

송전설비의 낙뢰고장사례 분석과 대책

*신상균. *안정식. *박세영. *남궁 도. **한상옥. **최남호
*한국전력공사 **충남대학교

The analysis and countermeasure to the lightning fault of transmission facilities

*S.G.Sin. *J.S.An. *S.Y.Bak. *D.Nam-Kung. **S.O.Han. **N.H.Choi
*KEPCO. **Chung-Nam.Uvi

Abstract - Generally, the fault of transmission facilities occurs by natural and artificial causes. Also, these faults are frequently developed by the lightning, a natural phenomenon. Therefore, In this paper, we investigated the case of lightning faults for transmission lines occurred for five years in the west and south of chung-nam province, and then considered a suitable countermeasure for lightning faults in these area

사고의 원인별로 분류하면 낙뢰 29건으로 59.1%를 차지하였으며, 외물접촉 5건으로 10.2%를, 폭설, 풍우등 기타 순으로 나타났으며, 고장유형별로는 애자섬락 및 아킹흔 섬락이 대부분을 차지하였으며, 일부 선간단락의 고장유형도 있었다.

1. 서 론

표 1. 송전설비 고장 현황

원인 \ 년도	95년	96년	97년	98년	99년	계
낙뢰	9	4	2	8	6	29
외물접촉	-	1	1	2	1	5
기타	1	4	9	1	-	15
계	10	9	12	11	7	49

송,변전 설비를 운용하는데 있어서는 여러 가지 요인에 의해 설비고장이 발생되고 있다. 이는 발생 요인별로 크게 나누면 자연적 요인과 인위적 요인으로 대별할 수 있다. 자연적 요인으로써는 낙뢰, 풍우, 산불에 의한 고장등이 있으며, 인위적 요인으로써는 외물 접촉, 작업자 과실, 시공 및 제작불량 등에 의해 발생하는 고장을 들 수 있다.

표 2. 전압별 고장현황

년도 \ 전압	95	96	97	98	99	계
345kV	5(5)	4(1)	2(-)	-	1(1)	12(7)
154kV	5(4)	5(3)	10(2)	11(8)	6(5)	37(22)
소계	10(9)	9(4)	12(2)	11(8)	7(6)	49(29)

이들 고장 중 가장 많은 비율을 차지하는 것은 '99년도 고장통계에 의하면 외물 접촉, 낙뢰, 풍우, 작업자 과실 순으로 외물 접촉에 의한 고장이 가장 많지만 순간 고장을 포함하면 낙뢰에 의한 고장은 총 140건의 고장중 82건으로 외물접촉의 32건 보다 많이 발생되고 있는 실정이다. 또한, 인위적 요인에 의한 고장은 비산물에 의한 외물 접촉 외에는 사전 예방활동 여하에 따라 고장을 줄일 수 있지만, 자연재해로 인한 고장은 예방 활동 및 노력에 비하여 고장을 피할 수 없는 경우가 대부분이다. 하지만 이들의 고장을 면밀히 분석하여 대책을 강구한다면 설비고장을 사전에 조금은 예방할 수 있는 경우가 있다. 그중 하나가 가장 많이 발생되고 있는 낙뢰에 의한 고장을 들 수 있다.

() 낙뢰에 의한 고장건수

일반적으로 낙뢰에 의한 피해를 줄이기 위하여 설비 신설시 계통전압별로 설비조건과 뇌특성을 검토하여 목표사고율에 따라 절연설계를 하고, 설비운용측면에서 뇌격에 대한 보호설비를 설치하는 것이 일반적이다. 그러나, 송전설비에 피해를 주는 뇌격현상은 설비가 통과하는 지역 환경에 따라 차이가 있게 마련이다.

2.2 낙뢰에 의한 고장 원인분석

이에 본고에서는 낙뢰에 의한 송전선로의 고장을 사전에 예방하고 고장률을 줄이고자 최근 5년 간 충남 서,남부에서 발생한 송전고장현황을 파악, 분석하고 이들 지역 실정에 적합한 대책을 검토하여 보았다.

낙뢰에 의한 송전선로의 고장을 분석하기 위하여 낙뢰로 인한 애자섬락 및 아킹흔 섬락을 일으킨 철탑에 대한 표고, 탐각 접지저항, 철탑고, 탐정차, 경간장 등에 대한 영향을 분석하였다.

2.2.1 표고의 영향

그림. 1 에서 보는 바와 같이 표고의 영향을 조사하여 본 결과 표고 50~250m까지 4~7건으로 고른 분포를 보여 이들 표고에서 낙뢰의 영향이 많은 것으로 나타났다. 또한, 50m 미만은 2건으로 이는 이 지역의 송전설비가 평지보다는 60%이상이 50m이상의 야산을 통과하기 때문이라 생각된다.

