

한전낙뢰감지네트워크(KLDNet)에 의한 우리나라의 2007년도 낙뢰측정 및 분석

곽주식*, 강연욱*, 우정욱*, 구교선*, 권동진*
한전 전력연구원*

Lightning observation by KLDNet and analysis on lightning activities of Korea in 2007

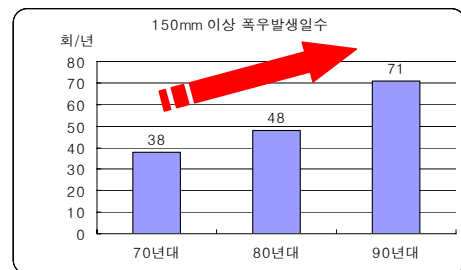
Joosik Kwak*, Yweon-woog Kang*, Jung-woog Woo*, Kyo-sun Koo*, Dong-jin Kweon*
Korea Electric Power Research Institute*

Abstract - KEPCO has been operating a lightning detection network, KLDNet, to cope with lightning-induced faults. An weather observation for last 40 years shows that heavy rainy days per year and the strength of rain have almost doubled. It could be interpreted as more frequent occurrence of lightning events. In accordance with that, the lightning activities and the mischievous influences, such as transmission faults, have increased. In this paper, the observed data by the network in 2007 is analyzed and compared with ten-years-old-statistics accumulated by the former system, LPATS.

최근의 이상 기후현상은 지구의 온난화가 근본 원인으로 인식되고 있다. 우리나라의 기상현상에도 변화가 나타나고 있다. 연중 강수량은 장마철이 있는 6월과 7월에 집중되었지만 최근에는 8월의 강수량이 오히려 증가하고 폭우발생이 증가하는 등 아열대성 기후 현상이 나타나고 있다. 그림 2의 1970년대부터의 기상청의 관측 자료에 따르면 우리나라의 연간 150 mm 이상 폭우 발생일수는 70년대에 연간 38일에서 90년대에 71일로 증가하였다. 시간당 30 mm 이상의 폭우 발생횟수도 70년대에는 연간 74.5 회에서 90년대에는 117회로 증가하여 왔다.[6][7]

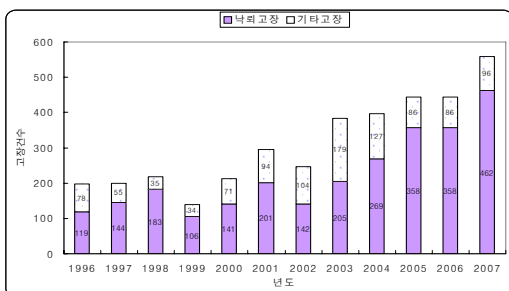
1. 서 론

전세계적으로 태풍, 홍수, 지진 등의 자연재해의 강도와 빈도가 증가하면서 인명과 재산의 대규모 피해 사례가 보고되고 있다. 우리나라도 폭우, 강풍, 낙뢰를 동반하는 태풍의 영향을 매년 받고 있다. 이 중에서 특히 낙뢰는 전력의 공급자와 소비자 모두에게 있어 가장 큰 위협요소가 되고 있다. 한국전력공사의 자료에 따르면 순간정전을 포함하여 송전선로 고장원인 중에서 낙뢰가 70 ~ 80% 이상을 차지하고 있다. 전력기기의 품질이 높아지고 시스템 운영기술의 발전으로 자연재해 이외의 고장은 낮은 수준으로 억제되고 있지만 낙뢰와 같은 자연재해에 의한 영향이 증가하는 경향을 보이고 있다. 이러한 고장통계에는 낙뢰로 인한 보호장치의 정상적인 동작을 모두 포함한 것이며, 이 중에서도 전력공급에 지장을 준 경우는 낙뢰 고장건중에서 462 건중에서 2.8%(2007년 기준)에 불과하다. 이와 같이 대부분 고장의 경우 재폐로가 성공적으로 동작하고 공급선로가 이중화되어 정전의 확률은 매우 낮아지고 있다. 그럼에도 순간적인 전력품질의 변동에 매우 민감한 부하가 증가하고 있어 고객의 관심은 정전이 아닌 전력품질로 이동해있는 실정이다. 반도체, 정유, 화학, 철강 산업등 대규모 전력을 요구하는 산업은 물론 사회전반의 정보화로 전력품질에 제1 위협요소인 낙뢰의 발생 정보와 그 대책에 대한 관심이 증가하고 있다. 골프나 등산과 같은 레저, 스포츠 산업의 발전으로 낙뢰로부터 인명의 안전과 관련한 정보이용의 수요도 다양한 분야에서 높아지는 추세이다.



