

CRIEPI 방식을 이용한 국내 가공 배전선로에서의 뇌 섬락률 산정

Analysis of Flashover Rate by Lightning in Korea Distribution Line using CRIEPI Method

최 선 규* · 서 훈 철† · 한 준** · 김 철 환*** · 이 병 성§
(Sun-Kyu Choi · Hun-Chul Seo · Jun Han · Chul-Hwan Kim · Byung-Sung Lee)

Abstract - This paper analyzes the flashover rate by lightning in Korea distribution system. Because of random characteristics of lightning, the Monte Carlo method is applied to estimate the lightning performance. The magnitude of lightning stroke is based on the curve measured in field. The classification of direct and indirect lightning depends on the striking distance. The striking distance and flashover rate are calculated by using the method based on Central Research Institute of Electric Power Industry(CRIEPI). The distribution system and lightning is modeled by using EMTP and MATLAB, and the accuracy of modeling is discussed. The simulations for the various spacing between two adjacent surge arresters and the various grounding resistance of GW according to the existence of GW are performed and the simulation results are analyzed.

Key Words : Lightning-induced voltage, EMTP, Flashover rate, Overhead ground wire, Surge arrester

1. 서 론

전력계통의 송배전선로는 빈번히 발생하는 뇌격에 노출되어 있다. 뇌 방전에 의하여 발생한 낙뢰가 전력설비에 직접 인가된다면 절연과피 등 설비에 큰 손상을 입게 된다. 배전선로에서의 직격뢰의 경우, 대부분 절연 과피 등의 큰 위험을 야기 시킨다. 선로 인근에 발생한 뇌격으로 인하여 배전선로에 유도된 전압은 전자기적 호환성 및 민감 장비의 증가로 인한 전력품질 측면에서 큰 이슈가 되고 있다[1-4]. 현재, 한전의 배전계통은 내뢰보호를 위하여 가공지선 및 피뢰기와 같은 다양한 장비를 갖추고 있다.

일본의 중앙 전력연구소(CRIEPI)의 경우, 직격되는 EMTP를 사용하고 유도되는 Tatematsu의 VSTL (Virtual Test Lab) 프로그램을 사용하여 뇌 섬락률 및 과전압을 분석하였다[1]. 참고문헌 [2]의 경우, 피뢰기 및 가공지선의 주기적인 접지에 따른 영향을 분석하였다. 참고문헌 [3]의 경우, 가공지선 및 중성선의 존재, 피뢰기의 존재 여부에 따른 섬락률을 평가하였다. 국내에서는 뇌의 전파 특성에 관한 연구가 국내에서도 일부분 수행되어 왔다[5]. 그렇지만, 국내

에서는 뇌의 실제 측정치를 이용하여 확률론적인 접근을 통한 내뢰보호 시스템의 영향 및 대책에 대한 연구는 아직 수행되지 않았다. 따라서, 배전계통의 내뢰보호 시스템의 영향 및 대책에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 선로 주변에 건물이 고려되지 않은 경우, 배전선로에서 뇌서지 섬락률을 산정하였다. 뇌서지 해석 시, 뇌가 갖는 랜덤한 특성을 고려하여 몬테카를로 기법을 도입하였다. 뇌격 전류의 크기를 실제 통계치를 기반으로 확률론을 통해 구했으며, 뇌격위치 및 섬락률 계산은 CRIEPI 기반 방식을 이용하였다. 모델링은 EMTP 및 MATLAB을 이용하여 수행하였다. 가공지선의 유무 및 접지저항, 피뢰기의 설치간격에 따른 다양한 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과

2. 국내 배전선로의 내뢰보호 시스템

그림 1은 실제 한전 배전선로에 설치된 피뢰기 및 가공지선을 보여준다.

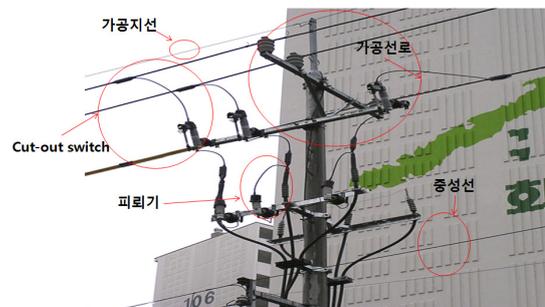


그림 1 실제 한전 배전선로
Fig. 1 Practical distribution line in Korea

* Power System Laboratory, KEPRI
† Corresponding Author : College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University
E-mail : hunchul12@skku.edu
** College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University
*** College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University
§ Power System Laboratory, KEPRI

Received : April 5, 2012; Accepted : September 24, 2012

한전의 배전계통은 3상 4선식으로 구성되어 있으며, 정격 전압은 22.9kV이다. 한전의 배전계통은 내뢰 보호 장치로 가공지선, 피뢰기가 설치되어 있다. 미국의 배전계통과는 달리 국내 배전계통의 경우 가공지선이 설치되어 있다. 가공지선의 접지 간격은 200m 이며, 접지 저항은 50Ω이다. 피뢰기의 경우에, 500m 마다 설치되며, 접지 저항은 25Ω이다. 중성선은 각 장주에서 접지되며, 접지 저항은 300Ω이다[6].