2. 송전설비 고장현황 및 분석

2.1 고장현황 및 분석

충남 서,남부에서 최근 5년 간 발생한 총 고장건수는 표 1과, 2에서 보는 바와 같이 총 49건으로 전압별로 살펴보면 345kV급은 12건, 154kV급 37건이었으며,

2.2.2 탐각접지저항의 영향

애자섬락 및 아킹흔의 섬락을 보인 철탑의 접지저항 측정결과는 그림. 2에서 보는 바와 같이 154kV 및 345kV 철탑의 규정치 이내가 대부분이었으며, 154kV 철탑 2기에서 25Ω이 측정되었다. 이는 뇌격시 역섬락 보다는 직격뢰에 의해 대부분 애자섬락이 일어났을 가능성을 추측할 수 있다.

2.2.3 철탑고의 영향

그림. 3에서 보는 바와 같이 철탑의 하단에서 탐정까지의 철탑고는 30~40m 미만에서 가장 영향이 많았으며, 다음은 40~50m미만에서 영향이 있는 것으로 나타났다. 이는 철탑이 높다고 뇌에 많은 영향을 받는다고는 볼 수 없고 선로 통과 지역특성에 따라 낙뢰피해가 있음을 추측할 수 있다.

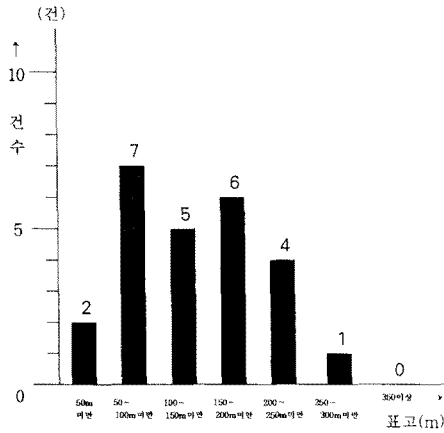


그림1. 철탑 표고(m)의 영향

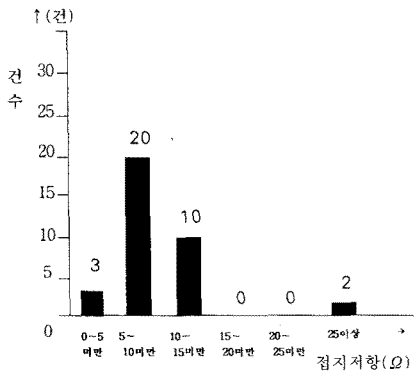


그림2. 탐각 접지저항의 영향

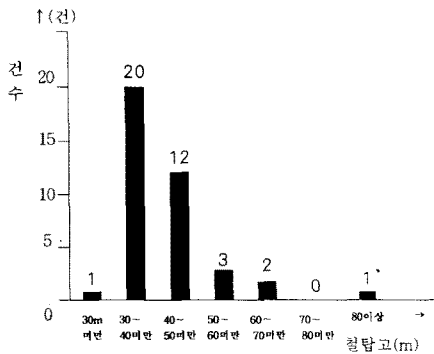


그림3. 철탑고(m)의 영향

2.2.4 철탑 높이(탐정) 차의 영향

낙뢰피해철탑 정부와 좌우 철탑까지의 경간 중 단경간 철탑 정부와와의 높이 차를 그림. 4에 나타 내었다. 그림에서 보는 바와 같이 탐정차의 영향은 30m 미만에서

영향이 많음을 알 수 있다.

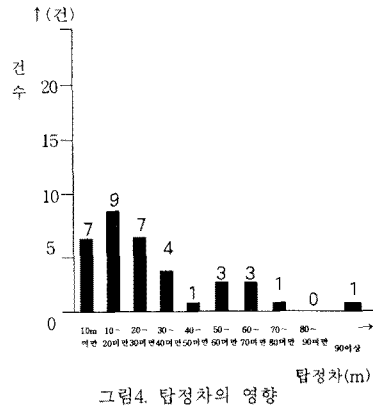


그림4. 탐정차의 영향

2.2.5 경간장의 영향

낙뢰피해철탑과 좌우 철탑과의 평균 경간장의 영향을 그림. 5에 단경간과 장경간의 영향을 그림. 6과 그림.7에 좌우 경간차의 영향을 그림. 8에 각각 나타 내었다. 경간장의 영향은 300~400m 미만의 경간에서, 좌우 경간차의 영향은 150m 미만에서 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 이는 뇌운의 크기에 영향이 있음을 추측할 수 있다.

