

낙뢰위치 표정시스템(LPATS)에 의한 2004년 한반도 낙뢰통계 분석결과

곽주식, 우정욱, 권동진, 강연욱, 문재덕
한전 전력연구원, 경북대학교 전기공학과

Analysis of the lightning characteristics by the LPATS in KOREA

J.S.Kwak, J.W.Woo, D.J. Kweon, Y.W. Kang, J.D.Moon
KEPCO KEPRI, Kyungpook National Univ.

Abstract - As the overhead transmission lines are exposed to the outdoor weather, the causes of the transmission lines faults are from natural conditions, and among these faults, the outage rate due to lightning is more than 60%. 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.

년 하반기에는 감지기 자체의 정밀 점검 및 관련 소프트웨어의 업그레이드로 기인하여 시스템의 감지성능 안정화를 도모하였다. 신규로 얻어지고 있는 2003년 데이터부터는 배경 잡음이 크게 감소하여 보다 유효한 낙뢰데이터의 확보가 가능해졌다.

그림 2는 각 연도별 관측된 뇌격전류의 극성 비율을 보여주고 있는 그래프로 부극성의 비율이 약 81%, 정극성이 약 19% 정도를 기록하고 있다.

1. 서 론

전력을 수송하는 가공송전선의 주요사고 원인은 자연 조건이며 그 중에서도 낙뢰에 의한 사고가 가장 많다. 낙뢰로 인한 피해는 주로 전력설비에 손상을 주며, 송전계통 정전으로 대규모 정전의 원인을 제공하고 있다. 따라서 적절한 절연설계는 직접적인 전력설비 피해의 감소뿐만 아니라 전력공급 신뢰도 확보측면에서도 중요하며, 뇌써지 전압에 대한 절연설계의 기초조건이 되는 뇌격전류 파라미터에 관한 데이터 확보가 필요하다.

이 논문에서는 낙뢰위치 표정시스템(LPATS, Lightning Position And Tracking System)에서 얻어진 측정 데이터에 기초하여 2004년까지 우리나라에서 발생한 낙뢰의 발생현황에 대하여 분석결과를 소개하고자 한다. 낙뢰 데이터로부터 가공 송배전선로 절연설계에 필요한 지역별, 월별 분포 및 뇌격전류 파고치 누적 빈도곡선을 작성하고, 연간뇌우일수를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 지역별, 월별 낙뢰빈도 분석

현재 운용중인 LPATS에 저장되고 있는 낙뢰자료를 사용하여, 96년부터 04년까지의 9년간의 낙뢰데이터를 분석하였다. 뇌관측 데이터는 위도 33~39도, 경도 124~131도 내의것으로 하여 분석하였으며, 이 범위는 한반도의 남한 전역을 포함하고, 한반도 주변 해안을 포함한다. 낙뢰의 정의에서는 10 km 이내, 500 msec 이내의 낙뢰는 동일낙뢰의 다중낙뢰로 정의하였다. 전체횟수나 지역별, 월별, 크기별 통계치의 경우는 낙뢰자료를 중심으로 검토하였다.

1996년부터 2004년까지의 낙뢰자료를 분석한 결과, 그림 1에서 보듯이 1998년도의 낙뢰수가 가장 많은 낙뢰수를 보여주고 있으며, 2001년도의 경우는 두 번째로 많은 낙뢰수를 기록하고 있다. 연도별로 심한 편차를 보여주고 있으며, 절연설계에 이용하기 위해서는 보다 장기간의 데이터축적과 통계분석이 요구되고 있다. 또한 2002