3. 뇌격 모델링

3.1 직격뢰 모델링

EMTP는 뇌 파형의 생성을 위하여 표 1과 같이 다양한 모델을 지원하고 있다[7]. 그 중 본 논문에서는 Heidler type 을 사용하여 낙뢰 파형을 생성하여 선로에 인가하였다.

표 1 EMTP에 주어진 뇌서지 모델링 소자의 종류 및 특징

Table 1 Type and feature of components to model the lightning surge source in EMTP

소자의 종류	특징
SURGE 모델	1. $I(t)=I_p*(\exp(A*t)-\exp(B*t))$ 2. 뇌 임펄스의 경우 표준값($A=-14000$, $B=-4500000$)을 알 수 있으나, 스위칭 임펄스의 경우 A, B값을 유추하기 어려움
CIGRE 모델	1. tf(파두시간)와 th(파미시간)에 의한 파형의 모양 조절 2. 뇌 임펄스를 만들 때 가장 적합한 모델이나 스위칭 임펄스를 만들 때는 약간의 오차가 발생
HEIDLER 모델	1. tf와 τ 에 의한 파형의 모양 조절 2. tf는 t=0부터의 시간이고 τ 는 37%까지 떨어지는 시간이므로 이 값을 조절하여 뇌 파형 생성 가능
STANDLER 모델	1. n과 τ 에 의한 파형의 모양 조절 2. 주어진 front time과 tail time과 factor 'n'과의 관계가 명확하지 않아서 계산에도 어려움이 있고, 값의 조절도 한계가 있으므로 정확한 임펄스를 만드는데 적합하지 않음

3.2 유도뢰 모델링

유도뢰 모델링을 위한 시스템은 그림 2와 같다. 뇌 채널은 직선형(straight)이며, 수직적으로 가정한다. 유도뢰 모델링을 위한 수학적 수식에 필요한 기본 가정은 다음과 같다 [8-9]. 유도뢰 모델링을 위한 수학적 수식은 참고문헌 [8-9]에 나타나 있다.

- a. 송전선로 모델이 뇌 채널을 위하여 사용된다.
- b. 뇌전류 형태는 선형이다.
- c. 가공선로는 무손실로 가정한다.
- d. Cooray-Rubinstein 간략화가 수평 전기장 감쇄를 표현

하기 위하여 사용된다. 수직의 전기장 및 자기장은 감쇄하지 않는 것으로 가정한다.

e. 귀환뇌격으로부터의 전자기장만이 고려된다.

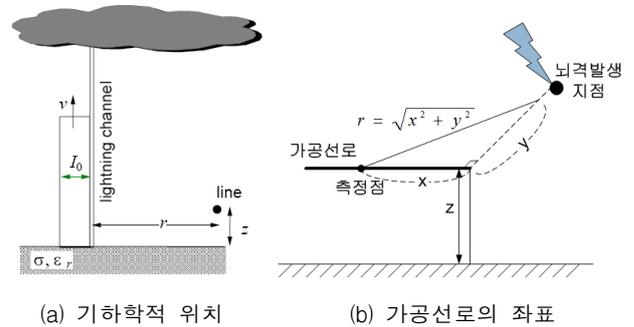


그림 2 유도뢰 모델링을 위한 시스템의 구성

Fig. 2 Configuration of system to model the indirect lightning

3.3 몬테카를로 기법 기반의 모델링

뇌격은 랜덤한 특성을 지니기 때문에 각 뇌격의 크기 및 위치는 모두 다르게 발생한다. 따라서 뇌 과전압에 의한 섬락률을 계산하기 위하여 몬테카를로 방법이 적용된다. 몬테카를로 방법이란 우연한 현상의 경과를 난수를 써서 수치적, 모형적으로 실현시켜 그것을 관찰함으로써 문제의 근사해를 얻는 방법이다. 이러한 정의를 본 논문에 적용하면 임의의 뇌격에 대하여 확률 분포에 따라 뇌격 전류의 크기 및 뇌격 위치를 결정하고, 유도뢰 및 직격뢰의 다양한 시뮬레이션을 통하여 섬락률을 구하는 방법으로 지칭할 수 있다.

