

LPATS-III의 오차검토 및 한반도 낙뢰발생빈도 분석결과

*우정욱, *심응보, *권동진, **최영민, **이성진, **김기운, ***이복희
*한전 전력연구원, **한국전력거래소, **인하대학교

Analysis of LPATS-III Error Level and the lightning characteristics in KOREA

*J.W.Woo, *E.B.Shim, D.J.Kwon, **Y.M.Choi, **S.J.Lee, **K.W.Kim, ***B.H.Lee
*KEPRI, **KPX, ***IHU

Abstract - Because the overhead transmission lines are exposed to the outdoor weather, the faults of the transmission lines are due to natural conditions, and among these faults, the outage rate by lightning is about 50%. The lightning causes the damage of power system equipments, the shut down of electricity and the electro-magnetic interference. To study the basic research of the lightning parameters for power system operation, LPATS-III(Lightning Positioning and Tracking System) has been introduced since 1995 in Korea. This paper describes the inspection result about location information error and the statistical distribution of lightning current.

일대일 대응시켜 위의 조건에 해당하는 데이터가 없으면 제외하였고, 그 외에는 가장 근접한 시간과 거리차를 가지고 나온 결과이다.

표 1. 비교 결과 데이터

	비교 전		비교 후	
	일본	한국	일본	한국
총 횟수	856	830	259	259
평균전류값 (kA)	-46.8	-17.8	-47.25	-14.29
낙뢰 건수	부극성	629	193	195
	정극성	227	354	66

* 비교 후 : 동일한 낙뢰라고 인정된 데이터

1. 서 론

LPATS-III(낙뢰위치표정시스템)이 1995년에 한국에 도입된 이후로 낙뢰연구 및 송변전설비 운영에 지속적으로 사용되고 있다. 또한, 가공송전선의 주요사고 원인중 많은 부분이 자연현상에 의한 것으로써 그 중에서도 낙뢰에 의한 사고의 원인 분석 및 검토에 LPATS 자료가 유용하게 사용되고 있다.

본 논문에서는 사용중인 LPATS에서 얻어진 결과 데이터에 대해서 타 설비에서의 결과와 고장사례 보고 결과와 비교하여 위치정보와 시각정보에 대한 오차검토도가 어느 정도인지를 검토하였으며, 뇌격전류크기 정보에 대한 향후 검증방안을 제시한다. 또한, 절연설계에 사용되는 낙뢰정보의 기본 파라미터들에 대한 데이터베이스가 update된 결과에 대해서 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 낙뢰데이터 상호비교를 통한 정밀도 검토

2.1.1 비교조건

사용중인 LPATS의 정밀도 확인 과정에서 하나로 일본에서 운용중인 낙뢰감지기에 의해 감지된 한반도 내의 낙뢰데이터와 우리 낙뢰데이터의 비교를 통하여 오차검토를 살펴보았다. 두 자료의 비교 기준 시간은 2002년 01월 15일 00:00~12:00 AM으로 하였고, 비교 조건은 일본 낙뢰 데이터를 기준으로 우선 "시, 분, 초"의 데이터 중 동일한 "시, 분"에 해당하는 데이터를 검색한 후, 일본의 "위, 경도"의 좌표값을 기준으로 오차 범위 ±5분 안에 해당하는 데이터를 검색하였다.

2.1.2 비교결과

아래의 표는 일본과 우리나라의 데이터를 위의 조건으로 비교하기 전과 후의 총 데이터 개수와 평균 전류값을 정리한 결과이다. 아래의 자료는 일본 데이터를 기준으로

일본의 데이터 개수는 비교 후 30.3 % 감소하였고, 우리나라의 데이터 개수는 31.2 % 감소하였다. 또한 평균 전류값은 일본의 경우 오히려 0.45kA가 감소하였고, 우리나라의 경우 3.51kA가 더 증가하였다. 그리고 일본의 부극성의 점유율은 73.5%에서 74.5%로 1% 상승하였고, 정극성 점유율이 26.5%에서 25.5%로 1% 감소하였다. 우리나라의 경우 부극성의 점유율은 57.3%, 정극성 점유율은 42.7%로 일본의 점유율과 상당히 큰 격차가 있으나 비교 후 부극성은 75.3%, 정극성은 24.7%로 비슷한 경향을 보이고 있다. 시간별 동일한 낙뢰로 인정되는 데이터의 개수를 나타낸 것이 아래 그림이다. 시간별 데이터 개수는 오전 중 07~08시 경이 가장 많은 점유율을 차지하고 있다.