〈그림 2〉 연간 150 mm 이상 폭우 발생일수 변화

낙뢰의 발생은 기상조건의 변화에 따라 매년 큰 편차를 보이므로 단기간의 관측결과로부터 낙뢰활동이 증가여부를 확인하기는 어렵다. 그러나 지난 40년간의 기상 관측 자료로부터 낙뢰가 발생할 수 있는 기상조건의 형성빈도가 높아진 것을 연중 낙뢰일수에 대한 관측결과에서 증가추세에서 확인할 수 있다. 과거의 낙뢰관측은 계측기 대신 관측자의 청각과 시각에 의존하였다. 우리나라의 기상청에서는 1987년부터 낙뢰관측장비를 운영하기 시작하였으며[4], 한국전력공사에서는 1996년부터 장비에 의한 낙뢰 관측을 시작하였다. 표 1에서 2001년 이후의 기록은 관측장비에 의한 결과를 보여준다. 관측장비에 의한 낙뢰일수는 관측자에 의한 방식보다 높은 값을 보이는 경향이 있는 것으로 보고되고 있기도 하다. KLDNet에 의한 분석결과를 보면, 2007년의 경우 낙뢰일수가 30일 이하인 지역은 매우 적으며 대부분의 지역에서 40일 이상의 높은 값을 보이고 있다. 특히 천안, 청주, 대전을 잇는 지역은 90일에서 최대 123일까지의 높은 값을 보였는데 이에 대해서는 좀 더 세밀한 분석이 필요하겠지만 이전의 관측값에 비하여 매우 높은 값을 보여주는 것이 특징이라 할 수 있다. 일본의 민간 기상회사의 낙뢰관측기록에서도 우리나라의 대부분의 지역이 40일에서 70일사이의 낙뢰일수를 보이는 것을 확인할 수 있다.[5] 또한 연중 낙뢰의 발생시기도 장마와 태풍이 발생하는 6월에서 9월 사이에 집중되어 왔지만 봄과 겨울철에도 간헐적이지만 강력한 낙뢰의 발생으로 피해가 나타나기도 한다.



〈그림 1〉 낙뢰가 원인인 송전고장('96-'07)

낙뢰현상의 측정과 연구를 위하여 한국전력공사에서는 2006년부터 새로운 한전 낙뢰감지 네트워크(KLDNet : Kepeco Lightning Detection & Information Network)를 운영하고 있다. 본 논문에서는 예년에 비하여 낙뢰 피해가 많이 보고되었던 2007년도에 한전 낙뢰감지네트워크(KLDNet)를 통하여 측정된 낙뢰발생정보를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 우리나라의 기상조건과 낙뢰일수의 변화

〈표 1〉 연간 뇌우일수의 변화

연도	'68-'87	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07
낙뢰일수	7-17	7-79	3-42	2-20	2-23	1-27	12-89	20-123