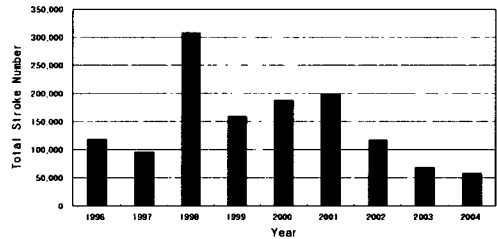


그림 1. 연도별 발생낙뢰수의 변화

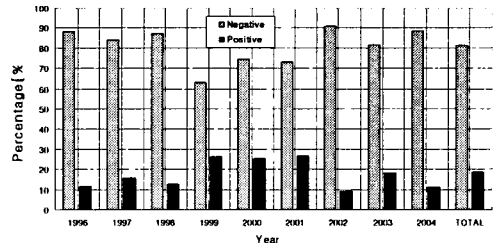


그림 2. 뇌격전류의 극성 분포

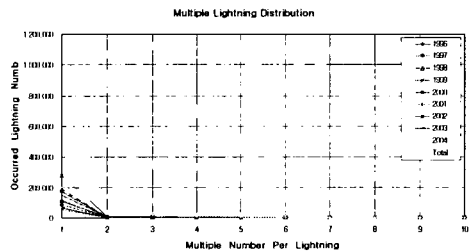


그림 3. 뇌의 다중도

반경 10 km 내에서 500 msec 이내에 여러 개의 뇌격이 관측되어지면 단일 낙뢰로 인정하고, 각 낙뢰에 대한 다중도를 분석하였다. 그림 3에서 보듯이 대부분의 낙뢰가 하나의 낙뢰 안에 4~5개 이내의 뇌격을 보유하고 있음을 알 수 있다. 1996년부터 9년간의 분석 결과에서 다중도가 최대인 낙뢰는 다중도가 최대인 낙뢰는 다중도가 13인 낙뢰로 2000년도에만 13회가 관측되어졌다. 2000년을 제외하면 10의 최대 다중도가 기록되고 있다. 연도별

편차를 보이고 있으나, 전반적으로 비슷한 경향을 보이고 있다.

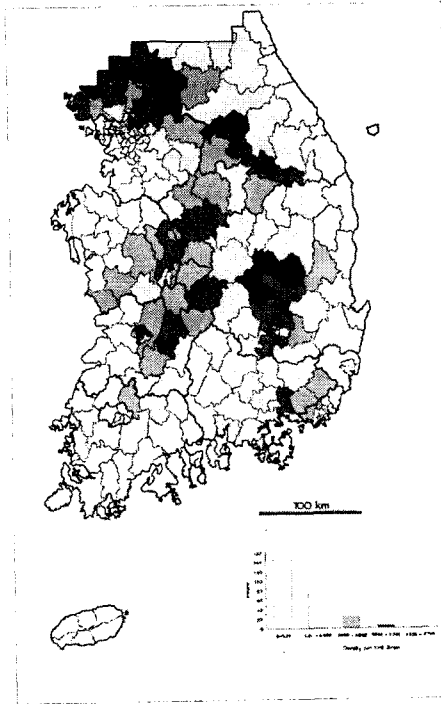


그림 4. 2004년 시군별 단위면적당 낙뢰밀도분포

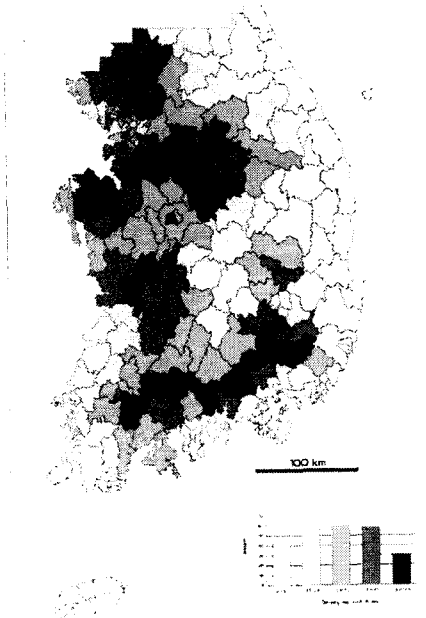


그림 5. 1996~2004년 시군별 단위면적당 낙뢰밀도분포

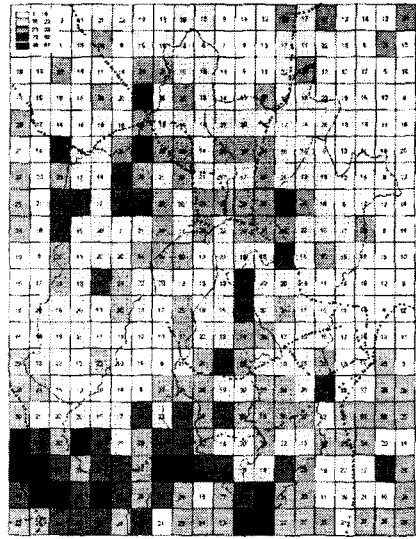


그림 6. 대전지역의 상세 뇌격밀도
건/년·km²(위·경도 1분 단위)