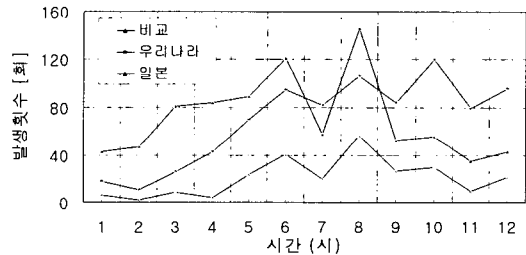


그림 1. 시간대별 낙뢰 데이터 비교 결과

비교 후 일본과 우리나라의 낙뢰 자료의 개수 259개 각각의 전류차, 시간차 및 거리차를 계산하였다. 여기에서 거리의 차를 계산하기 위하여 위·경도로 되어있는 좌표값을 UTM으로 바꾸어서 거리의 계산을 하였다. 계산 결과 평균적으로 전류차는 32.96 kA 였고, 시간차는 00:00:12(초), 거리차는 30.5541m로 나타났다. 따라서, 현재 사용중인 LPATS에 대해서는 GPS 신호로부터 시간 및 거리를 계산해 내기 때문에 위와 같은 정도의 오차가 발생하는 것이 상당히 정확하다고 판단되

며, 전류치 크기에 관한 정도는 일본 데이터의 경우는 일본에 설치된 감지기의 영역 밖에 있는 데이터를 계산한 값이기 때문에 우리의 데이터가 정확도가 높은 것으로 판단되나 자세한 검토는 후후의 검증이 필요할 것으로 판단된다. 검증을 위해서 뇌격전류를 직접 측정하거나 다른 방식의 간접 측정 장비를 통한 뇌격 관측 연구가 현재 진행되고 있어 추후 그 결과를 이용하면 뇌격전류 크기에 대한 검증이 되리라 여겨진다.

2.2 한반도내 낙뢰빈도 분석결과

2.2.1 지역별, 월별 낙뢰빈도 분석

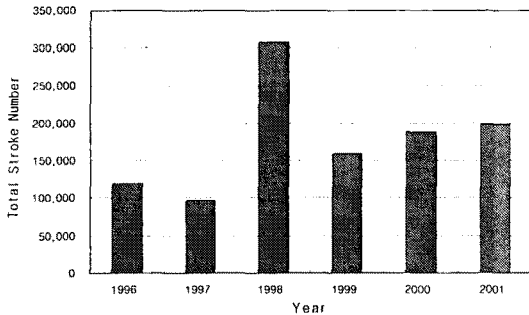


그림 2. 전체 발생낙뢰수의 변화

현재 운용중인 LPATS에 저장되고 있는 낙뢰자료를 사용하여, 96년부터 6년간의 낙뢰데이터를 분석하였다. 분석한 결과, 그림 2에서 보듯이 1998년도의 낙뢰수가 가장 많은 낙뢰수를 보여주고 있으며, 작년인 2001년도의 경우는 두 번째로 많은 낙뢰수를 기록하고 있으며, 연도별로 심한 편차를 보여 주고 있다.

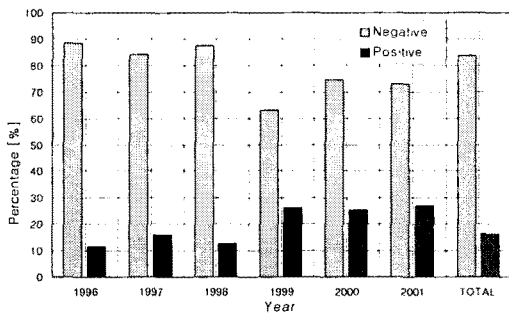


그림 3. 발생낙뢰의 극성분포

그림 3은 각 연도별 극성의 비율을 보여주고 있는 그래프로 부극성의 비율이 약 83.5%, 정극성이 약 16.5% 정도를 기록하고 있으며, 1999년부터 3년간 정극성의 비율이 점차 높아지고 있음을 알 수 있다. 이는 여러 가지 가능성을 내포하고 있으며, 특히 정극성 낙뢰가 많이 보고 되고 있는 동계뇌의 발생 가능성이 있으며, 또한, 상향 낙뢰의 가능성도 있다. 다중도 분석결과 대부분의 낙뢰가 하나의 낙뢰 안에 4~5개 이내의 뇌격을 보유하고 있었다. 1996년부터 6년간의 분석 결과에서 다중도가 최대인 낙뢰는 다중도가 10인 낙뢰이었다. 해마다 상이한 양상을 보이고 있으며, 전반적으로 비슷한 경향을 보이고 있다. 뇌격의 지역별 분포를 살펴보면, 1996년의 경우는 강원, 경북지역에 많은 뇌가 발생하였으며, 1997년의 경우에는 경기, 강원 지역에 많은 뇌가 발생하였다. 반면에 1998년에는 경기도와 충남지역에 많은 낙뢰가 발생

