

**전력선로에서의 화재의 양상과 피해 감소방안**

\*남궁 도, \*안정식, \*민병욱, \*최영철, \*조성수, \*\*한상욱  
\*한국전력공사, \*\*충남대학교

**The Damage Countermeasures and Aspects of the fire on the power lines**

\*D.Nam-Kung, \*J.S.Ahn, \*B.W.Min, \*Y.C.Choi, \*S.S.Jo \*\*S.O.Han,  
\*KEPCO, \*\*Chung-Nam.Uvi

**Abstract** - Recently, transmission and distribution power facilities have been often damaged severely by fire which broke out around the facilities in forest. It causes a power failure and thus gives an economic losses to both the public and the power utilities. Sometimes the fire can happen by an electrical accident such as the electrical short circuit or the ground short circuit.

In this paper, trend of breaking out the fire has been investigated and an countermeasure against the economic losses due to the fire has been studied.

송전설비에서의 화재는 설비자체의 발화로 일어나는 경우는 거의 없으며, 산불의 발생으로 인하여 송전설비의 그룹에 의한 철탑 및 선로의 산화로 인하여 설비의 보수, 운영에 피해를 주는 경우와 선로의 지락 및 단락사고로 인하여 고장을 일으켜 전력수송에 지장을 주는 경우가 있다. 최근 5년간 전국의 화재통계는 표 1과 같으며, 2001년도에는 9월 현재 711건의 산불이 발생하였다. 또한, 산불에 의하여 송전선로에 고장을 일으킨 예는 표 2와 같다.

**1. 서 론**

최근, 송배전 선로 및 저압선로 주변에서 직접, 간접으로 화재가 발생하여 전력설비에 막대한 피해를 주는 사례와 전기화재로 인하여 재산상의 손해가 생기는 경우가 종종 발생되고 있다.

우리 나라의 화재통계조사에 의하면 2000년 화재 발생 건수는 1년간 34,844건이 발생하였으며, 원인별로 살펴보면 산불에 의한 화재발생 건수는 729건, 전기화재는 11,796건이 발생하였다. 주로 송전선로에서는 선로가 산야를 통과하는 경우가 많아 산불의 발생으로 인하여 송전설비에 피해를 받고, 또한 전력수송에 지장을 주고 있으며, 배전 선로에서는 단선사고로 인하여 아크가 발생되어 일어나는 화재와 산불에 의한 화재로 인하여 배전 설비에 피해를 주고, 또한 설비 주변 주민들의 재산상의 피해로 민원이 발생하는 경우가 있다. 그리고 저압선로에서는 설비의 노후화에 따른 합선 및 누전에 의한 화재가 발생하여 재산상의 막대한 손해를 주는 경우가 많이 발생하고 있다.

전력설비 주변에서 일어나는 화재의 원인을 살펴보면 송배전 선로 주변의 산불은 논두렁, 밭두렁 태움 등과 배전 선로의 단선사고에 의한 아크 발생이 주요 원인이며, 저압선로에서는 수용가에서의 가정용 전기기구, 옥내의 배선, 수변전 설비 등에서 설비의 노후화로 인하여 합선 및 누전에 의해 화재가 발생하는 경우로 생각할 수 있다.

따라서, 본고에서는 송배전 선로 및 저압선로 주변에서 주요 원인에 의해 일어나는 산불에 의한 피해 상황과 단선 및 전선피복 열화로 인한 전기화재의 현상을 살펴보고, 화재로 인하여 발생하는 피해를 줄일 수 있는 방안을 검토해 보고자 한다.

**2. 전력선로 주변 화재의 양상**

**2.1 송전선로 주변에서의 화재**

표 1. 전국의 화재발생 상황

년도 분류	'96	'97	'98	'99	'00
산 불	527	524	265	315	729
전기화재	10,007	10,075	10,897	11,204	11,796
전체건수	28,665	29,472	32,664	33,856	34,844

표 2. 송전선로 고장 현황

년도 건수	'96	'97	'98	'99	'00	계
고 장	8	5	3	1	2	19
순 간 고 장 포함	17	16	5	1	16	55

**2.1.1 산불에 의한 전력선 섬락 현상**

송전선로 선하지의 수목에 화재가 발생하면 송전선로와 수목 또는 대지간에 섬락현상이 발생 할 수 있다. 즉 수목에 화재가 발생하여 높은 화염이 치솟게 되면 화염 속에는 고온의 이온화가스(hot ionized gases)를 갖게 되고 이를 통해 송전선로와 불꽃간 섬락사고가 발생하게 된다. 수목화재에 의한 섬락사고는 대부분 경간 내에서 발생하며, 경간 내에는 공기에 의해 절연되어 있다고 할 수 있다. 따라서 공기 절연파괴에 의한 섬락현상은 온도 및 습도와 관계가 있게 되는데, 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_s = V_i \frac{H}{D}$$

