

345kV 및 154kV 송전철탐의 뇌사고율 예측계산

심응보\* 우정욱\*곽주식\* 민병욱\*\* 황정일\*\*  
 한전 전력연구원\* 한국전력공사\*\*

The Calculation of Lightning Flashover rate of 345kV/154kV Transmission Tower

E. B. Shim\* J. W. Woo\* J. S. Kwak\*  
 Korea Electric Power Resaerch Istitute\*

B. W. Min\*\* J. I. Hwang\*\*  
 Korea Electric Power Corporation\*\*

**Abstract** - This paper described the calculation results of lightning flashover rate on the 345kV and 154kV transmission system of KEPCO. The back-flashover rate and shielding failure rate was calculated by FLASH(lightning flashover rate calculation program from IEEE) and KEPRI's own program which is based on the EGM(Electro Geometrical Model) method. The estimated lightning flashover rate of 345kV transmission system of double circuit was 1.0 flash per 100km-year, and the lightning flashover rate of 154kV transmission line was 2.0 flash per 100km-year approximately.

1. 서 론

기존의 뇌사고율 계산은 전압 계급별로 각각 다른 계산 방법을 이용하여 계산하였기 때문에 일관성이 결여되어 있다. 765kV, 345kV 및 154kV의 송전철탐에 동일한 개념으로 계산한 결과를 이용하여 뇌사고율의 목표치를 설정하였다. 뇌사고율의 계산 프로그램은 EPRI의 FLASH를 이용하는 것을 기본으로 하고, 가공지선이 3조인 경우는 EMTP(Electro-Magnetic Transient Program)를 이용한 역섬락전류 계산과 자체 개발한 뇌사고율 프로그램을 이용하여 계산하였다.

2. 본 론

2회선 송전철탐은 비교적 철탐의 높이가 낮아 뇌격이 대지로 방전되는 확률이 높으나, 4회선 철탐은 탑고가 높아서 동일한 크기의 뇌격전류가 침입하여도 역섬락 고장이 발생할 가능성이 높으며 하부회선의 차폐가 매우 어렵다. 본 논문에서는 2회선 및 4회선 철탐의 대표적인 모델을 선정하여 뇌사고율을 계산하였다. 가공지선을 3조로 하는 경우 철탐에서 역섬락 고장의 발생여부는 EMTP를 이용하여 계산하고, 해당 뇌격전류가 나타날 확률을 고려하여 뇌사고율을 계산하였다.

2.1 154kV 철탐의 뇌사고율 계산

계산에 사용된 대표 철탐모델은 현수형은 A형, F형 내장형은 B형, B4형 표준철탐으로 하였으며 연간뇌우일수는 20으로 하였다. 그림 1 및 그림 2는 계산에 사용된 철탐이며 표 1 및 표 2에 2회선 및 4회선 철탐의 뇌사고율 계산 결과를 정리하였다.

2.2 345kV 철탐의 뇌사고율 계산

계산에 사용된 대표 철탐모델은 현수형은 A형, A4형 내장형은 B형, B4형 표준철탐으로 하였으며 연간뇌우일수는 20으로 하였다. 그림 3 및 그림 4는 계산에 사용된 철탐이며 표 3 및 표 4에 뇌사고율 계산 결과를 정리하였다.