하였으며, 1999년도의 경우는 특정지역에 편중되었다기 보다는 전 지역에 걸쳐 고르게 발생하였으며, 2000년의 경우도 지역별로 비교적 고른 분포를 보여주고 있으며, 특히 경남, 경북, 전남지역에 비슷한 수의 낙뢰발생횟수를 보여주었다. 2001년의 경우는 특히 경남지역에 많은 낙뢰수를 보여 주고 있다. 전체 낙뢰수에서는 경기, 경북, 경남, 충남지역의 낙뢰수가 가장 많았다. 경기, 충남지역의 낙뢰수는 1998년도의 영향을 받아 계속해서 많은 낙뢰수를 보여주고 있으며, 경북의 경우는 평균적으로 많은 낙뢰수에 의해 발생횟수가 점점 누적되고 있다. 또한 2001년의 경우 경남에 집중된 경향으로 전체적인 횟수에도 경남이 상승한 경향을 나타내고 있다. 그러나 전체수에서는 각 행정구역별 면적이 틀리기 때문에 타 지역과의 발생빈도 비교를 위해서는 단위 면적당(km²) 발생 뇌격횟수를 비교할 필요가 있다. 그럼에서 보면 전체적으로 충남, 경기, 경남 지역의 뇌격밀도가 상대적으로 높으며, 대도시의 경우는 서울과 대전이 상대적으로 높았다. 따라서, 뇌격수가 많은 지역도 주목할 필요가 있지만, 상대적으로 대지 뇌격밀도가 많은 지역도 지형적인 영향이나 기후 등을 중심으로 추후 좀더 정밀한 검토가 필요하리라 여겨진다.

그림 4. 발생낙뢰의 지역별 전체 횟수 및 년간평균 밀도분포

2.2.2 뇌격누적분포

그림 5는 각 연도별 발생한 뇌격중에서 극성별로 최대 값을 기록한 것들이다. 매년 갈수록 뇌격전류의 크기가 커지고 있음을 보여주고 있다. 2001년도는 내륙에 떨어진 가장 큰 뇌격이 300 kA 이상인 것이 여러 회수 관측되었으나, 300 kA 이상인 것은 너무 큰 편차를 보이고 있어서 이 값을 제외하여 300 kA 미만인 값들 중에서는, 부극성의 경우에는 9월 29일 00시 58분에 위도 37.81, 경도 128.32 지역(강원도, 상남 S/S 인근)에 -241 kA의 뇌격이 발생하였으며, 정극성의 경우에는 7월 27일 15시 56분에 위도

37.29. 경도 129.23 지역(상원도, 평창 T/L 인근)에 271 kA의 뇌격이 발생하였다.

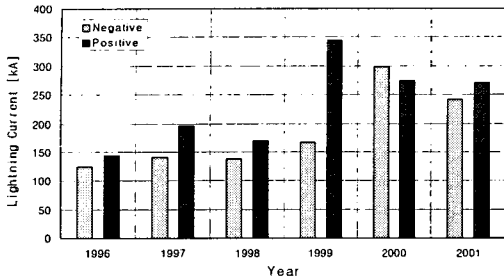


그림 5. 뇌격전류 최대값 연도별 추이

표 2. 뇌격전류 평균값

I	1996	1997	1998	1999	2000	2001	평균
Average (kA)	19.3	23.3	23.2	17.7	21.9	14.7	20.7
Mean (kA)	16.2	19.3	19.8	13.0	16.6	10.8	16.0

표 2는 뇌격전류의 산술 평균값과 Mean value를 보여 주고 있다. 1999년을 제외하고는 대개 비슷한 값을 보여주고 있으며, 뇌격전류의 평균크기는 20.7 kA이었다. 뇌격전류의 크기분포를 보면 대개는 50 kA 이하로 20 kA 전후의 값이 대부분을 차지하고 있었다. 2001년의 경우는 뇌격전류크기값이 평균이하로 아주 작은 값을 보여주었다. 그림 6은 실제 낙뢰데이터를 이용하여 기존에 절연설계에 이용하고 있는 한반도 고유의 누적빈도분포 곡선 수식을 유도하여 표현한 것이며, 그 수식은 아래와 같다. 통계 계산결과, $M=15.9\text{kA}$, $m=2.80$, σ (표준편차) = 15.90이었다.

