

154kV 송전선로용 피뢰기 현장 설치 효과 분석

논문
58P-2-15

A Study on the Effects of Lightning Arrestors Installment on a 154kV Transmission System

최한열[†] · 구성완^{*} · 민병욱^{**} · 박순규^{***} · 이봉희[§] ·곽주식^{§§}

(Han-Yeol Choi · Sung-Wan Gu · Byeong-Wook Min · Soon-Kyu Park · Bong-Hee Lee · Joo-Sik Kwak)

Abstract - Lightning has been identified as one of the leading causes of outages on transmission and distribution systems. As sensitive loads and reliance on electric power increase year by year, it is getting more focus on stable and high quality of power supply. To protect the transmission and distribution line from lightning, the transmission lightning arrester can be the effective facility on the power system. This paper discusses Gapped type Arresters application results by analysing effects of lightning arresters on transmission and distribution line.

Key Words : Lightning Faults, Unbalanced Insulation, Line Surge Arrester, EMTP, KLDNet

1. 서론

산업현장에서 전력품질에 민감한 부하가 급증하면서 전력의 안정성과 고품질의 전력공급이 중요시 되고 있지만, 다수의 뇌격 관련 보고서에 기술된 것과 같이 송전선로에서 일어나는 모든 갑작스런 정전 고장의 65%는 대략 낙뢰(lightning)에 의한 것이다. 이러한 현상은 세계의 수많은 전력공급 회사들에 있어서 많은 문제를 일으키고 있다.

한국은 국토의 70%가 산악지로 구성되어 있어 대부분의 송전철탑들이 야산에 건설되어 있으며, 특히 암반이 많은 지형에서는 철탑의 탑각저항(TFR)이 상대적으로 높은 편이다. 이러한 지형조건으로 인해 한전의 송전설비 전체고장 중 뇌격이 차지하는 비중이 80%를 넘는다[1].

낙뢰로 인한 송전선로의 고장감소를 위해 철탑설계 과정에서 절연이격거리의 증가와 철탑 기초의 접지 저항을 낮추기 위한 토목공사가 시행된다. 아울러 차폐각을 줄이기 위해 대부분 2조의 가공지선을 채택하고 있으며 3조를 시설하는 경우도 있다. 또한 다회선 송전선로의 차등절연이 적용되고 있다.

그러나 상기와 같은 방식으로 모든 상황을 다 해결할 수는 없다. 송전선로 고장은 보호계통에 의해 순시로 고장이 제거되지만 순간전압 강하 등으로 전력품질의 저하를 가져온다. 전력회사들은 송전선로에서 낙뢰로 인해 발생하는 순간고장으로부터 전력망에서의 일시적 전압강하 때문에 야기되는 문제를 해결하기 위하여 여러 가지 방법들을 모색해

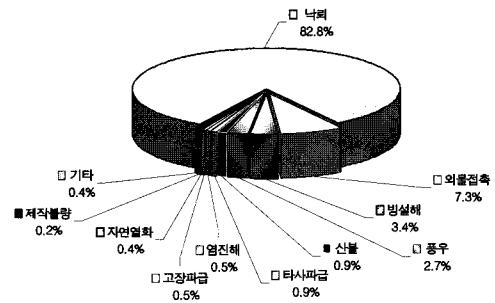


그림 1 전체 설비별 고장 현황

Fig. 1 Record of fault causes by facilities

표 1 송전설비 현황

Table 1 The status of transmission facilities

구분	2007년	'08. 7	
송전설비 (c-km)	765kV	755	755
	345kV	8,284	8,293
	154kV 이하	20,487	20,587
	소 계	29,526	29,635

왔다. 특히 송전선로에서 이러한 일시적 정전이나 전압강하 또한 낙뢰 발생빈도가 높은 지역에서의 높은 철탑접지저항을 갖고 있는 곳의 설비는 더욱 위험해 질 수 있다.