여기서  $V_s$  : 표준상태에서의 섬락전압  
 $V_i$  : 실조건에서의 섬락전압

H : 습도 보정계수  
D : 상대공기밀도

위 식에서 섬락전압에 대부분 영향을 미치는 것은 D이며, D는 다음과 같다.

$$D = \frac{0.392 p}{273 + t}$$

여기서 p는 기압, t는 온도(°C)이며, 습도 보정계수 H를 무시하면 다음과 같다.

$$V_i = V_s \frac{0.329 p}{273 + t}$$

위 식으로부터 섬락전압은 온도에 반비례하여 공기온도가 증가함에 따라 섬락전압이 낮아짐을 알 수 있고, 기압에는 비례함을 알 수 있다. 이러한 관계는 그림1과 같다.

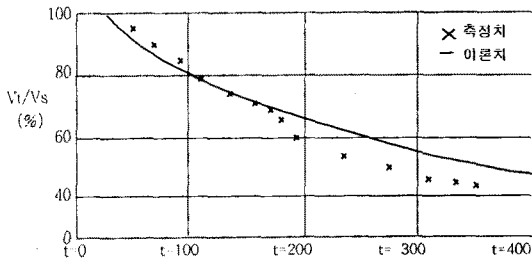


그림 1. 25cm 구경의 섬락전압 특성

### 2.1.2 산불에 의한 송전고장 피해

송전선로 주변에서 산불이 발생하면 섬락현상에 의해 지락 또는 단락 계전기가 동작하여 선로가 차단되는데 표 2.에서 보는 바와 같이 선로 주변에서 산불이 발생하여 고장을 일으켜 피해를 받는 경우는 최근 5년간 19건이었으며, 순간고장을 포함하면 55건으로 전력수송에 지장을 주었으며, 또한, 산불을 진화하고 난 후 첩탑과 선로가 그 흐름에 의한 산화로 설비의 수명단축과 보수운영의 손실을 받게된다. 그림 2와 3은 송전선로하에서의 산불과 진화 후의 장면이다.



그림 2. 첩탑주변 산불장면

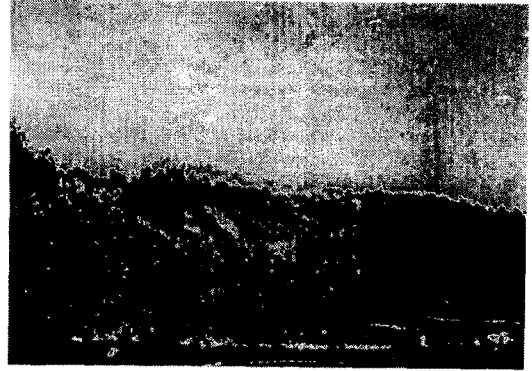


그림 3. 산불진화 후 장면

## 2.2 배전선로 주변에서의 화재

배전선로 주변에서 일어나는 화재는 송전선로에서와 같이 산불의 발생으로 설비에 피해를 주는 경우와 선로 단선으로 아크에 의하여 화재가 발생하는 경우로 생각할 수 있다. 선로의 단선사고는 알루미늄 절연전선과 지지물의 지지점 부근에서의 트래킹 현상의 진전으로 선로에 써어지 침입시 절연전선이 단선되는 경우와 직격뢰, 또는 유도뢰에 의한 써어지 침입시 전선 지지점 부근에서 피복전선에 핀홀이 발생되어 이의 진전으로 단선되는 경우가 있다.

### 2.2.1 배전절연전선 섬락단선 현상

그림. 4에서와 같이 가공배전 절연전선에 직격뢰 또는 유도뢰와 같은 뇌격이 침입시 뇌써어지 전압이 가공선로의 절연내력을 초과하면 섬락이 되어 절연전선에 핀홀이 발생한다. 절연전선에 섬락이 발생하면 형성된 섬락경로를 통해 상용주파전압에 의한 아크전류가 흐르게 된다. 이때 아크전류가 신속히 차단되지 않으면 아크경로는 절연전선의 피복에 형성된 핀홀 발생점에 집중되어 아크열이 발생되고 이 아크열에 의해 절연전선이 용단되는 현상이 일어난다. 그림 4는 절연전선에서의 뇌격에 의한 용단 메커니즘을 나타내며, 그림 5는 절연전선이 용단된 예를 보여준다.