3.3.1 확률론적 기반의 뇌전류크기 결정

그림 3은 1996년에서 2004년까지 한전 낙뢰감지 네트워크(KLDNet: KEPCO Lightning Detection & Information Network)에서 측정된 뇌격전류의 확률분포 곡선을 나타낸다[10]. 그림 3에서 추정할 수 있는 뇌격전류 확률분포 식은 식 (1)과 같다.

$$P = \frac{1}{1 + \left(\frac{I_p}{15.71}\right)^{2.86}} \quad (1)$$

3.3.2 뇌격위치 결정 및 섬락률 계산

선택된 뇌격위치를 흡인거리(striking distance, 그림 4에서 r)와 비교하여 직격뢰 혹은 유도뢰가 결정된다. 뇌격위치 y가 흡인거리보다 짧은 경우에는 직격뢰로 간주하며, 흡인거리 이상인 경우에는 유도뢰로 간주한다. 흡인거리를 구하는 방법은 CRIEPI에서 제안한 방식을 채택하였다. CRIEPI 기반의 방식은 확률을 기반으로 랜덤하게 선택된 뇌격 전류의 크기에 대하여 식 (2)에 의하여 흡인거리를 결정한다[1].

$$r = 8I_p^{0.65} \quad (2)$$

여기서, I_p : 뇌격전류의 크기

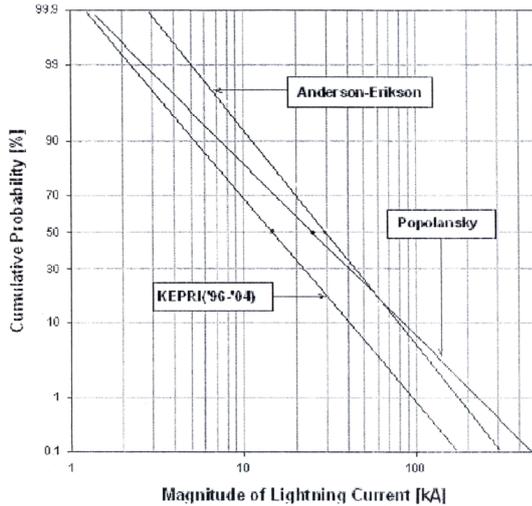


그림 3 1996년에서 2004년까지 KLDNet에서 측정된 뇌격전류의 확률분포 곡선

Fig. 3 Cumulative probability distribution versus magnitude of lightning stroke measured by KLDNet from 1996 to 2004

섬락률 또한 CRIEPI 기반의 방식을 채택하였으며, 식 (3)과 같이 구할 수 있다[1].

$$P = \frac{n}{n_{tot}} \times \frac{IKL}{10} \quad (3)$$

여기서,

- P : 섬락률 [건/km/yr]
- n : 임계섬락전압(Critical Flashover Voltage, CFO)을 초과하는 뇌격횟수
- n_{tot} : 전체 시뮬레이션 횟수
- IKL : 연간 뇌우일수

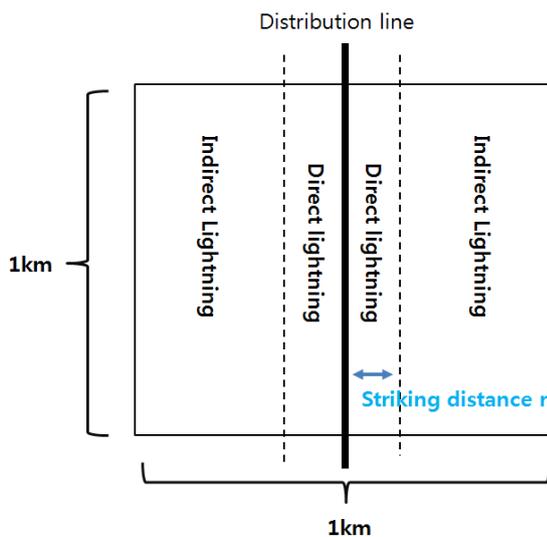


그림 4 흡인거리 기반의 직격뢰, 유도뢰 구분 개념

Fig. 4 Distinguishing of the direct lightning from the induced lightning using the striking distance