한국전력은 표 1에 나타난 것과 같이 29,635c-km 송전선로를 운영하고 있다. 154kV의 송전선로는 66%의 설비 점유율을 보이고 있으며, 345kV나 765kV와 같은 높은 전압의 송전선로에 비해 상대적으로 절연거리가 짧아 뇌격 전류의 피해를 입기가 쉽다.

이 논문은 154kV 송전선로에서의 피뢰기 설치 전후의 선로의 낙뢰 고장 실적 통계를 분석하고, EMTP 시뮬레이션 분석을 통해 섬락 임계 뇌격전류의 계산, 피뢰기 동작전류 분석, KLDNet 관측기록 및 낙뢰표시기 동작 기록과 비교분석을 통하여 송전선로용 피뢰기의 현장 적용 결과를 제시 하고자 한다.

[†] 교신저자, 정회원 : 한국전력공사 Academy 송변전교육팀 차장
E-mail : hanyeol@kepcoco.kr

^{*} 정 회원 : 대한전기학회 사무국장

^{**} 정 회원 : 한국전력공사 송변전건설처장

^{***} 정 회원 : 한국전력공사 송변전기술팀장

[§] 정 회원 : 한국전력공사 Academy 송변전교육팀 팀장

^{§§} 정 회원 : 한전 전력연구원 송배전연구소 차장

접수일자 : 2008년 9월 19일

최종완료 : 2009년 3월 7일

2. 본 론

2.1 차등절연

표준 송전선로에서 회선당 12개의 애자를 갖은 철탑구조에서 뇌격의 실적은 표 2와 같이 주어졌다[2]. 차등절연은 두개의 전력선 암중 한쪽 편 회선의 전력선 암에 2, 4 그리고 6개의 애자를 추가하는 방식을 취했다. 이 같은 구조에서 낙뢰의 실적은 표 3, 4 그리고 표 5와 같다[3].

ICF와 IICF는 왼쪽 선로와 오른쪽 선로의 섬락횟수이며, DCF는 2회선 섬락 횟수를 나타낸다. TOT는 송전선로 섬락의 총 횟수를 나타낸다. %DC는 총 섬락에서 2회선 섬락의 점유율이다.

표 2 표준 절연 선로 뇌격고장[flashes/100km/year]
Table 2 Lightning faults of normal insulated line

R	Standard configuration			TOT	%DC
	ICF	IICF	DCF		
10	0.78	0.78	0.102	1,451	7.02
20	1.35	1.35	0.33	2.37	13.98
30	2.47	2.47	0.74	4.20	17.57
40	4.072	4.072	1.70	6.44	26.48
60	7.99	7.99	4.15	11.83	35.05
80	12.28	12.28	7.23	17.33	41.70

표 3 차등 절연 선로(표준+애자 2장) 뇌격고장[flashes/100km/year]
Table 3 Lightning faults of graded insulated line with normal and 2 discs

R	+2 discs configuration			TOT	%DC
	ICF	IICF	DCF		
10	0.69	0.81	0	1.50	0
20	0.89	1.53	0.20	2.21	9.19
30	1.14	3.36	0.46	4.05	11.32
40	1.50	5.67	0.81	6.36	12.80
60	2.72	10.56	2.04	11.25	18.10
80	4.17	16.26	3.49	16.95	20.57

ICF - First circuit FO
IICF - Second circuit FO
DCF - Double circuit FO
TOT - Total FO
%DC - per cent of DC FO

표 4 차등 절연 선로(표준+애자 4장) 뇌격고장[flashes/100km/year]
Table 4 Lightning faults of graded insulated line normal and 4 discs

R	+4 discs configuration			TOT	%DC
	ICF	IICF	DCF		
10	0.69	0.84	0	1.53	0
20	0.71	1.60	0.02	2.29	1.11
30	0.89	3.33	0.20	4.02	5.06
40	1.17	5.42	0.48	6.11	7.92
60	1.83	10.59	1.14	11.27	10.16
80	2.67	16.16	1.98	16.85	11.78

표 5 차등 절연 선로(표준+애자 6장) 뇌격고장[flashes/100km/year]
Table 5 Lightning faults of graded insulated line normal and 6 discs

