

낙뢰위치표정시스템의 낙뢰 DB를 이용한 한반도 뇌격 특이특성 분석

우정욱, 곽주식, 심용보, 이건웅, 김기운, 김병식  
한전 전력연구원, 전력거래소

Analysis of the lightning characteristics by the Lightning DB in KOREA

J.W.Woo, J.S.Kwak, E.B.Shim, G.W.Lee, K.W.Kim, B.S.Kim  
KEPCO KEPRI,

**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. Therefore, the pertinent insulation design is important, not only to decrease the damage of the facility itself but also to increase the reliability of electric power system. For these reasons, we have to obtain and accumulate the lightning current parameters for the basic lightning research. This paper describes the statistical distribution of lightning current parameters and the IKL map.

1. 서 론

가공송전선의 주요사고 원인은 자연조건이며 그 중에서도 낙뢰에 의한 사고가 가장 많다. 낙뢰로 인한 피해는 주로 전력설비에 손상을 주며, 송전계통 정전으로 대정전 사고를 유발하고 있다. 따라서, 적절한 절연설계는 직접적인 전력설비 피해의 감소뿐만 아니라 전력공급 신뢰도 확보측면에서도 중요하며, 뇌찌지 전압에 대한 절연설계의 기초조건이 되는 뇌격전류 파라미터에 관한 데이터 확보가 필요하다. 이 논문에서는 낙뢰위치 표정시스템(LPATS)에서 얻어진 낙뢰 데이터를 이용하여 구성된 DB의 분석결과들에 대해 기술하였다. 낙뢰 DB로부터 가공 송배전선로 절연설계에 필요한 지역별, 시간대별 분포 및 뇌격전류 파고치 누적 빈도곡선을 작성하고, 연간뇌우일수를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 지역별, 월별 낙뢰빈도 분석

현재 운용중인 LPATS에 저장되고 있는 낙뢰자료(\*.1, \*.LGT)와 파형자료(\*.W)를 사용하여, 96년부터 00년까지의 5년간의 낙뢰데이터를 분석하였다. 설정범위는 위도 33~39도, 경도 124~131도 범위 내에서 분석하였으며, 이 범위는 한반도의 남한 전역을 포함하고, 한반도 주변 해안을 포함한다. 낙뢰의 정의에서는 10 km 이내, 500 msec 이내의 낙뢰는 동일낙뢰의 다중낙뢰로 정의하였다.

그림 1과 2는 1996년부터 2000년까지의 낙뢰자료를 분석한 결과로, 1998년도의 낙뢰수가 가장 많은 낙뢰수를 보여주고 있으며, 작년인 2000년도의 경우는 두 번째로 많은 낙뢰수를 기록하고 있었으며, 연도별로 심한 편차를 보여 주고 있으며, 이로 보아 절연설계에 직접적으로 이용하기 위한 데이터로써는 아직 더 많은 양, 즉 오랜 기간의 낙뢰 데이터 축적이 필요하리라 여겨진다. 그림

