIS) 컴퓨터에 전송하여 저장하고 소프트웨어의 변환부에 의해서 낙뢰발생위치, 시간, 크기, 극성, 파두장, 파미장 등의 자료를 ACSⅡ 화일로 변환하여 DB화 된다.

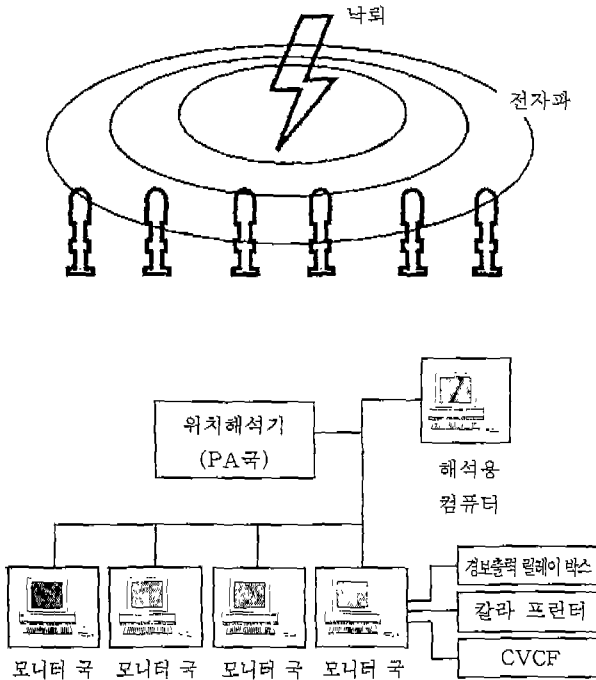


그림 5 낙뢰위치표정 시스템의 구성

3. 내뢰형 가공지선

가공지선은 전력선에의 직격뢰 방지를 목적으로 하여 설치되어져 있다는 것은 앞서 기술한 바와 같지만 큰 에너지의 뇌격을 받을 경우 가공지선 소선의 단선이 발생될 수도 있다. 특히 「冬季雷」는 방전 전하량이 큰 낙뢰인 것으로 관측되어짐에 따라 이 지역을 경과하는 송전선에 있어서는 뇌고장의 발생은 무엇보다 가공지선의 소선단선 피해로 이어지는 것이 큰 문제로 대두된다.

한편, 일본 中部電力에서는 北陸電力과의 계통연계를 위하여 500kV 오즈미幹線을 1998년 11월 운전개시를 목표로 건설중에 있지만 본 선로는 후지야마현에서 증부산악을 경과하여 기후현에 이르는 경과지 때문에 동계뢰에 의한 가공지선의 손상을 방지하는 관점에서 내뢰성능이 우수한 가공지선을 개발하였다.


이 가공지선은 통상의 알루미늄 피복을 한 강선에 알루미늄보다 용점이 낮은 아연도 피복을 전기도금을 한 것으로서 뇌격시의 아크 스폿트가 가공지선 표면에 넓게 작용함으로써 에너지 확산효과와 아연층이 용융, 증발하는 것에 따른 에너지 흡수효과를 이용하여 통상의 가공지선에 비하여 약 2배의 내뢰성능을 갖고 있다. 본 가공지선은 500kV 오즈미 간선중에서 동계뢰가 예상되는 미나미후꾸꼬 개폐소부근의 약 6km구간에 설치되어 있으며 실 운전개시 후 가공지선의 내뢰 성능에 대하여 그 효과가 입증 될 수 있을 것이다.

V. 결론

이상 현재 실시되거나 시행하고 있는 대표적인 뇌해대책을 중심으로 기술하였다. 그러나 이러한 제반대책은 현 상황에서는 아직 충분하다고 말하기는 곤란한 단계이어서 더욱 상세 검토가 필요하다.

최근 새로운 뇌 관측 시스템으로서 VFH 대의 전자파를 수신, 干涉計를 이용하여 도달방위를 구하고 交會法에 의해 뇌의 위치를 표정하는 SAFIR (System de Surveillance d'Alerte Foudre Interferometrie Radioelectrique: DIMENGIONS 사)이 프랑스에서 상품화 되고 있고 일본에서도 검토 평가가 이루어지고 있다.

또한 앞으로는 이와는 다른 관점에서 고려되어야 할 뇌해대책, 즉 로켓 뇌유도 또는 레이저 뇌유도 등 뇌를 자유자재로 제어할 수 있는 기술의 개발도 기대되어 진다.

이상에서 살펴본 바와 같이 전력계통의 안정적인 운용 및 양질의 전력공급을 위하여 국내 고유의 낙뢰특성분석을 위한 데이터베이스 구축, 다양한 분석, 통계 수단제공 등을 통하여 송전선로의 신뢰도 향상을 위한 자료로 활용하고 송전선로의 신설 및 설비운영에 최선을 기하기 위하여 이 분야에 많은 관심과 연구개발 및 신기술 도입 검토가 있어야 할 것이다. 

참/고/문/헌

1. LPATS를 이용한 뇌격누적 분포곡선 작성에 관한 연구[최종보고서], 韓電 電力研究院 (98. 5)
2. 96, 97년 LPATS 낙뢰자료 분석결과, 韓電 電力研究院 (98. 4)
3. 낙뢰고장 예방을 위한 침상전극봉 시사용 계획, 韓電 送變電處 (98. 7)
4. 架空送電設計の 手引, p334~340, 日本 東京電力(주) (93. 4)
5. 송전선의 雷害防止對策, 日本 中部電力 松山彰, 電氣評論 (98. 7)
6. 낙뢰위치 표정시스템의 데이터를 이용한 낙뢰빈도 MAP, 日本 中央電力研究所 新藤孝敏, 電氣評論 (98. 7)
7. 새로운 낙뢰관측시스템 SAFIR, 日本電氣(주) 渡邊永作, 電氣評論 (98. 7)
8. 일본의 氣象과 雷, 中部大學 池田義一, 電設工業 (88. 8)