R	+6 discs configuration			TOT	%DC
	ICF	IICF	DCF		
10	0.66	0.86	0	1.53	0
20	0.66	1.55	0	2.21	0
30	0.69	3.36	0.02	4.02	0.63
40	0.79	5.55	0.13	6.21	2.05
60	1.17	10.36	0.51	11.02	4.62
80	1.70	16.08	1.04	16.75	6.23

위의 제시된 표 2부터 표 5에 의하면 2회선 동시고장은 차등절연에 의해 감소될 수 있으며, 고장 감소는 차등의 비율에 달려있다. 그러나 송전선로에 있어서 총 고장은 차등절연에 의해 감소되지 않는다는 것은 중요한 의미를 갖는다. 절연이 강화된 회선의 고장은 감소하지만 절연의 강도가 상대적 낮은 쪽 회선의 고장률은 증가한다[3]. 따라서 차등절연 방식은 전력의 안정성과 고품질의 전력공급을 원하는 전력회사들의 요구에 부응하지 못하고 있다.

2.2 송전선로용 피뢰기

대부분의 경우에 송전선로에서 선로용 피뢰기는 송전선로 고장을 감소시키는 가장 효과가 큰 방법으로 간주되고 있다. 특히 접지저항 개선과 관련이 있을 때 토목공사에 소요되는 공사비 등을 감안하면 대개는 과전압으로 인한 애자련의 섬락을 감소시키는 비용측면에서 가장 큰 이익을 나타낸다.

아래 그림 2부터 6까지는 선로용 피뢰기의 구조와 동작원리 및 고장전류 차단 과정을 보여준다. 일반적으로 송전선로에 고장이 발생하여 변전소의 송전선로용 차단기가 고장을 제거하기 위하여 동작하는 시간은 평균 5cycle 정도이다. 하지만, 그림 3과 같이 송전선로용 피뢰기 동작시간은 0.5cycle 이하로 송전선로용 차단기가 동작하기 전에 먼저 고장 전류를 차단한다. 피뢰기의 동작원리는 그림 4에서와 같이 이상과전압에 의하여 피뢰기의 Gap 부위에서 섬락(flashover)이 일어날 경우 그림 5에서처럼 피뢰기가 동작하여 선로의 절연을 충격성 이상전압에서 완전히 보호함은 물론 그림 6에서처럼 속류도 차단하고 견딜 수 있어야 한다.

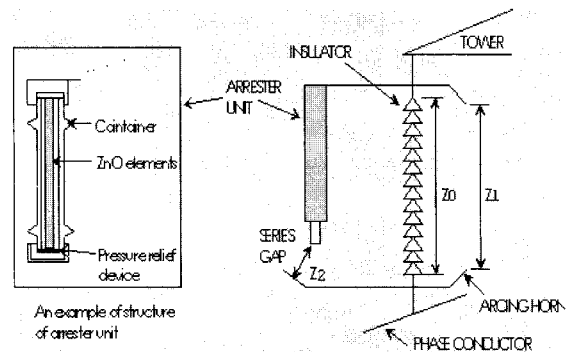


그림 2 송전선로용 피뢰기 구조(Gap Type)

