

## 낙뢰고장 통계분석을 통한 고장감소방안

민병욱, 김대영, **박봉규**, 최진성, 강연욱, 박광욱, 배현권  
한국전력공사

### The method to reduce the lightning faults through statistic analysis

Byeong-Wook Min, Tai-Young Kim, Bong-Gyu Park, Jin-Sung Choi, Yeon-Woog Kang, Kwang-Uk Park, Hyun-Kwon Bae  
Korea Electric Power Corporation

**Abstract** - 최근 10여년간 기후변화로 인한 낙뢰빈도와 낙뢰크기가 증가추세로 분석되고 있으며 이로 인해 한전의 전력설비는 낙뢰고장 점유율이 크게 증가하고 있다. '96년~'00년 사이에 59.3%이었던 낙뢰고장 점유율이 최근 5개년('06~'10년) 사이에 무려 80.3%에 이르고 있는 실정이다. 또한 민원으로 인한 산악지 경과 및 4회선 송전철탄의 증가로 낙뢰고장의 개연성은 계속 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 실제 한전 설비에 발생했던 과거 10년간의 고장자료를 심층 분석하여 낙뢰고장을 감소시킬 수 있는 개선 아이디어를 도출하고 향후 낙뢰고장 분석에 필요한 추가 핵심인자를 발굴해보고자 한다.

#### 1. 서 론

낙뢰는 전기설비에 있어 많은 고장을 발생시키지만 이에 대한 완벽한 대책을 수립하는 것은 현실적으로 불가능하다. 송전선로의 낙뢰에 의한 사고율을 예측계산하고, 내뢰 대책에 따른 효과를 분석하는데 있어 뇌격전류의 크기는 확률로서 설명된다. 대표적으로 낙뢰 데이터를 분석하여 누적확률 분포 특성을 분석함으로써 뇌 사고율 예측계산에 사용되는 분포로서 포폴란스키(Popolansky)와 앤더슨-에릭슨(Anderson-Eriksson)이 제안하는 낙뢰크기 분포가 사용되고 있다. 결국 낙뢰대책은 확률론적으로 그 대책을 수립하기 때문에 확률적으로 수립된 이론을 실제 고장을 통하여 통계적으로 분석하는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 2001년부터 2010년까지 발생하였던 낙뢰고장을 전압별, 회선별, 대지경사각 등 16개 주요인자로 분석하여 낙뢰고장을 예방하기 위한 개선아이디어를 도출하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 전압별 / 회선별 낙뢰고장을 비교분석

낙뢰고장률의 단위는 [건/100c-km·년]으로 나타낸다. 전압별, 회선별 낙뢰고장률을 파악하는 것은 낙뢰고장을 예방하기 위하여 핵심대상을 어떻게 정할 것인가와 밀접한 관련이 있다. 아래 표는 10개년 누적평균 낙뢰고장률을 산출한 결과이다.

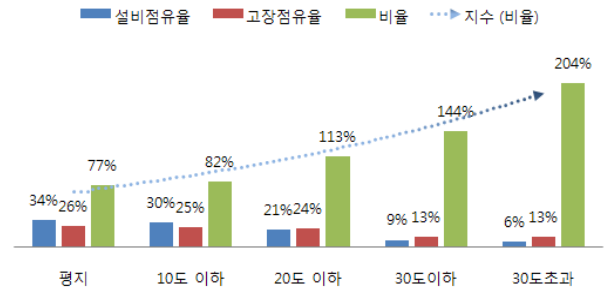
<표 1> 전압별, 회선별 설비현황 및 고장률 (10개년 누적평균)

구 분	고장건수 (건)	설비수량 (c-km)	고장률 (건/100km.년)
345kV 2회선	27.5	7,302	0.377
345kV 4회선	2.2	537	0.409
345kV 합 계	29.7	7,839	0.379
154kV 2회선	211	15,065	1.399
154kV 4회선	38.4	2,180	1.762
154kV 합 계	249	17,244	1.445

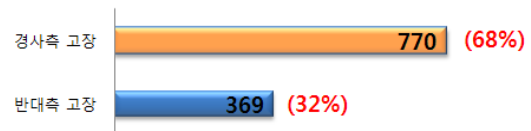
상기 <표 1>의 결과와 같이 전압별로는 154kV가 345kV에 비해 3.8배 높은 고장률을 보였고, 회선별로는 4회선이 2회선보다 높다는 것을 통계적으로 확인할 수 있다. 따라서 낙뢰고장 대책은 154kV 설비와 4회선 선로에 집중함으로써 개선효과를 극대화할 수 있음을 알 수 있다.

##### 2.2 대지경사각에 따른 낙뢰고장 분석

대지경사각은 송전선로의 진행방향에 수직으로 형성된 대지의 경사도를 말한다. 대지경사각은 차폐설비 범위를 확대시켜 결국 낙뢰고장 개연성을 증가시키는 요소로 작용한다. 대지경사각에 의한 고장분석은 송전선로의 대지경사각을 일일이 파악해야 하는 어려운 작업으로 본 논문을 통하여 의미 있는 분석을 시행하였으며 결과는 아래와 같다.