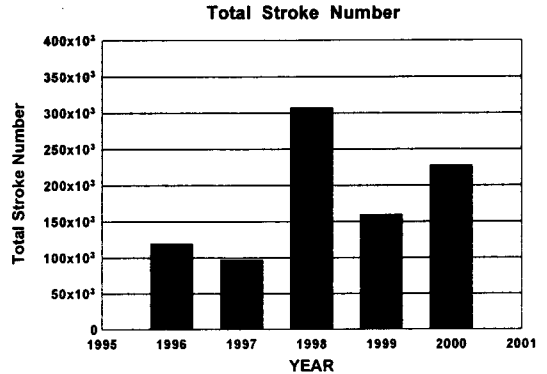


그림 1. 전체 발생낙뢰수의 변화

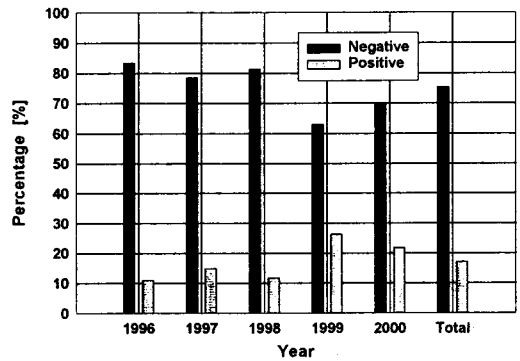


그림 2. 발생낙뢰의 극성분포

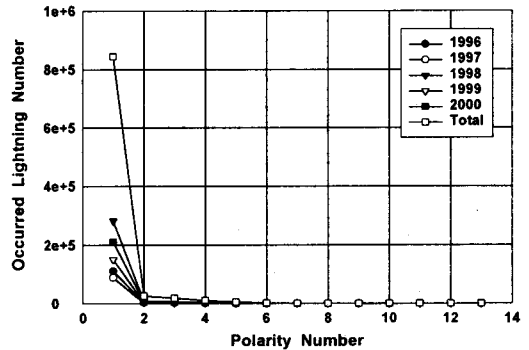


그림 3. 발생낙뢰의 다중도분포

2는 각 연도별 극성의 비율을 보여주고 있는 그래프로 부극성의 비율이 약 75%, 정극성이 약 25% 정도를 기록하고 있다. 2000년의 경우는 예년에 비해서 정극성의 낙뢰가 다소 많이 발생하였음을 알 수 있다.

그림 3은 발생낙뢰의 다중도를 분석한 결과로, 대부분

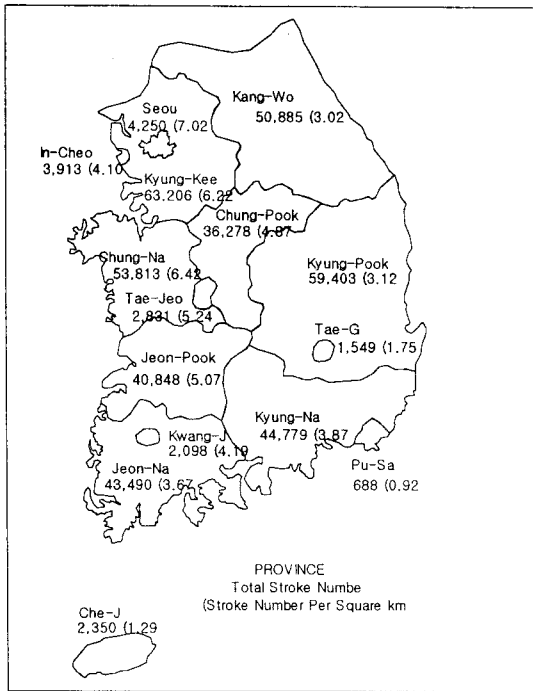


그림 4. 발생낙뢰의 지역별 전체 횟수 및 밀도분포

의 낙뢰가 하나의 낙뢰 안에 4~5개 이내의 뇌격을 보유하고 있음을 알 수 있다. 1996년부터 5년간의 분석 결과에서 다중도가 최대인 낙뢰는 다중도가 13인 낙뢰로 2000년도에만 13회가 관측되어졌다. 다중도가 2이상인 뇌격은 약 7.2%를 점유하고 있었다. 처음 관측이 시작되었던 1996년을 시작으로 해가 지남에 따라 다중도가 높은 낙뢰가 점점 많이 발생하고 있는 추세이며, 전반적으로 비슷한 경향을 보이고 있다.

그림 4는 낙뢰자료에 의한 뇌격의 지역별 분포를 보여주고 있다. 1996년의 경우는 강원, 경북지역에 많은 뇌가 발생하였으며, 1997년의 경우에는 경기, 강원 지역에 많은 뇌가 발생하였다. 반면에 1998년에는 경기도와 충청지역에 많은 낙뢰가 발생하였으며, 1999년도의 경우는 특정지역에 편중되었다기보다는 전 지역에 걸쳐 고르게 편성되어 있었다. 2000년의 경우는 지역별로 비교적 고른 분포를 나타내었으며, 특히 경남, 경북, 전남 지역에 비슷한 수의 낙뢰발생횟수를 보여주었다. 전체 낙뢰수에서는 경기, 경북, 충남지역의 낙뢰수가 가장 많았다. 경기, 충남지역의 낙뢰수는 1998년도의 영향을 받아 계속해서 많은 낙뢰수를 보여주고 있으며, 경북의 경우는 평균적으로 많은 낙뢰수에 의해 발생 횟수가 점점 누적되고 있다.