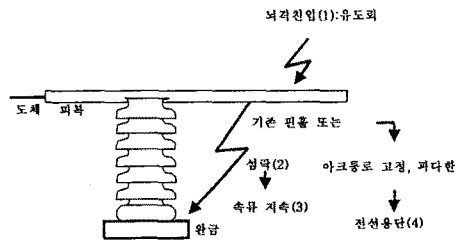


그림 4. 절연전선 용단 현상



그림 5. 절연전선 섬락단선 (예)

### 2.2.2 배전선로 화재피해

배전선로 주변에서 산불이 발생할 경우 송전선로와 같이 배전설비에 피해를 주며, 배전선이 단선될 경우는 고저항 지락사고가 되면 선로가 차단되지 않고 아크가 지속되는 경우가 발생하고, 또한, 아크의 진전으로 선로주변에 화재가 발생하여 주변의 농작물 및 주택에 화재피해를 주게된다.

### 2.3 저압선로 주변에서의 화재

우리나라의 최근 5년간 발생한 화재건수와 전기화재의 건수를 비교하여 보면 표. 3 과 같이 화재의 원인중 전기화재로 인하여 발생하는 화재가 전체의 1/3로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 전기화재의 원인은 정확히 알 수는 없지만 설비의 노후화로 인한 전선의 합선 및 누전에 의한 화재가 많다고 생각된다. 이는 전선의 피복에서 발생하는 트랙킹에 의한 전선의 손상과 콘센트 부근에서의 트랙킹 현상에 의한 화재로 진전된다는 보고가 있으며, 이는 트랙킹 현상에 의해 손상된 부분에서 누전되어 누설전류에 의해 전선이 과열되고, 또한 미세한 아크로 인하여 화재로 진전됨을 추측할 수 있다.

표. 3 전국화재와 전기화재 현황 비교

년 도	화재건수	전기화재	비 고
1996	28.665	10.007	34.9%
1997	29.472	10.075	34.2%
1998	32.664	10.897	33.4%
1999	33.856	11.204	33.1%
2000	34.844	11.796	33.9%
계	159.501	53.979	33.8%

#### 2.3.1 절연전선에서의 트랙킹 현상

트랙킹 현상은 그림 6과 7과 같이 유기절연물 표면에 전계가 인가되면 탄화 생성물에 의해 탄화도가 형성되어 표면에서 절연파괴를 일으키는 현상이 일어난다. 즉 절연물 표면에 염분 및 먼지로 오손된 상태와 습기가 있는 상태에서 전압이 가해지면 절연물 표면에는 누설전류가 흐르며, 이 누설전류에 의해 주울열이 발생하여 수분이

증발하고 국부적으로 건조대(dry band)가 형성되어 표면방전 및 미소 발광방전이 발생하고 이 열 때문에 절연물 표면에 국부적으로 탄화생성물이 형성된다. 이 탄화생성물은 도전율이 크기 때문에 이곳에 전계가 집중되고 탄화물이 더욱더 많이 생겨 탄화도가 형성되고 전극간으로 신장되어 단락하여 절연파괴에 이른다.

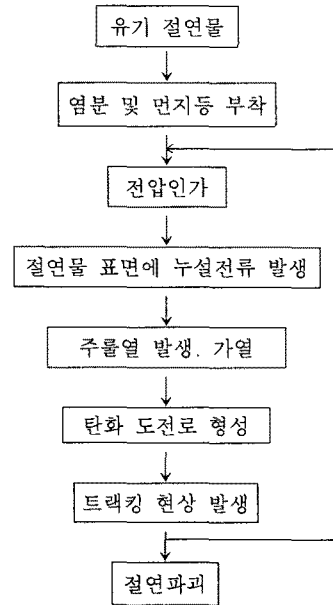


그림 6. 트랙킹 발생원인

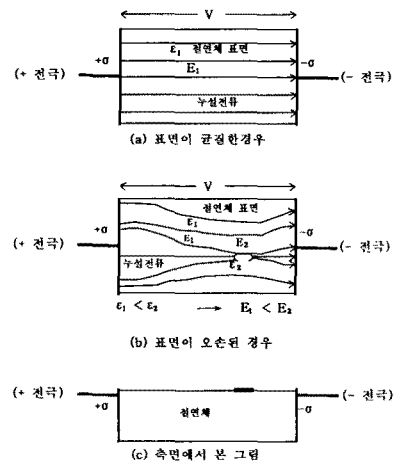


그림 7. 트랙킹 발생현상

#### 2.3.2 저압선로에서의 트랙킹에 의한 화재

저압선로에서의 전기기기와 배선기구에서도 트랙킹 현상이 일어날 수 있다. 가정내와 공장내의 배선기구들은 한번 시설하면 반영구적으로 사용하는 경우가 많아 눈으

로 이상이 확인되지 않는 한 화재로까지 진전되리라고 생각치 않지만 전기부하의 증가, 건물내의 밀폐화, 수용가의 오손도에 대한 무지 등으로 그림 8과 같이 전선로 접속부 등의 오손으로 트래킹에 의한 배선의 손상으로 누전되어 화재로 진전됨을 추측할 수 있다.