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 조건

본 논문에서는 다양한 크기의 뇌격 발생 시 섬락률을 분석하기 위하여 가공지선의 유무, 가공지선의 접지저항, 피뢰기의 설치간격을 다양하게 구성하여 시뮬레이션을 수행하였다. 모의 조건은 표 2와 같다. 현행 기준에 따라 Case 1에서 피뢰기의 설치간격을 500m, Case 2에서 가공지선의 접지저항을 50Ω으로 고정시킨 후 다른 변경조건을 설정하였다. Case 1은 가공지선의 유무 및 가공지선의 접지저항에 따른 영향을 분석하기 위한 조건이며, Case 2는 가공지선의 유무 및 피뢰기의 설치간격에 따른 영향을 분석하기 위한 조건이다. 대지저항률은 100Ω·m로 설정하였으며, 선로 길이는 2km로 모델링하였다. 가공지선의 접지간격은 200m로 모델링하였다. 피뢰기의 경우 피뢰기의 2차 리드선을 중성선과 연결하여 모델링하였고, 피뢰기의 접지저항값의 크기는 25Ω으로 설정하였다.

표 2 시뮬레이션 조건

Table 2 Simulation conditions

	가공지선	가공지선 접지저항	가정
Case 1	유	10Ω, 50Ω, 100Ω, 300Ω, 500Ω	피뢰기 설치간격: 500m
	무	10Ω, 50Ω, 100Ω, 300Ω, 500Ω	
Case 2	가공지선	피뢰기 설치간격	가정
	유	250m, 500m, 750m	가공지선 접지저항: 50Ω
무	250m, 500m, 750m		

4.2 시뮬레이션 방법 및 모델링의 검증

본 논문에서는 몬테카를로 방법을 기반으로 시뮬레이션을 수행하기 위하여 EMTP와 MATLAB을 연동시켜 사용하였다. EMTP와 MATLAB에서 각각 수행하는 역할은 그림 5에 나타나 있다. EMTP는 뇌격 전류의 크기 및 뇌격위치를 결정한다. 또한, 흡인거리를 계산하여 유도뢰 혹은 직격뢰 시뮬레이션을 수행하여 과전압 크기를 결정한다. 뇌격 전류의 크기, 뇌격위치, 흡인거리의 계산 단계는 그림 5와 같이 EMTP의 보조루틴 중 하나인 EMTP/MODELS에서 수행되며, 과전압 크기는 EMTP의 실행을 통하여 계산된다.

한 번의 EMTP 시뮬레이션을 마친 뒤에 뇌격크기 및 과전압이 MATLAB에 입력된다. MATLAB에서는 EMTP의 결과를 이용하여, 뇌격크기의 확률분포, 섬락률을 계산하고 시뮬레이션 횟수를 체크한다. 만약, 시뮬레이션 횟수가 끝나지 않은 경우는 다음 시뮬레이션 시작 명령을 EMTP에게 전달한다. 이렇게 두 프로그램간의 Link가 가능한 이유는 EMTP는 text 방식의 EMTP 코드를 이용하여 dos 기반으로 실행이 가능하고, MATLAB에서는 실행 명령어를 이용하여 dos 실행이 가능하기 때문이다.

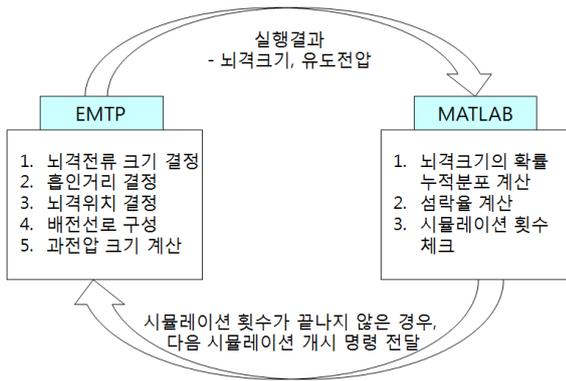


그림 5 EMTP와 MATLAB 사이의 링크 개념도
Fig. 5 Interface between EMTP and MATABLAB

표 3은 뇌격크기 분포에 대하여 실제 측정된 값과 확률분포에 따른 시뮬레이션 값을 비교한 것이다. 각각의 값이 매우 유사한 것을 알 수 있다. 따라서, 뇌격크기에 대한 모델링은 정확하게 수행되었다고 볼 수 있다.