<그림 1> 대지경사각에 따른 고장비율 현황

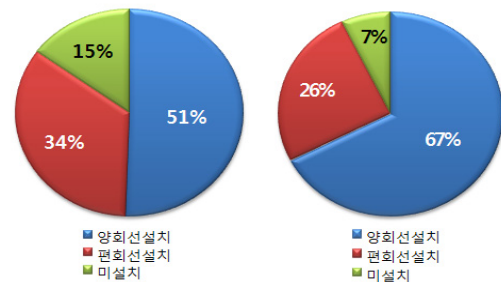


<그림 2> 대지경사각 및 반대측 고장비율 현황

<그림 1> 및 <그림 2>에서 알 수 있는 것이 대지경사각이 높을수록 고장확률은 증가하며 경사측 고장이 반대측에 비하여 2배 이상 고장이 많이 발생함을 알 수 있다. 따라서 낙뢰고장 저감을 위해서는 대지경사각을 고려하여 송전선로 설비계획이 필요함을 알 수 있다.

##### 2.3 아킥혼 설치에 따른 낙뢰고장 분석

최근 아킥혼 설치방법 (편측, 양측) 및 설치여부에 따른 설비현황의 논란이 많다. 이에 아킥혼 설치에 따른 낙뢰고장 통계를 분석하였고 결과는 아래와 같다.



[아킥혼 설치현황('10년)] [고장발생개소 아킥혼설치현황]

<그림 3> 아킥혼 설치현황 및 고장현황 분석

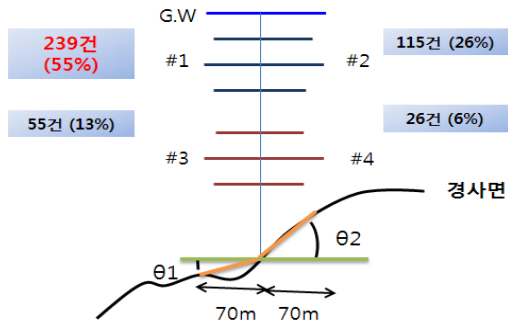
##### <표 2> 아킥혼설치 고장대비 애자설치고장 점유율

구분	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년
아킥혼설치고장	228	292	171	214	402
애자 설치고장	17	16	8	12	16
애자고장 점유율	6.9%	5.2%	4.5%	5.3%	3.8%

<그림 3>에서 보는바와 같이 아킹흔을 양회선 설치한 설비의 고장 확률은 미설치 설비대비 2.8배 높은 것으로 나타났고 이는 이론적으로 당연한 결과이다. 아킹흔 설치의 예자선보호의 본래의 목적으로 사용하는 것이며 실제로 낙뢰고장 빈도는 증가시켰다. 또한 표 2에서 보는 바와 같이 최근 아킹흔 섬락고장 대비 예자섬락 고장비율은 3.8%로 현재의 혼능률은 예자보호 효과가 있는 것으로 분석되었다.

### 2.4 4회선 송전선로 위치별 고장분포

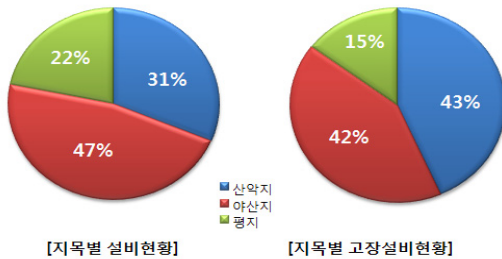
상기 2.1 및 2.2에서 도출된 결과와 같이 대지경사각이 높은 즉과 4회선 첩탑의 상단에 고장확률이 높았다. 이를 고장이 많은 154kV 송전선로 4회선 선로에 적용하여 재분석하였다.



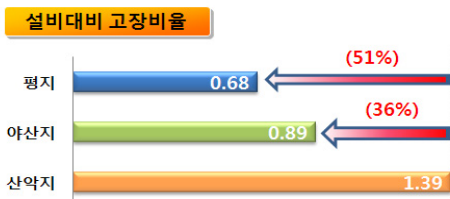
<그림 4> 154kV 4회선 송전선로 낙뢰고장 분포

<그림 4>와 같이 대지경사각측 상단선로가 55%의 낙뢰고장이 발생하였다. 따라서 송전용 피뢰기 설치 및 예자중결 등의 낙뢰예방대책을 적용할 경우 대지경사각 높은 상단선로를 우선 적용함이 고장예방의 확률도 높일 수 있다