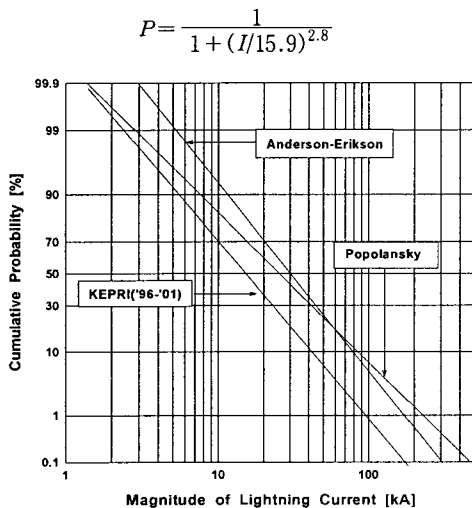


그림 6. 누적확률 분포곡선

뇌격발생빈도를 절연설계에 적용하기 위해서는 년 평균 뇌우일수로 정의되는 IKL(Iso-keramic Level)로 나타내어야 한다. 그림 7은 한반도 내의 연간뇌우일수를 등고선형태로 나타낸 그림이다.

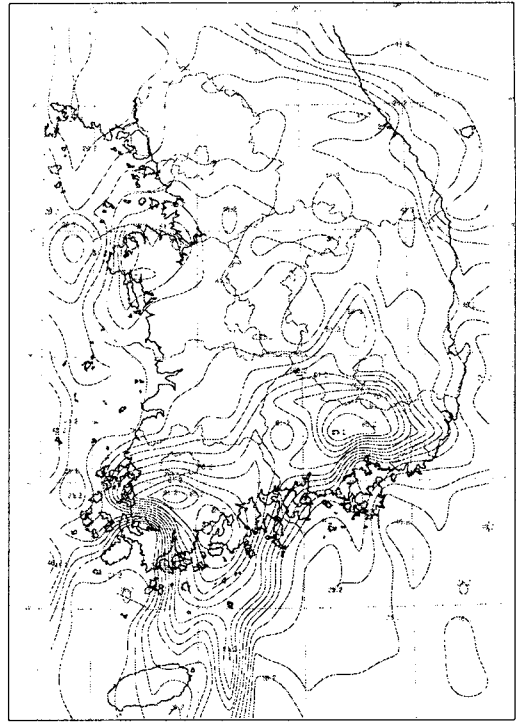


그림 7. 1996~2001년 평균 IKL 도(Contour 형태)

3. 결 론

이 논문에서는 LPATS의 자료를 다른 설비에서 얻어진 자료와 비교 검토하였으며, LPATS에서 얻어진 낙뢰 데이터를 이용하여 얻어지는 낙뢰 파라미터들에 대해서 아래와 같이 기술하였다.

- 계산 결과 평균적으로 전류치는 32.96 kA 였고, 시간차는 00:00:12(초), 거리차는 30.5541m로 나타났다. GPS 신호로부터 시간 및 거리를 계산해 내기 때문에 위와 같은 정도의 오차가 발생하는 것이 상당히 정확하다고 판단되며, 전류치 크기에 관한 정도는 일본 데이터의 경우는 일본에 설치된 감지기의 영역 밖에 있는 데이터를 계산한 값이기 때문에 우리의 데이터가 정확도가 높을 것으로 판단된다.
- 1998년도의 낙뢰수가 가장 많은 낙뢰수를 기록하고 있으며, 극성비율은 부극성의 비율이 약 83.5 %, 정극성이 약 16.5 % 정도를 기록하고 있다.
- 다중도에서는 대부분의 낙뢰가 하나의 낙뢰 안에 4~5개 이내의 뇌격을 보유하고 있었다.
- 누적빈도분포 : $P = \frac{1}{1 + (I/15.9)^{2.8}}$

[참 고 문 헌]

- [1] M.A.Uman : Lightning, Dover Pub, Inc. 1984
- [2] 내뢰설계위원회 뇌성상분과회 : 낙뢰위치표장장치의 현상과 그 데이터를 이용한 낙뢰빈도 맵의 작성, 일본전기학회논문지
- [3] 계통운용처 : 전력계통 낙뢰감지 및 진로예측 시스템 개발에 관한 연구(최종보고서), 한국전력공사, 1995
- [4] 淺川 등 : 발전전소 및 지중송전선의 내뢰설계가이드, 전중연중합보고 No.T40, 1995
- [5] 우정옥, 심음보 : GPS 좌표입력방식의 낙뢰화면 표시프로그램 개발(중간보고서), 2002.04