Fig. 2 Structure of a gapped type arrester

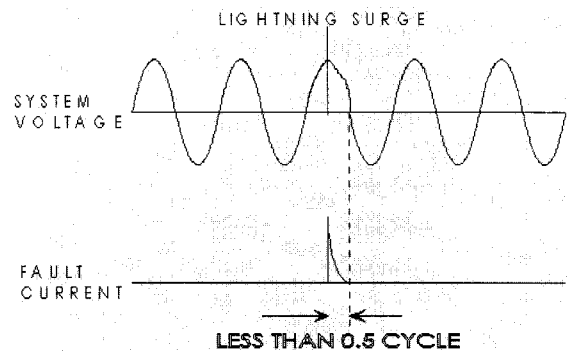
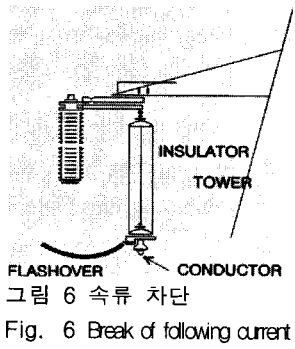
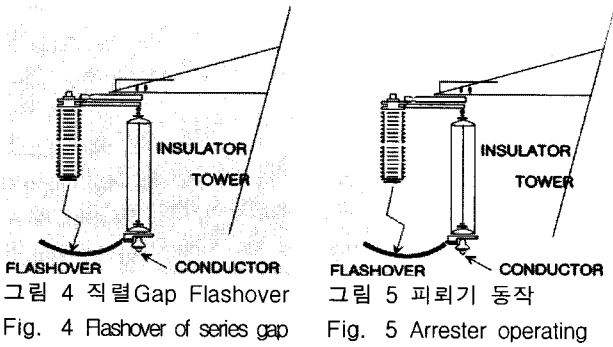


그림 3 송전선로용 피뢰기 동작시간, 파형

Fig. 3 Waveform of arrester operating time



아래 그림은 Gapped type과 Gapless type 예로 본 논문에서는 한전에 설치된 그림 7의 Gapped type 피뢰기를 다루고 있다.

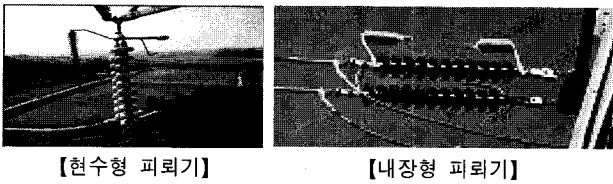


그림 7 Gapped type 피뢰기
Fig. 7 Gapped type arrester

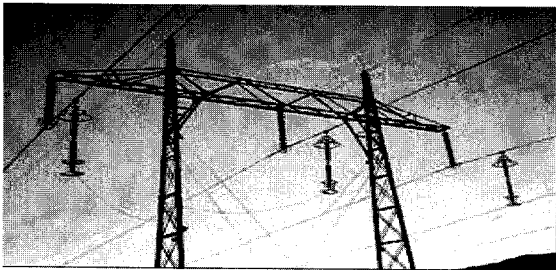


그림 8 Gapless type 피뢰기
Fig. 8 Gapless type arrester

2.2.1 현장 설치 피뢰기 분석대상 및 효과

송전선의 낙뢰에 의한 고장은 가공지선의 차폐실패로 인하여 전력선 도체에 낙뢰가 직접 도달하여 아킹흔 또는 애자련을 통하여 섬락이 발생하는 직격뢰 사고와 철탁 또는 가공지선 경간애에 낙뢰가 도달하여 철탁에서 아킹흔 또는 애자련 등을 통하여 섬락되는 역섬락이 있다. 이 논문에서

는 아래 표 6에 나타난 것과 같이 피뢰기를 설치한 14개 선로 구간 내 낙뢰 고장 발생 실적 선로 중 선로의 위치와 고장 시간이 다른 선로의 고장방지 추정 21건을 대상으로 하였으며, 피뢰기 설치 전후 3년 동안 낙뢰고장의 실적을 비교 분석하였다.

표 6 피뢰기 설치 전, 후 3년간 연평균 낙뢰 고장
Table 6 Average annual fault records before arresters and with arresters for 3 years