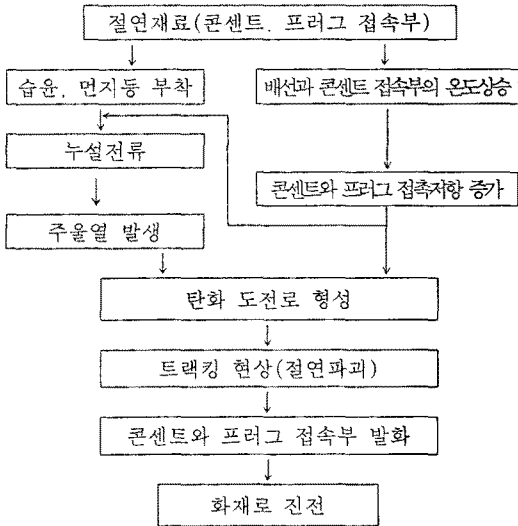


그림 8. 전선 접속부의 트래킹 발생과 화재

### 3. 화재피해 감소방안

#### 3.1 산불피해 감소방안

산불로 인하여 송배전 설비에 미치는 피해를 감소하기 위해서는 주민들의 산불예방에 대한 인식의 전환은 물론, 산불발생시 관계기관 및 전력회사에 신속하게 신고할 수 있도록 지역주민들에게 홍보활동을 강화하고, 관계기관과의 긴밀한 협조와 직원들의 신속한 산불현장 출동 및 현장 상황판단, 지역 전기업체 및 산불 감시요원들의 협조 등이 요구되며, 또한 난연성 설비개발 및 운영이 요구된다 하겠다.

#### 3.2 전기화재 피해 감소방안

배전선로에서 일어날 수 있는 단선사고로 인한 화재를 억제하기 위해서는 섬락단선 방지장치를 적절하게 설치 운영하고 이들 취약개소에 대한 순시, 점검을 강화하여 낙뢰 및 개폐 썬어지 등으로부터 선로를 보호하여야 하며, 저압선로에서 많이 발생하는 화재를 억제하기 위해서는 수용가의 전기설비 사용에 대한 올바른 인식의 전환과 전선지지부의 오손을 최대한 제한하도록 하며, 전선의 피복재로서 내트래킹 특성이 우수한 재료개발과 사용이 요구된다.

## 4. 결 론

이상과 같이 전력설비 주변에서 발생하는 화재 중 전력설비에 피해를 주는 산불에 의한 전력선 섬락현상과 피해상황, 그리고 전기화재의 원인 중 가장 빈도가 많은 것으로 생각되는 전력선 단선 및 전선의 오손과 열화로 인한 누전과 과열 현상을 살펴보고 이들 화재로부터 피

해를 줄일 수 있는 방안을 검토하여 보았다. 이들을 요약하여 정리하여 보면

가. 산불예방 및 신고에 대한 대국민 홍보활동을 강화하고

나. 전력회사와 유관 기관, 지역 전기업체 및 산불 감시요원들과의 긴밀한 협조체제 유지

다. 신속한 현장 출동으로 선로상황 판단 조치

라. 기술개발을 통한 난연성 설비 설치, 운영 및 내 트래킹성이 우수한 재료 사용

마. 단선사고 방지장치의 적절한 운영 및 단선 취약개소의 설비 순시, 점검을 강화하는 동시에 수용가에서의 전기설비사용에 대한 올바른 인식을 갖는다면 화재발생은 물론 이들 화재로부터 발생하는 손실도 많이 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다. 끝

### (참 고 문 헌)

- [1] 한국전력공사, 송변전처, "2000년 송전설비 고장분석 및 대책", 2001. 3
- [2] 한국전력공사, 송변전처, 민병욱, "산불에 의한 전력선 섬락현상", 2000. 12
- [3] 남궁 도의 "절연전선의 트래킹 현상과 전기화재" 대한조명학회 춘계학술지, 1998. 5
- [4] 남궁 도의 "절연전선의 트래킹 현상과 대책" 대한전기학회 춘계학술대회지, 1997
- [5] 남궁 도 "특고압 배전용 전선의 섬락단선 대책 연구" 전력연구원 보고서, 1996
- [6] 中野弘伸 "トラッキング現象と電氣火災" 電設工業, 1997
- [7] H. Craig Miller "Surface of Insulators" IEEE Transaction on Electrical Insulation, V.24, No 5, 1989
- [8] 西 敏行 外2 "架空絶縁電線表面における乾燥, 濕潤狀態での沿面放電現象" 電學論B, 116卷4号, 1996
- [9] 행정자치부 "전국화재통계자료", 2001