2.2 낙뢰발생 총 횟수와 대지 뇌격수

아래의 그림 3은 1996년부터 2007년까지의 연도별 측정된 낙뢰 총수를 보여주고 있다. 1996년부터 2005년까지의 자료는 LPATS 시스템으로 측정된 결과이며 2006년-2007년의 데이터는 KLDNet으로 측정된 결과이다. KLDNet 시스템이 LPATS 시스템 보다 넓은 지역의 낙뢰를 높은 감지율로 관측할 수 있어 2006년부터 전체 낙뢰측정횟수가 월등히 많은 값을 보여주고 있다. 그러나 낙뢰의 발생은 기후현상과 밀접한 관계가 있고 연도별로 큰 편차를 보일 수 있으므로 단정적으로 시스템의 성능차이를 비교하기는 곤란하다. 또한 낙뢰측정 성능은 다양한 조

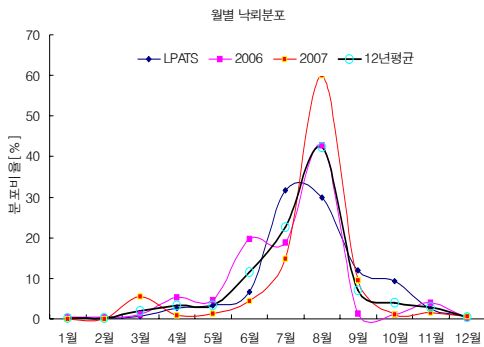
간에 영향을 받게 됨을 고려하여야 한다. 따라서, 1996년 ~ 2005년 사이의 측정 자료와 2006년 이후의 것은 서로 다른 관측 장비에 의한 것으로 총 관측 횟수만의 비교가 곤란하다. 그러나 발생하는 낙뢰중 고장과 피해를 입히는 것은 주로 내륙에 발생한 낙뢰로 그 관측기록을 분석해 볼 필요가 있다. 그림 3과 같이, 특히 동일 관측시스템에 의한 2006년과 2007년도 결과를 비교하여 보면 전체 관측뇌격수가 감소하였음에도 대지뇌격수는 2007년에 전년도 보다 약 3배 정도 증가한 것으로 나타난다.



〈그림 3〉 년도별 측정 총 낙뢰수와 대지 뇌격수

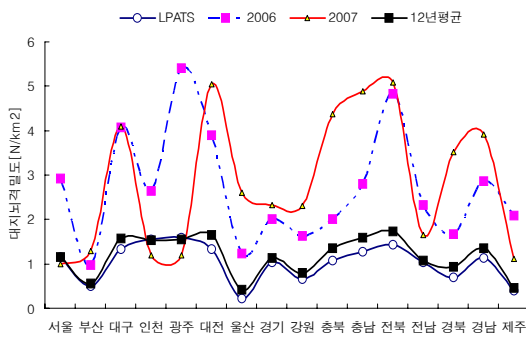
2.3 월별 낙뢰 발생분포

그림 4는 KLDNet의 월별 낙뢰측정 경향을 LPATS에 의한 10년간 측정결과와 2006년, 2007년, 12년 평균값과 비교하여 보여 주고 있다. 우리나라의 낙뢰는 강우가 집중되는 연중 6월부터 8월 사이에 많이 발생하고 있다. LPATS와 KLDNet의 감지율이 다른 하지만 12년간의 월별 낙뢰발생 경향과 일치하는 경향을 볼 수 있다. 2007년도의 낙뢰발생은 평균보다 8월에 많이 발생하였으며 3월말에 발생이 많았던 특징을 보여준다.



〈그림 4〉 월별 낙뢰발생분포

2.4 지역별 낙뢰 발생



〈그림 5〉 지역별 대지뇌격밀도[N/km² · 년]

그림 5는 행정구별 월별 대지뇌격밀도를 나타내고 있다. km² 당 1년간 발생하는 낙뢰수를 보여준다. KLDNet과 LPATS에 의한 10년간의 통계값과 비교하여 볼 때 지역별 낙뢰발생 밀도의 경향이 일치하고 있음을

확인 할 수 있다. 2006년의 값과 비교하여 볼 때 서울, 인천, 광주, 제주 이외의 지역에서는 2007년에 더 많은 낙뢰가 발생한 것으로 나타난다.