선로명	1회선 고장			2회선 고장			전체			고장 방지 건수
	설치 전 (a1)	설치 후 (b1)	고장 감소율 ((a1-b1)/a1 [%])	설치 전 (a2)	설치 후 (b2)	고장 감소율 ((a2-b2)/a2 [%])	설치 전 (A)	설치 후 (B)	고장 감소율 ((A-B)/A [%])	
양수 12	0.33	0.50	-51.5	0.33	0.00	100.0	0.66	0.50	24.2	1
양수 34	0.33	0.50	-51.5	0.67	0.00	100.0	1.00	0.50	50.0	1
서천	1.67	1.12	32.9	0.67	0.16	76.1	2.34	1.28	45.3	3
태안	0.67	1.00	-49.3	0.33	0.00	100.0	1.00	1.00	0.0	
상계	1.00	0.00	100.0	1.30	0.00	100.0	2.30	0.67	70.9	
잔안	1.30	0.00	100.0	5.00	0.00	100.0	6.30	0.00	100.0	
구례	1.00	3.86	-285.8	4.00	1.00	75.0	5.00	4.86	2.8	6
완도	0.33	3.00	-801.1	2.00	0.00	100.0	2.33	3.00	-28.6	7
대북	1.00	0.00	100.0	0.30	0.00	100.0	1.30	0.00	100.0	
북성	3.30	1.33	39.4	0.00	0.00	0.0	3.30	2.00	39.4	1
정선	1.70	0.00	100.0	0.60	0.00	100.0	2.30	0.00	100.0	
남해	1.33	2.50	-88.0	0.00	1.00	-	1.33	3.50	-62.2	2

2.2.2 설치 효과

3년간 축적된 결과를 보면 피뢰기 설치 구간내 2회선 고장실적이 없어 2회선 동시 고장방지 효과를 입증하고 있으며, 고장유형의 변화를 보이고 있다.

표 7에서 인용된 낙뢰표시기의 동작원리에 대한 내용은 그림 9에 나타나 것과 같이 철탁 주주재(Main Post)에 흐르는 뇌격전류가 낙뢰표시기의 코일에 유기되어 동작하는 원리이다. 낙뢰표시기는 낙뢰가 유입되어 고장이 발생한 송전 철탁을 식별하는 표시기로 현장에서 유용하게 사용되고 있다. 그러나 낙뢰가 빈번한 개소에만 주로 설치되어 있고 오동작의 우려도 있어 고장개소 식별의 보조 장치로서 이용되고 있다.

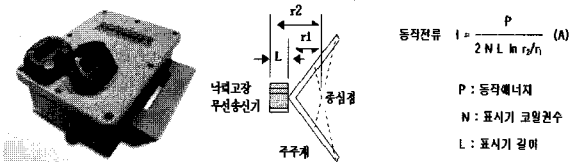


그림 9 낙뢰 표시기 및 동작원리
Fig. 9 Lightning indicator and operating properties

표 7 피뢰기 설치 선로 낙뢰 고장 방지 사례

Table 7 Lightning faults prevention examples of transmission line with arresters

선로명 [T/L]	고장 개소 [No.]	고장 내용	임계 전류 [kA]		KLDNet 기록 [kA]	낙뢰 기 동작	피뢰기 설치	
			차 폐 실 패	역 섬 락				
구례 #1,2	50	1회선 중단(B)	7~11	74			1회선 3상 일부 구간 설치	
	43	1회선상단(C)	2.8~15	79	19.8~27.1			
	43	1회선중단(B)	2.8~15	64	17.8~27.1			
	43	1회선상단(B)	2.8~15	64	21.7~22.4			
	47	1회선상단(C)	2.8~15	64	12.2~22.4			
	65	1회선중단(B)	2.8~18	70	8.6~16.5			
완도 #1,2	18, 20, 21, 26	1회선상단(A) 1회선중단(B) 1회선ABC 1회선ABC	27~39	64	10~30		1회선 3상 전구 간 설치	
	15 18, 21	1회선하단 1회선상단하단 1회선상단하단	2.6~26	67	35.7			
	28, 29	1회선	2.7~35	64	12.9~35.4			
	26, 30	1회선중단하단	2.7~16	65	10~43.2			
	37	1회선 중단	2.7~18	65	14.6			
	4	1회선 중단	2.6~33	50	13.4			
	29	1회선 중단	2.6~33	50	11.2~68			
서천 #1,2	42, 43	1회선 상단	3.4~148	62	62~120 추정		1회선 3상 일부 구간 설치	
	44	1회선 상단	3.4~148	62	62~120 추정	○		
	52	1회선 중단	3.4~148	62	4.9~16			
양수 #1,2	99	2회선 고장	4~	80	7~15.4		○	1회선 3상
삼량진 양수#4	84	1회선 하단	4~	80	6.5~32.8		○	1회선 3상
남해 #1,2	14	1회선하단	4~	80	2.8~34.3		○	1회선 3상 일부 구간 설치
	8, 12, 17	1회선	4~	80	11.3~26		○	
북성 (한성)	83	1회선 중단	4~	78	10~30		○	1회선 3상 격철탑