그러나 전체수에서는 각 행정구역별 면적이 틀리기 때문에 타 지역과의 발생빈도 비교를 위해서 그림 4에서 처럼단위 면적당(km<sup>2</sup>) 발생 뇌격횟수를 비교하였다. 전체적으로 1998년의 영향으로 서울과 경기, 충남 지역의 뇌격밀도가 상대적으로 높음을 알 수 있다. 2000년도의 경우는 전체적으로 비슷한 밀도의 낙뢰가 경험되었다. 따라서, 뇌격수가 많은 지역도 주목할 필요가 있지만, 상대적으로 대지 뇌격밀도가 많은 지역도 지형적인 영향이나 기후 등을 중심으로 추후 좀더 정밀한 검토가 필요하리라 여겨진다.

그림 5는 낙뢰자료에 의한 뇌격의 월별 분포를 보여주고 있다. 1998년, 1999년에는 8월이 가장 많은 낙뢰수를 보여주고 있으나, 1996년, 1997년, 2000년의 경우처럼 전반적인 경향으로는 7월이 가장 많은 낙뢰수를 보여주고 있다. 전반적으로 태풍이나 뇌우가 많은 하

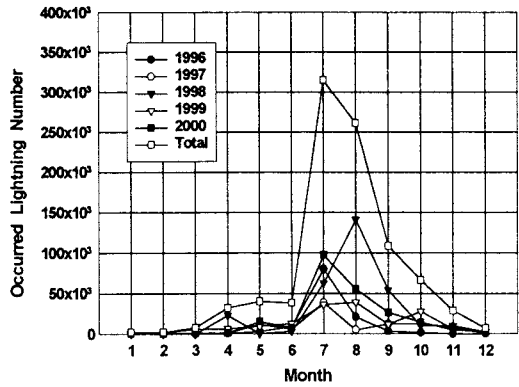


그림 5. 발생낙뢰의 월별분포

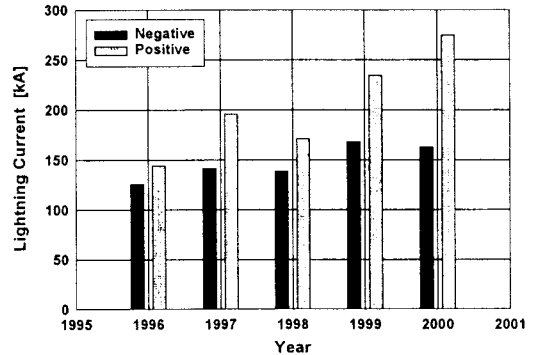


그림 6. 뇌격전류 최대값 연도별 추이

절기(7, 8월)에 대다수의 낙뢰가 집중되고 있음을 알 수 있어, 하계 낙뢰에 의한 피해에 대해 각별한 주의가 필요하리라 여겨진다.

## 2.2 뇌격누적분포

그림 6은 각 연도별 발생한 뇌격중에서 극성별로 최대값을 기록한 것들이다. 매년 갈수록 뇌격전류의 크기가 커지고 있음을 보여주고 있으며, 이는 실제로 뇌격의 크기가 커지고 있을 가능성도 있으며, LPATS 자체의 오차가 사용 년수가 늘어남에 따라 커지고 있을 가능성도 존재한다. 따라서, 올해는 LPATS 감지기 자체의 보정작업도 계획중이다.

2000년도 내륙에 떨어진 가장 큰 뇌격은 부극성의 경우에는 2000년 5월 19일 11시 14분에 위도 37.59, 경도 126.96 지역(삼척, 울정 T/L 인근)에 -162.6 kA의 뇌격이 발생하였으며, 정극성의 경우에는 2000년 3월 28일 14시 15분에 위도 34.9731, 경도 128.4388 지역(경남, 고성)에 274.5 kA의 뇌격이 발생하였다.