2.4 낙뢰전류의 크기

표 2와 식(1)은 1996년부터 2007년까지의 년도별 낙뢰전류의 누적확률분포를 보여주고 있다. KLDNet에 의하여 측정된 2006년 결과는 이전의 측정값에 비하여 상대적으로 큰 값의 중간값을 보여주고 있다. 2005년까지 LPATS에 의한 통계분석결과는 상대적으로 작은 크기의 낙뢰전류 분포를 보여주고 있어 비교가 되는 부분이다. 발생확률이 50%인 중간값(M)에 해당하는 낙뢰전류의 크기를 비교하여 보면 1996~2005년 사이에는 15.66 kA 이며, 2006~2007년 2년간의 평균 중간값은 23.65 kA 이다. 1996년부터 2007년도까지의 12년 평균값은 20.33 kA로 분석되고 있다. 극성별로 구분하여 보면 정극성 낙뢰전류는 부극성의 경우보다 평균 약 15 kA 이상의 큰 값을 보여주고 있다.

$$\text{낙뢰 전류의 누적분포 확률} : P = \frac{1}{1 + (I/M)^n} \text{-----식 (1)}$$

〈표 2〉 년도별 낙뢰전류의 누적확률

년도	중간값(M) [kA]	누적지수 (n)	정극성	부극성
			M [kA]	M [kA]
1996	16.22	3.941	12.74	17.88
1997	19.28	3.519	23.78	20.49
1998	19.79	3.548	17.08	22.08
1999	12.78	2.43	8.78	16.89
2000	16.46	2.417	11.72	20.48
2001	10.741	2.888	7.01	13.16
2002	19.44	3.601	25.09	20.18
2003	12.34	3.61	19.28	12.36
2004	10.27	3.317	18.29	10.09
2005	24.02	1.382	44.41	13.49
2006	30.47	1.883	48.84	27.43
2007	15.46	3.162	14.90	16.71
평균	20.33	1.897	34.37	19.49

3. 결 론

1996년부터 2007년도까지 12년간의 낙뢰측정결과와 2007년도의 KLDNet에 의한 낙뢰측정결과를 지난 40년간의 기상관측자료와 연결하여 분석하여 보았다. 연간 폭우 발생일수와 같은 기상현상은 지난 40년간 약 2배가량 증가하였다. 이로부터 낙뢰가 발생할 수 있는 기상조건인 형성빈도 크게 증가한 것으로 볼 수 있다. 특히 2007년도에는 예년에 비하여 낙뢰의 활동이 활발하였고, 2006년도에 비하여 대지 뇌격수가 3배 가량 많이 발생한 것으로 분석할 수 있다. 낙뢰와 관련한 전력품질문제와 안전에 대한 관심이 높아지고 있는 실정에서 뇌우 일수가 100일 이상인 지역이 나타나고 있는데 지속적인 관측과 원인 분석이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

〔참 고 문 헌〕

- [1] 광주식외, "Application of surge arresters on the 154 kV transmission line and its monitoring system", International Conference on Lightning Protection, 2006. 9
- [2] 광주식외, "The Site Survey Results for New Lightning Detection System of KEPCO", Korea-Japan Symposium Joint Symposium on electrical Discharge and High Voltage Engineering, 2005.
- [3] 우정욱외 "The Introduction about New KLDNet and the Statistical Distribution of Lightning Parameters in Korea", International Lightning Detection Conference, 2006
- [4] 기상청, "2006년 기상연감", <http://www.kma.go.kr>
- [5] <http://www.franklinjapan.jp>
- [6] 신재기, "한국의 기후변화와 담수환경관리", 제 13회 세계물의 날 기념 심포지움, pp39 - pp.54
- [7] 기상청, 한국의 기후변화, 기술노트 2002