2.2.3 송전선로용 피뢰기 EMTP 분석 결과

한전에서 송전선로용 피뢰기를 설치 운용중인 14개 T/L 574기(1648set)중 고장발생 실적 선로중의 하나인 구례 T/L은 표 8과 같은 내용의 변전소 계전기 기록사항을 보였다. 같은 시간 낙뢰 탐지 시스템인 KLDNet을 통해서 얻은 데이터는 그림 10에 나타나 바와 같이 뇌격전류는 8kA에서 14kA의 범위에 있다. 그림에서 파란색 라인은 154kV 구례 T/L이며 파란 점들은 철탑들을 의미하며 번호는 철탑 고유의 번호를 나타낸다. 또한 분홍색 라인은 송전선로 주변의 영역설정으로 그 거리는 임의로 선정할 수 있다. 상기 조건을 EMTP를 이용하여 분석해본 결과 애자련 섬락을 일으키는 낙뢰 전류의 크기는 차폐실패 범위에 있었으며, 역섬락을 일으키는 뇌격전류는 74 kA 이상 이었다. 이 경우 KLDNet 낙뢰 기록의 크기가 차폐실패 범위에 있으므로 #2 T/L 중단상에 직격한 고장으로 추정되며. #1 T/L의 피뢰기

는 동작가능성 낮은 것으로 판단된다. 또한 뇌격전류가 74 kA 이상일 경우 #2 T/L 중단상 역섬락 가능성이 클 것으로 분석된다.

표 8 송전선로 고장 예시

Table 8 Examples of transmission line faults

선로명	고장 개소	일시	고장내용	KLDNet 기록
구례 T/L	No.50	06.08.05 17:14:34	#2 TL 중단상 (B)	2006-08-05 17:14:30.657 35.231 127.279 - 14.40 kA
				2006-08-05 17:14:30.947 35.234 127.273 - 14.40 kA
				2006-08-05 17:15:08.933 35.237 127.265 00.00 kA
				2006-08-05 17:15:18.107 35.235 127.254 - 08.40 kA

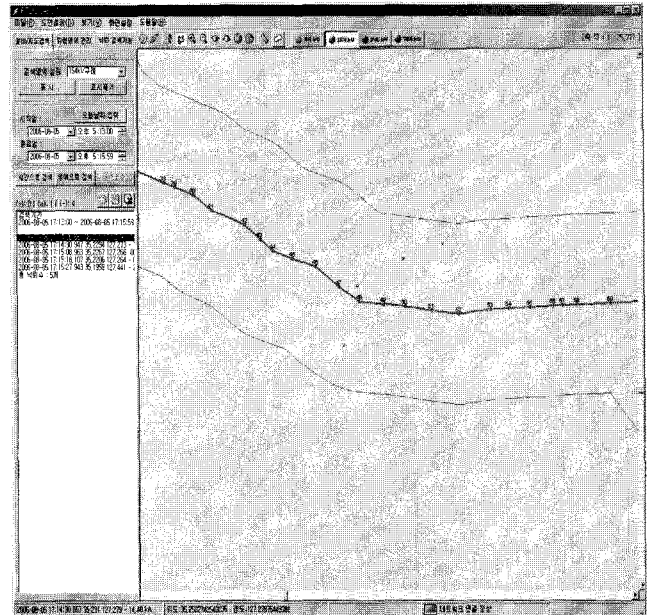


그림 10 KLDNet data

Fig. 10 KLDNet(Lightning indicating system) data

다음의 그림 11과 그림 12는 관측범위의 낙뢰가 피뢰기가 설치된 전력선에 직격한 경우를 EMTP로 모의한 것으로 14 kA의 뇌썩지는 약 20 μs 이내에 방전 소호되고, 피뢰기의 최대 방전전류인 30 kA의 낙뢰가 직격한 경우에도 약 30 μs 이내에 소호되는 것으로 분석되었다.