표 1은 5년 동안의 뇌격전류의 산술 평균값과 Mean Value를 보여주고 있다. 1999년을 제외하고는 대개 비슷한 값을 보여주고 있으며, 뇌격전류의 평균크기는 21.58 kA이었다. 뇌격전류의 크기분포를 보면 대개는 50 kA 이하로 20 kA 전후의 값이 대부분을 차지하고 있었다.

그림 7은 실제 낙뢰데이터를 이용하여 기존에 절연 설계에 이용하고 있는 한반도 고유의 누적빈도분포곡선 수식을 유도하여 표현한 것이며, 그 수식은 아래와 같다. 통계 계산결과, 1996년부터 2000년까지의 5년간의 경우  $M = 17.34$  kA,  $m = 2.78$ ,  $\sigma$  (표준편차) = 16.01이었다.

$$P = \frac{1}{1 + (I/17.34)^{2.78}}$$

표 1. 뇌격전류 평균값

	1996	1997	1998	1999	2000	평균
Average I [kA]	19.29	23.28	23.22	17.70	22.60	21.58
Mean I [kA]	16.22	19.29	19.78	13.02	17.30	17.34

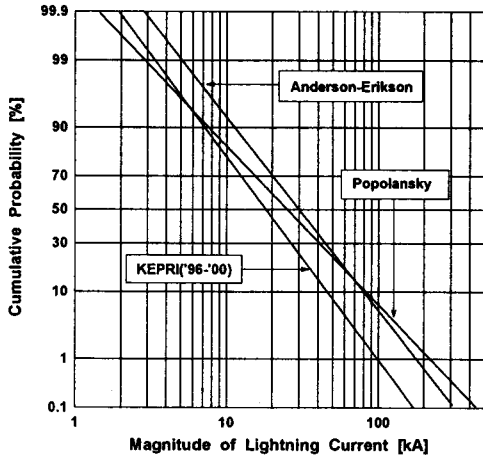


그림 6. 누적확률 분포곡선

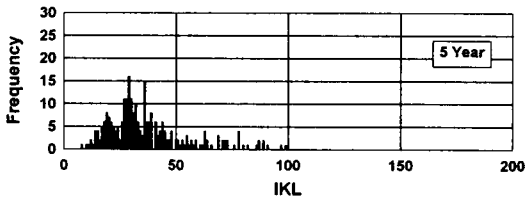


그림 7. 연간뇌우일수도 분포

위 식과 그림에서 보듯이 중간값은 Anderson-Erikson식이나 Popolansky식과 비교하면 다소 낮은 값으로 지역별 특성이나 측정방법이 다르므로 나타나는 차이로 이해할 수 있으며, 전체적으로 우리나라 뇌격전류의 크기가 다른 나라에 비해 적음을 알 수 있고, 그래프의 기울기는 Anderson-Erikson 식과 상당히 근접한 값을 보여주고 있다.

뇌격발생빈도를 절연설계에 적용하기 위해서는 년 평균 뇌우일수로 정의되는 IKL(Iso-keranic Level) 혹은 TD(Thunderstorm Day)로 나타내어야 한다. 그림 8은 1996년부터 2000년의 자료를 근거로 한반도 내의 5년 동안의 연간뇌우일수를 위·경도 1도를 4등분하였을 때의 날짜 분포를 보여주고 있다. 주로 16일에서 30일 범위에서 많은 빈도를 보여주고 있으며, 최대 연간뇌우일수는 200일 가량도 나타났다. 하지만 이는 1999년과 2000년도의 뇌격 일수가 상당히 많았기 때문이다. 따라서, 1996년, 1997년, 1998년 데이터에 의한 뇌격 일수보다 5년 동안의 평균이 높아졌으며, 1999년의 경우에는 IKL이 200 가까이 나온 지역도 있었으며, 2000년도에서도 100 이상인 지역이 몇 군데 관측되었다. 역시 지난해의 뇌격데이터를 세밀히 분석해 본 결과 하루에 한번만의 뇌격이 발생한 것이 상당수를 차지하고 있어, 주변잡음에 의한 오차일 가능성으로 여겨지나, 측정기의 오차 보정 작업을 위한 추가 연구가 필요하리라 여겨지며(올해 예정), 직접측정 설비 구축으로 인한 직접적인 데이터 보정연구도 추가로 이루어져야 할 필요성이 있다. 그림 9는 1996년도부터 2000년까지의 자료를 근거로 하여 평균연간뇌우일수도(IKL Map)를 경위도를 각각 4등분한 mesh 형태로 나타낸 것이다.