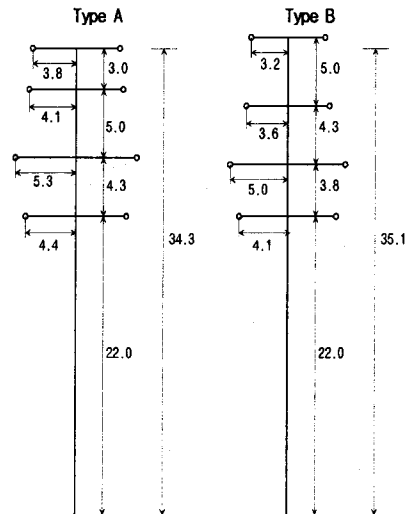


그림 1. 154kV 2회선 철탐

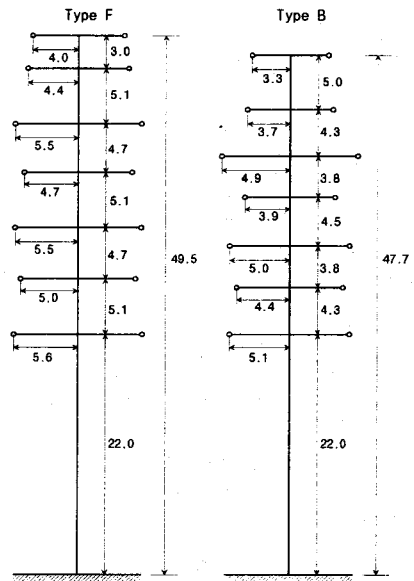


그림 2. 154kV 4회선 철탐

표 1. 154kV 2회선의 뇌사고율 계산결과 (FLASH)  
[건/100 km · 년]

가공지선 암 길이		3.8 m	4.1 m	5.3 m
2회선 A형	역섬락	1.703	1.663	1.667
	차폐실패	0.001	0.001	0.000
	Total	1.705	1.664	1.667
2회선 B형	역섬락	1.710	1.681	1.663
	차폐실패	0.11	0.10	0.009
	Total	1.721	1.691	1.672

표 2. 154kV 4회선의 뇌사고율 계산결과 (FLASH)  
[건/100 km · 년]

가공지선 암 길이		3.8 m	4.1 m	5.3 m
4회선 F형	역섬락	4.670	4.630	4.623
	차폐실패	0.152	0.128	0.085
	Total	4.822	4.759	4.708
4회선 B4형	역섬락	4.319	4.324	4.144
	차폐실패	0.168	0.145	0.117
	Total	4.487	4.469	4.261

표 3. 345kV 2회선의 뇌사고율 계산결과 (FLASH)  
[건/100 km · 년]

가공지선 암 길이		6.7 m	7.3 m	8.3 m
2회선 A형	역섬락	0.815	0.810	0.817
	차폐실패	0.026	0.020	0.012
	Total	0.840	0.830	0.829
2회선 B형	역섬락	0.771	0.766	0.762
	차폐실패	0.063	0.051	0.043
	Total	0.833	0.817	0.805

표 4. 345kV 4회선의 뇌사고율 계산결과 (FLASH)  
[건/100 km · 년]

가공지선 암 길이		6.7 m	8.3 m	9.15m
2회선 A형	역섬락	2.969	2.865	2.877
	차폐실패	0.612	0.473	0.533
	Total	3.581	3.337	3.410
2회선 B형	역섬락	2.947	2.918	2.851
	차폐실패	0.683	0.456	0.509
	Total	3.630	3.374	3.360