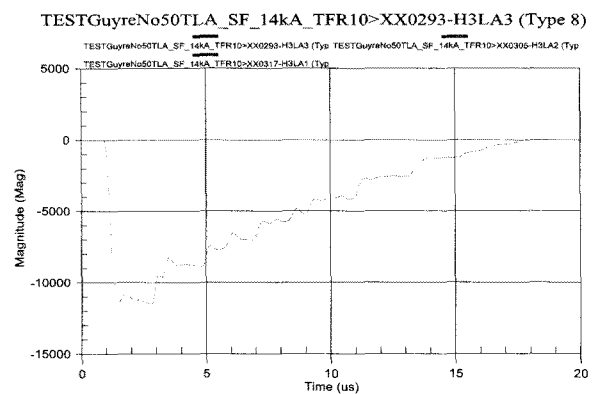


그림 11 14 kA 직격뢰의 피뢰기 방전전류 파형과 고장전류 소호시간 17μs
Fig. 11 Waveform of discharge current (lightning stroke current 14kA)

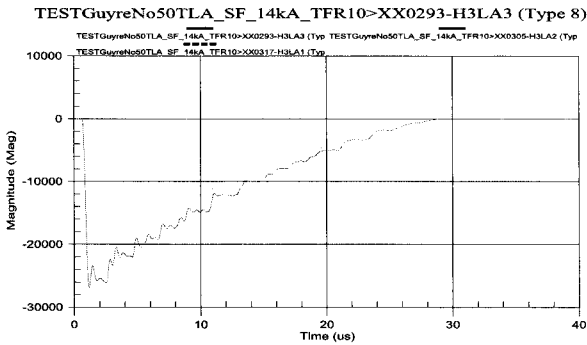


그림 12 30kA 직격뢰 피뢰기 방전전류 파형과 고정전류 소호시간 28us
Fig. 12 Waveform of discharge current (lightning stroke current 30kA)

2.2.4 낙뢰 고장 발생의 유형 구분

송전선로에서 발생하는 뇌격고장의 유형은 낙뢰전류의 크기에 따라 다음과 같은 경우로 구분할 수 있다.

1. 낙뢰전류가 작아 뇌격에 의한 고장이 발생하지 않는 경우
0kA < 낙뢰전류 < 차폐실패 임계섬락전류
2. 직격뢰에 의한 1회선 차폐실패 고장
차폐실패 임계전류 이상 < 낙뢰전류 < 1회선 역섬락 임계전류
3. 역섬락에 의한 1회선 고장
(1회선 역섬락 임계전류 이상 - 2회선 역섬락 임계전류 미만)
1회선 역섬락 임계전류 < 낙뢰전류 < 2회선 역섬락 임계전류
4. 역섬락에 의한 2회선 고장 (2회선 역섬락 임계전류 이상)
2회선 역섬락 임계전류 < 낙뢰전류

고장 유형 중 1번 및 2번 항의 경우 피뢰기 설치 위치나 설치 회선에서만 섬락 고장 가능성이 있었으나 피뢰기의 동작으로 고장이 방지된 경우 선로 차단(Trip)이 일어나지 않기 때문에 피뢰기 동작 여부를 판단하기 어렵다. 그러나 철타에 설치된 낙뢰표시기가 동작한 경우에 한하여 고장방지 효과의 추정이 가능하다.

2.2.5 송전선로용 피뢰기 설치방법에 따른 효과

1. 1회선 3상 전철타 설치

2회선 동시고장을 방지하는 것이 주목적으로 1개 회선의 낙뢰고장 발생확률을 충분히 낮추고자 할 경우에는 전 구간 설치방법이 요구된다. 단 2회선 고장률 또는 1회선 고장률을 일정 목표 수준이하로만 억제하고자 하는 경우라면 선로 전구간 설치 대신 낙뢰발생빈도가 높은 구간에 부분 설치 방법을 사용할 수 있다.