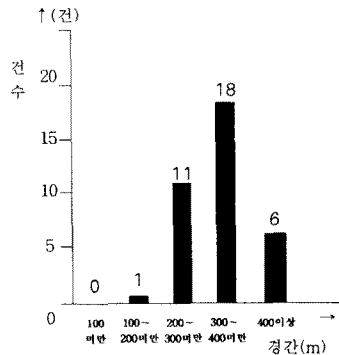


그림5. 평균 경간장(m)의 영향

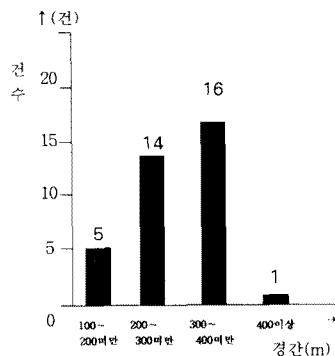


그림6. 좌우경간중 단경간(m)의 영향

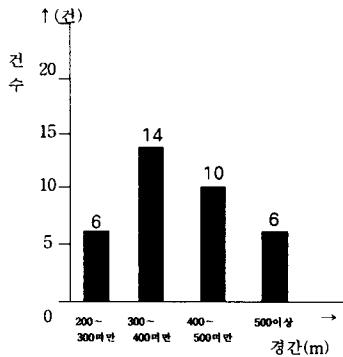


그림7. 좌우경간중 장경간(m)의 영향

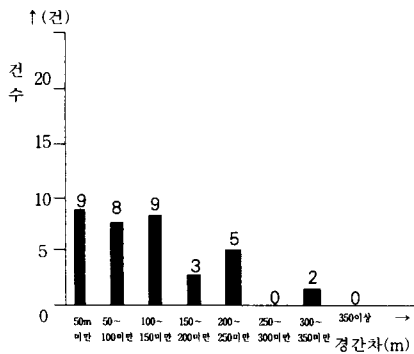


그림8. 좌우 경간차(m)의 영향

2.2.6 지목 및 기타의 영향

낙뢰피해 철탑 주변의 지세 및 지목, 뇌빈도, 오손등급의 영향을 조사하여 보면 야산, 험준한 산악, 평지순으로 나타났으며, 뇌 빈도는 충남 서, 남부 지역이 비교적 연간 낙뢰일수(IKL)가 높은 지역으로 12~14('96~'98 : 19~26)였으며, 오손등급은 주로 청정지역으로 해안인 접보다는 내륙에서 뇌가 많음을 알 수 있고, 또한, 피해 철탑과 좌우 철탑의 측면(수평)에서 본 철탑모형에 대한 영향은 그림. 9에서 보는 바와 같이 ①계단형과 ③돌출형이 대부분였으며, 다음으로 ②와 같은 오목형 순으로 나타 내었다. 이는 지역의 조건에 따라 뇌운의 형성이 다름을 추측할 수 있다.

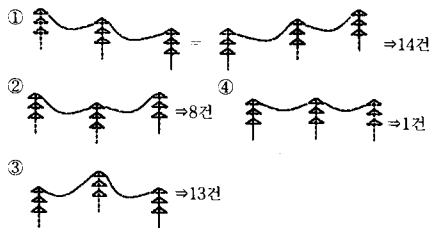


그림9. 좌우 철탑과의 상대적 철탑모형의 영향

2.3 낙뢰고장에 의한 손실

최근 5년 간 낙뢰에 의한 고장으로 발생한 손실은 주로 애자섬락으로, 애자 교체 비용만을 고려하여 보면

표 3.에서 보는 바와 같이 154kV용 애자 372개로 전 계금액이 8,713천 원으로 5년간 년 평균 1,743천 원이 소요되었다.

표 3. 고장시 애자손실액 단위 : 천원

년도	95	96	97	98	99	계
섬락 애자	61	54	40	122	95	372
애자 교체비	1,429	1,265	937	2,857	2,225	8,713

2.4 고장 분석결과

충남 서, 남부 지역은 평야보다는 야산 및 산악지역이 대부분으로 송전선로도 산야를 통과하는 경우가 대부분이다. 이들 지역의 낙뢰에 의한 송전고장을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 철탑 표고는 50~250m에서, 철탑고는 30~50m 미만에서 뇌의 영향을 많이 받으며
2. 탑정차는 30m 미만의 비교적 적은 차이에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다.
3. 좌우 경간장은 300~400m 정도의 경간에서, 좌우 경간차는 150m의 적은 경간차를 이룰 경우가 영향을 많이 받으며,
4. 철탑의 좌우 상대적 모형은 계단형과 돌출형에서 많은 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