그림 4와 5는 시군 행정구역단위로 단위면적당(km²) 낙뢰발생밀도를 보여주고 있다. 그림 4에서와 같이 2004년의 낙뢰는 서울시, 경기북부와 경북내륙지역에 많이 발생하였다. 전통적으로 다뢰지역인 경남 남해안 산악지대는 예년에 비해 적은 낙뢰가 발생하였던 것으로 분석되었다. 매년의 기후와 낙뢰 발생 자료만으로는 큰 편차를 보이지만 측정이 시작된 1996년부터 2004년까지의 자료를 분석하여 보면 그림과 같이 서울을 포함한 경기북부, 충남 태안반도 남해안과 평행한 산악지형에 상대적으로 높은 낙뢰가 발생하고 있음을 알 수 있다. 그림 5는 IKL Map에서 1개의 단위 셀로 다루어지는 면적을 위도 경도 1' 단위로 세분한 면적을 기준으로 한 대전지역의 낙뢰발생 밀도를 보여주고 있다. 그림에서의 점선은 송전선로를 나타내며 실선은 구경계를 보여준다. 이러한 상세 뇌격밀도지도를 장기간의 낙뢰 측정 자료로부터 만들어낼 있다면 송전선로의 경과지 선정이나 내뢰설계와 같은 분야에서 활용가능성을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

그림 7은 낙뢰의 월별 발생분포를 나타내고 있으며 장마기간과 태풍의 발생시기에 주로 낙뢰가 집중되고 있는 전형적인 패턴을 확인할 수 있다.

표 1. 2004년도 뇌격전류 최대값

Year	Date	Time	위도	경도	낙뢰크기	지역명
04	09 15	18:46:36.744	36.1990	136.1562	-99.4	해상
	08 14	18:49:35.939	35.3852	128.8008	-57.3	경남 밀양시 상남면
	03 05	15:35:12.019	32.5160	125.0366	134.3	해상
	03 04	21:01:33.788	37.4701	126.6894	75.6	인천시 부평구 심정동

2003년 내륙에 떨어진 가장 큰 뇌격은 부극성의 경우에는 7월 9일 09시에 충남 당진군 송악면에 -47.48 kA의 뇌격이 발생하였으며, 정극성의 경우에도 역시 7월 01일 04시에 제주도 남제주군 대정읍에 49.85 kA의 뇌격이 발생하였다. 2004년에 내륙에 발생한 낙뢰는 가장 큰 값은 인천 부평구 심정동에 발생한 것으로 75.6 kA 부극성 낙뢰로는 -57.3 kA의 낙뢰가 경남 밀양에 발생한 것이 있다.

2.2 뇌격전류의 누적확률분포

표 2는 9년 동안의 뇌격전류의 산술 평균값과 Mean value를 보여주고 있다. 뇌격전류의 각 평균크기는 1996년에는 19.29 kA, 1997년에는 23.28 kA, 1998년에는 23.22 kA, 1999년에는 17.7 kA, 2000년에는 21.89 kA 이었으며, 특히, 2001년에는 평균값이 예년에 비해 아주 작은 값인 약 14.6 kA 이었으며, 2002년에는 22.61 kA 이었으며, 2003년에는 15.4 kA이었으며, 2004년에는 15.37 kA로, 9년 평균값은 19.85 kA이었다.

LPATS 시스템이 추정하는 한반도 측정 낙뢰의 전류크기는 사용기술의 특성상 오차수준을 추정하기 곤란한 상황으로 LPATS의 자체 보정 및 직접측정방식의 결과물로부터 보정해야 하는 과제가 아직 남아 있다.

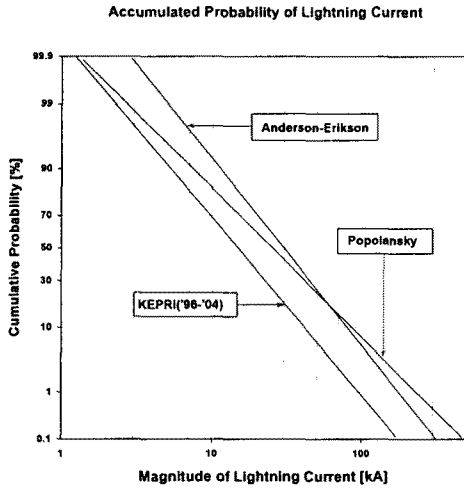


그림 7. 누적확률 분포곡선

그림 7은 실제 낙뢰데이터를 이용하여 기존에 절연설계에 이용하고 있는 한반도 고유의 누적빈도분포곡선 수식을 유도하여 표현한 것이며, 그 수식은 아래의 식(1)과 같다. 통계 계산결과, 1996년부터 2004년까지의 9년간의 경우 Mean Value $M = 15.71$ kA, $m = 2.86$, σ (표준편차) = 16.01이었다.