2. 1회선 3상 격철타 설치

선로의 낙뢰고장발생을 특정한 허용 목표값 이내로 유지하는 경우 사용이 가능한 방법이다.

표 9 피뢰기 설치 방법별 효과

Table 9 Influence of different arrester Installation methods

설치방법	고장방지 효과	비 고
1회선 3상 전구간	크다	2회선 고장 100% 방지
1회선 3상 부분 설치	중간	2회선 고장방지 제한적
1회선 3상 격철타	작다	허용 범위내 고장발생억제

3. 결 론

본 논문에서는 154kV 송전선로에서의 피뢰기 설치 전후의 선로의 낙뢰 고장 실적 통계를 분석하고, EMTP 시뮬레이션 분석을 통해 섬락 임계 뇌격전류의 계산, 피뢰기 동작전류 분석, KLDNet 관측기록 및 낙뢰표시기 동작 기록과 비교분석을 통하여 송전선로용 피뢰기의 현장 적용 결과를 제시 하였다.

154kV 송전선로 피뢰기 현장 설치 효과 분석 결과 송전선로의 평균 경간인 300m에서는 피뢰기의 보호범위를 초과하여 인접 철타에 뇌 과전압 억제 효과가 없다. 그리고 낙뢰발생이 매우 불규칙하여 특정 철타 또는 좁은 구간에 반복 발생하는 확률이 낮고, 선로 구간내 피뢰기 미설치구간 존재시 뇌 고장 발생 가능성이 상존한다. 또한 뇌격 침입시 각 도체별 전위전압의 위상각에 따라 철타의 역섬락 고장이 상단상 측에만 집중하지 않는 특성과 차폐실패에 의한 중, 하단상 고장 가능성을 고려할 때, 전력선 암의 1상 또는 2상에만 피뢰기를 설치하는 방법으로는 충분한 고장방지가 불가능한 것을 알 수가 있었다.

참 고 문 헌

[1] 한전 송변전처, "07송전설비 고장분석 및 대책", 2008.3
 [2] KEPCO Academy "송변전실무반 교재", 2007.8
 [3] S.Sadovic. "Line Surge Arresters and Unbalanced Insulation In The Reduction Of Double Circuit Outages", Xth International Symposium on High Voltage Engineering, August, 25-29, 1997.
 [4] KSYeung & KTSuge, "Power Quality Improvement Using External Gapped Line Arresters on 132kV & 400kV Overhead Transmission Lines.VIIIth International Symposium on High Voltage Engineering, 2008

저 자 소 개



최한열 (崔漢烈)

1965년 1월 17일생. 1992년 전북대 전기공학과 졸업. 2007년~현재 고려대 공학대학원 전기공학과 석사과정. 1992년~현재 한국전력공사 Academy 송변전교육팀 차장

Tel : 02-970-3542

E-mail : hanyeol@kepcoco.kr



구성완 (丘成完)

1948년 1월 20일생. 1995년 산업대 전기공학과 졸업. 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1966년~2006 한국전력공사 근무. 2006년~현재 대한전기학회 사무국장

Tel : 02-553-0151

E-mail : kuso@kiee.or.kr



민 병 옥 (閔丙旭)

1955년 2월 9일생. 1983년 한밭대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1976년~현재 한국전력공사 송변전건설처장

Tel : 02-3456-5100

E-mail : bymin@kepco.co.kr



이 봉 희 (李鳳熙)

1962년 1월 10일생. 1987년 광운대 전기공학과 졸업. 1998년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년~현재 한국전력공사 Academy 송변전교육팀장

Tel : 02-970-3540

E-mail : bonghee@kepco.co.kr



박 순 규 (朴順圭)

1957년 5월 10일생. 1979년 한양대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1980년~현재 한국전력공사 송변전계획처 송변전기술팀장

Tel : 02-3456-5001

E-mail : bymin@kepco.co.kr



곽 주 식 (郭周植)

1971년 11월 10일생. 1994년 충북대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 차장

Tel : 042-865-5868

E-mail : joosiki@kepco.co.kr