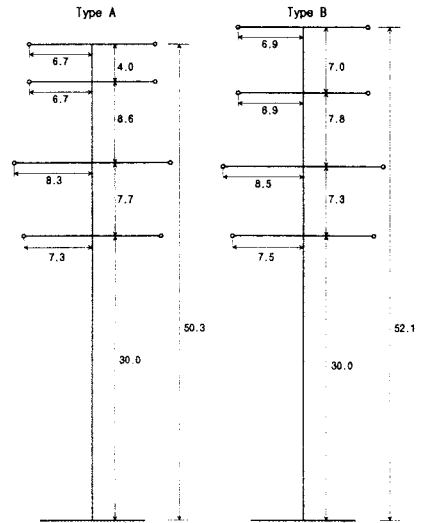


그림 3. 345kV 2회선 첩탑

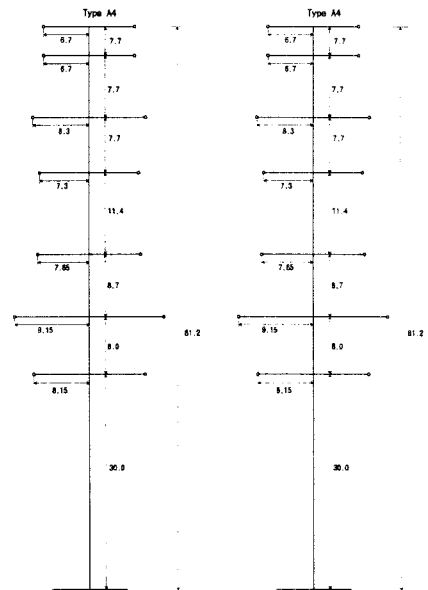


그림 4. 345kV 4회선 첩탑

### 2.3 첩탑의 역섬락 사고율 저감방안

뇌사고율의 예측계산에는 많은 가정조건이 들어있고 뇌 현상에 대하여 아직까지 확실하게 규명된 것이 없으므로 단정하기는 어려우나, 4회선 송전선로의 뇌사고율이 높아지는 것은 공통된 경향이다.

첩탑이 높아지면 첩탑의 써지임피던스가 첩탑의 높이에 비례하여 증가하게 되어, 작은 크기의 뇌격전류에도 역섬락될 가능성이 높아진다. 또한 하부 회선의 차폐가 어려워져서 차폐실패에 의한 뇌사고가 증가하게 된다. 이때, 가공지선을 3조로 하면 뇌격전류가 가공지선에 의하여 분류되어 첩탑의 주주재를 통하여 대지로 방전되는 전류의 크기를 줄일 수 있으며, 이에 따른 역섬락 사고율을 저감시킬수 있다.

**2.4 가공지선 3조화에 의한 철탁의 역섬락 저감**

154kV 및 345kV 4회선 송전철탁을 대상으로하여 가공지선을 2조로 한 경우와 3조로 한 경우의 뇌사고율을 예측계산하였다. 154kV 경우 가공지선이 2조인 경우의 역섬락 사고율은 약 4.7 [건/100km·년]에서 가공지선을 3조로 하면 약 3.3 [건/100km·년]으로 감소하게 된다.

**2.4.1 철탁의 높이와 철탁의 써지임피던스**

MICHAEL A. SARGENT가 제안한 수식에 의하면, 램프파형을 인가한 경우 철탁의 써지임피던스 계산식은 다음의 식 1과 같다.

$$Z = 60 \ln(\sqrt{2}ct/r) - 60$$

$$= 60 \ln[\sqrt{2}(2h)/r] - 60 \text{ ----- (1)}$$

여기서 h는 철탁의 높이, r은 철탁 근개의 반경

한편, Allan Greenwood는 철탁의 써지임피던스 계산에 식 2를 제안하였다.

$$Z = 30 \ln[2(2h^2 + r^2)/r^2] \text{ ----- (2)}$$

식 1 및 식 2를 이용하여 철탁의 근개 5m, 높이가 각각 53m, 25m 인 철탁의 써지임피던스를 계산하여보면 표 5와 같다. 즉, 철탁의 높이가 증가되면 철탁의 써지임피던스가 커지고 이에 따라 동일한 뇌격전류에서도 역섬락 고장의 확률이 높아지게 된다. 표 5에서 보는 바와 같이 제안자에 따라 그 값은 상당한 차이를 나타내고있다.

표 5. 2회선 철탁의 써지임피던스 계산결과 비교

탑 고	MICHAEL A. SARGENT식	Allan Greenwood 식
53 m	144 Ω	163 Ω
25 m	99 Ω	118 Ω

**2.4.2 역섬락 고장 저감방안의 예측계산 결과**

345kV의 경우는 아킵혼의 간격이 상대적으로 길게되어 역섬락 고장의 확률이 줄어들게 되어 154kV의 경우보다 효과는 다소 적게 나타났다. 가공지선이 2조인 경우 약 1.6 [건/100km·년]에서 가공지선 3조 시공시 약 0.9 [건/100km·년]으로 감소할 것으로 예측되었다.