3. 낙뢰고장에 대한 대책

낙뢰로부터 송전설비를 보호하기 위한 절연설계는 목표사고율 1.0(회/100kmC/년)이하를 전체로 설계하고 있다. 또한, 설비를 운용하면서 낙뢰로부터 송전설비의 피해를 감소시키기 위하여 여러 대책을 세우고 있지만 별 다른 효과를 보지 못하는 실정이다. 이는 뇌에 대한 대책을 세워 사고율을 zero로 할 수도 있지만 경제적인 면도 고려하여 대책을 검토하여야 하기 때문이다. 따라서, 설비의 조건과 그 지역의 특성에 따라 보호설비를 설치하는 것이 경제적이며 효과적이라 생각된다.

따라서, 본고에서는 충남 서, 남부 지역 송전선로에서의 고장분석 결과를 토대로 이 지역에 대한 대책을 검토 하고자 한다.

3.1 습뢰 방지 대책

습뢰 방지 대책으로 낙뢰소산장치는 현재 시험설치 운용하고 있으며, 효과 분석후 확대시행을 검토하고 있는 설비이다. 효과가 검증된 후엔 고장분석 결과를 기초로 낙뢰다발지역의 선로에 설치하여 낙뢰로부터 선로를 보호할 필요가 있다.

3.2 차폐실패 고장 및 철탑 역섬락 방지 대책

송전설비를 운영함에 있어 뇌 써어지 전압의 저감을 위해 154kV는 15 Ω , 345kV는 20 Ω 이하로 접지 저항치를 제한하고 있지만, 현장 여건상 규정치 이내를 유지하기 어려운 경우가 많다. 매설지선을 보강한다든지, 침상접지봉등을 시공하여 철탑 역섬락에 대한 대책을 강구하여야 하며, 차폐실패 고장 및 철탑 역섬락 방지 대책

으로 아킹혼 설치를 권장하고자 한다. 아킹혼은 345kV 선로 및 IKL이 20이상인 뇌사고 다발의 지역 등에 설치하기로 되어 있지만 분석결과를 기초로 낙뢰피해 지역에 우선 순위를 두고 설치하면 보다 경제적이고 효과적이라고 생각된다.

3.3 수평되로 부터의 대책

송전선로에 피해를 끼치는 뇌격은 설비의 상황에서 발생하는 뇌 즉 수직되와 측방향에서 발생하는 수평되를 생각할 수 있다. 수직되는 차폐각 감소, 가공지선의 다조화, 아킹혼 등의 보강으로 피해를 감소시킬 수 있으나, 수평 뇌격으로 부터의 피해는 낙뢰 소산장치 외엔 특별한 대책이 없는 실정이므로 설비측면에 피뢰침을 설치하는 방안을 연구하여 검토할 필요가 있다.

4. 결 론

요즘의 낙뢰현상은 과거와 달리 인구의 도시 집중화 및 과밀화 현상과 대기 오염의 정도에 따라서도 변화하고 있으며, 설비가 통과하는 지형과 주변환경에 따라 뇌격이 다르게 나타난다. 따라서, 설비의 설치 환경과 조건에 따라 낙뢰피해 정도도 다를 것으로 생각된다.

송전설비의 낙뢰 피해를 줄이기 위하여 보호 설비를 다량 설치하여 고장률을 줄이는 것도 중요하지만, 이를 지양하고 설비가 설치된 지역의 특성과 낙뢰고장에 영향을 주는 조건에 따라 우선 순위를 두고 보호설비를 설치, 운용하여야 경제적이고 효과적이라 생각되며, 앞으로의 과제로써 많은 data를 확보하고 분석, 보완하여 낙뢰 보호설비 설치자료로 활용해 나가길 제안하는 바이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한국전력공사, 송변전처, " '99송전설비 고장분석 및 대책", 2000. 3
- [2] 한국전력공사, 대구전력관리처, " 송전선로 낙뢰 감소대책", 1999. 8
- [3] 한국전력공사, 송변전처, 민병욱, "침상 전극봉의 대지방전에 의한 낙뢰고장예방 써어지 임피던스 저감효과", 1998. 7
- [4] 우정욱, 심용보 외3, "송전선로 고장과 LPATS 낙뢰자료 유와의 비교분석에 관한 연구" 대한전기학회 '99 하계학술대회, 1999. 7
- [5] 北川信一郎, "雷雲の帶電機構", 電氣評論, 1981. 7