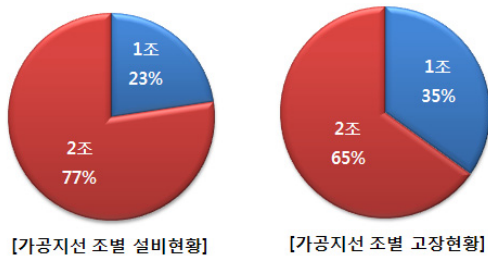
### 2.5 지목 및 가공지선 조별 고장분석



[지목별 설비현황] [지목별 고장설비현황]



<그림 5> 지목에 따른 낙뢰고장 분포



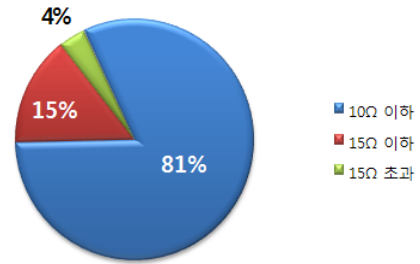
[가공지선 조별 설비현황] [가공지선 조별 고장현황]  
<그림 6> 가공지선 조별 고장현황

<그림 5>는 지목에 따른 고장현황을 나타내고 있다. 산악지의 경우 31%의 설비현황을 가지고 있지만 고장은 43%를 점유하고 있다. 평지와 산악지를 설비대비 비율로 비교하면 평지는 산악지 대비 51%나 낮게 고장이 발생함을 알 수 있다. 또 <그림 6>에서 보는 바와 같이 가공지선 조별 고장현황을 보면 당연히 2조의 경우가 1조에 비해 고장이 적음을 알

수 있다.

### 2.6 접지저항값에 따른 고장분석

역섬락 고장에 많은 영향을 미치는 접지저항값을 10개년 낙뢰고장 현황을 분석하였다. 결과는 <그림 7>과 같다.



■ 대부분(96%이상) 접지저항값이 설계기준을 만족함  
(접지저항 설계기준 : 154kV 15Ω / 345kV 20Ω)

<그림 7> 접지저항값에 따른 고장분석

<그림 7>에서 보는바와 같이 96%이상이 접지저항 기준값에 만족함을 알 수 있다. 따라서 접지저항값이 기준 이하로 낮추어도 낙뢰고장 저감효과에는 많은 영향이 없음을 알 수 있다.

### 2.7 낙뢰고장분석을 위한 추가 필요인자

과거 10개년 낙뢰고장 현황을 분석하면서 낙뢰고장의 정확한 원인을 보다 정확히 파악하기 위하여는 현재의 16개 인자 외에 아래와 같은 추가요인들이 필요함을 알 수 있었다.

가. 낙뢰고장 섬락 위치자료 (가공지선, 전력선 구분)

- 역섬락, 차폐실패고장 구분가능

나. 첩탑부지의 대지고유저항률 및 건설시 정상접지 측정값

다. 예자섬락 고장의 피해정도 (단순섬락, 예자파손 등)

라. 동시고장시 상별 고장위치 및 고장건수

## 3. 결 론

본 논문에서는 2001년~2010년 10개년간의 한전에서 운영 중인 실제 송전설비에 발생한 고장들을 전압, 회선, 대지경사각, 접지저항값, 아킹흔 설치여부 등 16개 인자들을 통하여 분석하였다. 그 결과 높은 고장점유율을 차지하고 있는 154kV 송전선로에 대한 고장저감대책이 시급하며 그 중에서도 대지경사각이 높은 4회선 선로의 상단에 대해서 설비보강 등을 우선 반영하는 것이 합리적이다.

또한 아킹흔 설치의 낙뢰고장 빈도를 증가시키지만 현재의 혼능률은 예자보호 효과가 있으므로 아킹흔 본연의 목적으로 2회선을 동시에 설치하는 것이 타당하다. 다만 현재 오손구별로 상이하게 운영되고 있는 혼능률을 통일하여 설치하면 낙뢰고장이 저감됨을 알 수 있었다. 향후 보다 신뢰성 있는 낙뢰고장 분석을 위해서는 낙뢰고장 섬락위치, 예자의 섬락정도, 동시고장에 대한 고장통계 기준정립 등이 필요하다.

이러한 데이터를 향후 수년간 추가로 관리하여 분석한다면 보다 신뢰성 있는 낙뢰고장 원인파악 및 대책수립이 가능할 것으로 예상된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] J.G. Anderson, "Lightning Performance of Transmission Lines", Chapter 12 of Transmission Line Reference Book 345kV and Above. Second Edition, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, 1987.
- [2] P. Chowdhuri, "Direct Lightning Strokes to Overhead Lines with Shield Wires", Chapter 7 of Electromagnetic Transients in Power Systems, Research Studies Press LTD, 2004.
- [3] Andrew R. Hileman, "Shielding of Transmission Lines", Chapter 7 of Insulation Coordination for Power System, Marcel Dekker. Inc, NY, 1999.
- [4] 강연욱, 박주식, "낙뢰에 의한 송전선로의 차폐실패 사고율 계산 알고리즘 검토", 대한전기학회 제36회 하계학술대회 논문집, A, pp. 621~623, 2005.