표 6 및 표 7은 가공지선 2조 및 3조 적용시의 뇌사고율을 예측계산한 결과이다. IEEE에서 제공된 뇌사고율 계산 프로그램 FLASH에서는 가공지선 3조의 계산이 불가능하여 각각 가공지선이 2조인 경우의 뇌사고율을 예측 계산하여 비교하였다.

**2.4.3 가공지선 3조화에 대한 외국의 연구 사례**

일본 전력중앙연구소에서 500kV 철탁의 축소모델을 이용하여 시험한 결과에 의하면 가공지선 2조 설치시 뇌사고율이 0.65 [건/100km·년], 가공지선 3조화 설치시 0.45 [건/100km·년]으로 예측계산되었으며, 축소모델 시험에서는 0.25 [건/100km·년]으로 감소한 것으로 나타났다.

**2.5 뇌사고율의 예측과 고장실적 비교**

변전소 인출 등에 많이 사용되고있는 4회선 송전철탁은 부지확보난의 어려움이 가중되고 있어 그 사용비율이 점차 높아질 전망이다. 잠정적으로 전체 송전선로의 구성

중에서 2회선 송전철탁의 비율을 90 %, 4회선 송전철탁의 비율을 10 %로 가정하여 뇌사고율을 예측 계산하여 보았다.

154kV의 경우 예측계산값은 약 2.0 [건/100km·년], 과거 10년간 실적치는 약 1.3 [건/100km·년]이었으며, 345kV 송전철탁의 경우는 계산값이 약 1.1 [건/100km·년], 고장실적값은 약 0.53 [건/100km·년]이었다.

표 6. 가공지선 3조 적용시의 뇌사고율(154kV)

구 분		FLASH	KEPRI_LFOR	
		가공지선 2조	가공지선 2조	가공지선 3조
154 kV 4회선	역섬락	4.4945	4.6950	3.302
	차폐실패	0.1600	0.4695	0.151
	뇌사고율	4.6545	5.1645	3.453

표 7. 가공지선 3조 적용시의 뇌사고율(345kV)

구 분		FLASH	KEPRI_LFOR	
		가공지선 2조	가공지선 2조	가공지선 3조
345 kV 4회선	역섬락	2.958	1.162	0.880
	차폐실패	0.6475	0.543	0.543
	뇌사고율	3.6055	1.705	1.423

**3. 결 론**

철탁의 종류와 저압계급별 대표철탁 모델을 이용하여 예측계산한 뇌사고율은 154kV 송전철탁이 약 2.0[건/100km·년], 345kV 철탁이 약 1.1[건/100km·년]로 나타났다. 4회선 송전철탁의 가공지선을 3조로 시공하여 역섬락 고장을 감소시킬수 있는 방안을 제안하였으며 역섬락 고장을 효과적으로 줄일 수 있음을 알 수 있었다.

**(참 고 문 헌)**

- [1] 한국전력공사, "설계기준 1031 (154kV 직접접지계의 절연협조기준)",
- [2] 전력연구원, "345kV 및 154kV Gapless형 피뢰기 정격 규격 및 기준정립 연구", 2000년
- [3] 전력연구원, "765kV 송전선로 공기절연거리 실증연구", pp 152~152, 1996년
- [4] 전력연구원, "765kV 계통 절연협조 연구", pp 104~105, 1995년
- [5] 일본전력중앙연구소, "187kV~1,100kV 교류송전선의 전기적설계 핸드북", 소화61년
- [6] Commonwealth Associate Inc., "PLANNING AND DESIGN STUDIES FOR 345kV TRANSMISSION SYSTEM OF KOREA ELECTRIC COMPANY", Engineering Report R-1271, pp V-2, 1969