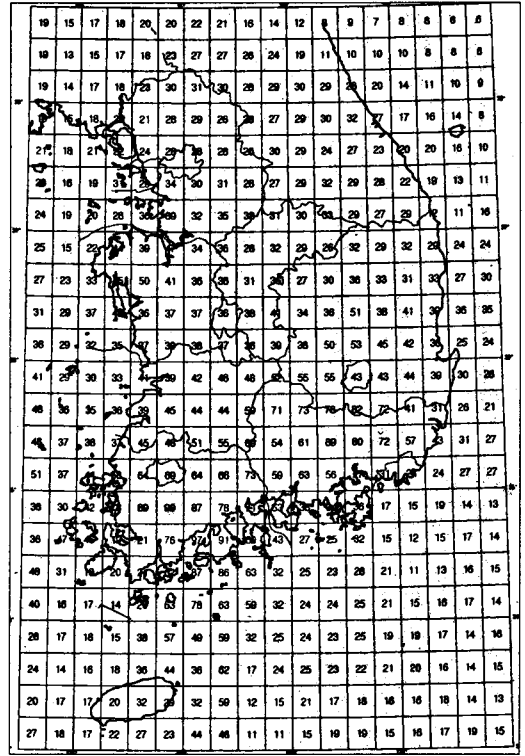


그림 8. 1996~2000년 IKL Map (Mesh Type)

### 3. 결 론

이 논문에서는 LPATS에서 얻어진 뇌격 데이터를 이용하여 얻어지는 뇌격 파라미터들에 대해서 아래와 같이 기술하였다.

- 1998년도의 뇌격수가 가장 많은 뇌격수를 기록하고 있으며, 극성비율은 부정성의 비율이 약 75 %, 정극성이 약 25 % 정도를 기록하고 있다.
- 다중도에서는 대부분의 뇌격이 하나의 뇌격 안에 4~5개 이내의 뇌격을 보유하고 있었다.
- 지역별 분포에서 2000년의 경우는 지역별로 비교적 고른 분포를 보여주고 있으며, 전체 뇌격수에서는 경기, 경북, 충남지역의 뇌격수가 가장 많았다.
- 단위 면적당(km<sup>2</sup>) 발생 뇌격횟수 비교에서는 전체적으로 1998년의 영향으로 서울과 경기, 충남 지역의 뇌격밀도가 상대적으로 높음을 알 수 있다.
- 누적빈도분포 : 
$$P = \frac{1}{1 + (I/17.34)^{2.78}}$$
- 5년간의 연간뇌우일수는 주로 16일에서 30일 범위이며, 최대 IKL은 200 가량도 나타났다.

### (참고 문헌)

- [1] M.A.Uman : Lightning, Dover Publications, Inc. (1984)
- [2] 北條 등 : 뇌격에 따른 전자계파형의 특성과 평가법, 일본 전기학회논문지, 108-B-4, 165/172 (1988)
- [3] 내리설계위원회 뇌성상분과회 : 뇌격위치표정장치의 현상과 그 데이터를 이용한 뇌격빈도 맵의 작성, 일본전기학회논문지
- [4] 계통운용처 : 전력계통 뇌격감지 및 진로예측 시스템 개발에 관한 연구, 최종보고서, 한국전력공사 계통운용처, (1995)
- [5] 淺川 등 : 발전전소 및 지중송전선의 내리설계가이드, 전중연중합보고 No.T40 (1995)
- [6] 우정옥, 심음보 : "96~'00년 한반도 뇌격데이터의 DB 구축 및 통계분석, (2001)