$$F(I) = \frac{1}{1 + (I/15.71)^{2.86}} \quad (1)$$

표 2. 뇌격전류 평균값

[kA]	96	97	98	99	00	01	02	03	04	평균
Avg.	19.29	23.28	23.22	17.70	21.89	14.57	22.61	15.37	13.88	19.85
Mean	16.22	19.29	19.78	13.02	16.58	10.79	19.21	12.34	10.66	15.71

식 (1)과 그림에서 보듯이 중간값은 Anderson-Erikson식이나 Popolansky식과 비교하면 다소 낮은 값으로 지역별 특성이나 측정방법이 다름으로 나타나는 차이로 이해할 수 있으며, 전체적으로 우리 나라 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 12는 1996년부터 2004년의 자료를 근거로 한반도 내의 9년 동안의 연간뇌우일수를 위·경도 1도를 4등분하였을 때의

날짜 분포를 보여주고 있다. 주로 16일에서 30일 범위에서 많은 빈도를 보여주고 있으며, 최대 연간뇌우일수는 100일 정도이었다.

그림 8은 1996년도부터 2004년까지의 자료를 근거로 하여 각 연도별 총횡수도와 평균연간뇌우일수도(IKL Map)를 등고선 형태와 경위도를 각각 4등분한 mesh 형태로 나타낸 것이다.

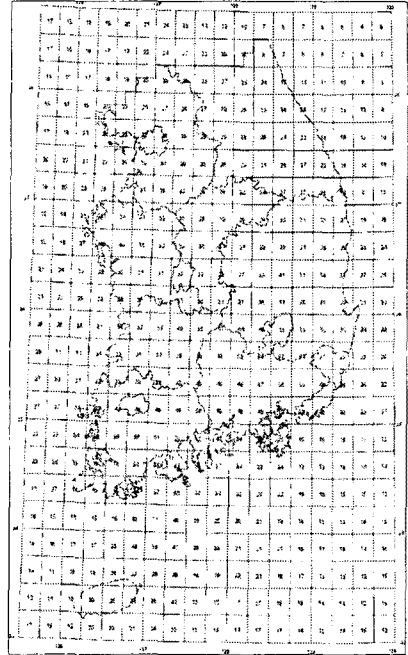


그림 8. 1996~2004년 IKL도(Mesh 형태)

3. 결 론

- 극성비율은 부극성의 비율이 약 80 % 정도를 기록하고 있다.
- 다중도에서는 대부분의 낙뢰가 하나의 낙뢰 안에 4~5개 이내의 뇌격을 보유하고 있었다.
- 2002년부터는 감지기의 정밀점검 과정의 결과로 다소 안정된 낙뢰정보를 얻을 수 있었다.
- 단위 면적당(km²) 발생 뇌격횟수 비교에서는 서울, 대전과 경기, 충남, 남해안 인접 산악지역의 뇌격밀도가 상대적으로 높음을 알 수 있다.
- 뇌격의 월별 분포에서는 태풍이나 뇌우가 많은 하절기(7, 8월)에 대다수의 낙뢰가 집중되고 있음을 알 수 있다.
- 절연설계에 이용하고 있는 누적빈도분포곡선 수식을 유도하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] M.A.Uman : Lightning, Dover Publications, Inc. (1984)
- [2] 北條 등 : 낙뢰에 따른 전자계파형의 특성과 평가법, 일본전기학회논문지, 108-B-4, 165/172 (1988)
- [3] 내외설계위원회 뇌성상분과회 : 낙뢰위치표정장치의 현상과 그 데이터를 이용한 낙뢰빈도 맵의 작성, 일본전기학회 논문지
- [4] 계통운용처 : 전력계통 낙뢰감지 및 진로예측 시스템 개발에 관한 연구, 최종보고서, 한국전력공사 계통운용처, 1995
- [5] 우정옥의 : '96-'03년 한반도 낙뢰데이터의 DB 구축 및 통계분석, 전력연구원 2004