표 3 뇌격크기 분포에 대하여 실제 측정된 값과 시뮬레이션 값의 비교

Table 3 Comparison of the filed measurement values and simulation values for magnitude of lightning stroke

뇌격크기 (kA)	실제 측정치 (%)	시뮬레이션 결과 (%)
4.4	97.4	97.4
10	78.4	79.4
20	33.4	34.8
30	13.6	13.6
50	3.5	3.6
100	0.6	0.8

4.3 시뮬레이션 결과 분석

4.3.1 유도뢰 발생 시 영향 분석

모든 시뮬레이션의 경우에서, 주변 건물의 존재가 고려되지 않았음에도 불구하고 가공지선 유무에 상관없이 유도뢰 발생 확률은 90.4%로 나타났다. 이는 흡인거리 고려 시 전주의 높이가 고려되지 않기 때문에 가공지선 유무에 상관없이 유도뢰 발생 확률이 동일하게 나타난 것이다.

그림 6과 같이 모든 시뮬레이션 조건에서 유도뢰에 의한 섬락률은 0으로 나타났다.

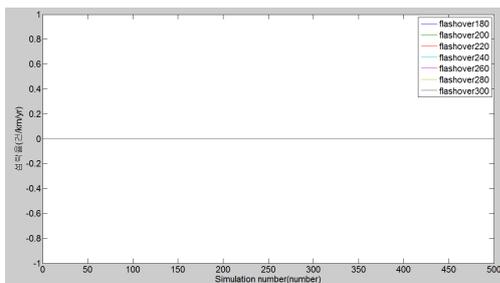


그림 6 유도뢰 발생 시 섬락률
Fig. 6 Flashover rate by indirect lightning

식 (2)의 흡인거리 계산 방식에 따라 뇌격전류의 크기가 100kA인 경우 경계지점을 계산하면 159m이다. 이 값을 기준으로 가공지선 존재 시 뇌격전류의 크기가 100kA이고 선로와 뇌격점 사이의 거리가 160m일 때 과전압의 크기는 160kV이다. 가공지선이 존재하지 않는 경우는 동일 조건에서 191kV의 과전압이 발생하며, 180kV 이상의 과전압이 발생하는 경우는 선로와 뇌격점 사이의 거리가 160m~172m 범위이다. 가공지선 존재 및 제거에 따라 임계섬락전압인 180kV 이상의 과전압이 발생할 수 있는 경우는 뇌격전류의 크기가 100kA임에도 불구하고, 뇌격과 선로와의 이격거리 사이의 범위가 매우 좁음을 알 수 있다. 확률적으로 접근하면 100kA의 뇌격이 발생할 확률은 단지 0.6%이며, 0.6% 내에서 흡인거리 내에 들어갈 확률은 매우 드물다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서 시뮬레이션 한 500번 내에서 섬락이 나타나지 않은 것이며, 시뮬레이션 횟수를 매우 많이 할 경우 극히 드물게 유도뢰로 인하여 섬락이 발생할 가능성이 존재한다고 볼 수 있다.

4.3.2 직격뢰 발생 시 영향 분석

(1) 피뢰기 설치간격에 따른 섬락률 분석

그림 7은 각 CFO에 대하여 피뢰기 설치간격에 따른 섬락률의 시뮬레이션의 결과를 나타낸다. 모든 경우에서 가공지선이 있는 경우의 섬락률이 가공지선이 존재하지 않는 경우의 섬락률보다 낮은 것을 알 수 있다. CFO가 180kV인 경우, 가공지선의 존재유무에 따른 섬락률의 차이는 피뢰기 설치간격이 500m일 때 0.023이며, 750m인 경우에는 0.061로 급격히 증가하게 된다. 그 외에 각각의 CFO값의 경우에도 500m를 기준으로 동일한 경향을 나타냄을 알 수 있다. 따라서, 피뢰기의 설치 간격은 가공지선의 유무에 상관없이 500m 이하여야 한다고 볼 수 있다.

그림 8은 피뢰기 설치간격이 250m, 500m, 750m 일 때 CFO 변화에 따른 섬락률을 나타낸다. 가공지선 유무에 따른 섬락률의 차이는 240kV 이상에서 급격하게 증가함을 알 수 있다. 피뢰기 설치간격이 250m인 경우, 220kV 이하에서 가공지선 유무에 따른 섬락률의 차이는 평균 0.03이며, 240kV 이상에서는 평균 0.0475이다. 피뢰기 설치간격이 500m인 경우, 220kV 이하에서 가공지선 유무에 따른 섬락률의 차이는 0.022이며, 240kV 이상에서는 0.0465이다. 피뢰기 설치간격이 750m인 경우, 220kV 이하에서 가공지선 유무에 따른 섬락률의 차이는 0.064이며, 240kV 이상에서는 0.072이다. 그림 8에서 CFO가 낮은 경우, 섬락률이 동일한 경우가 존재한다. 이것은 본 논문에서 시뮬레이션 수행 시 500번을 수행한 결과이며, 그 횟수를 늘리면 CFO가 증가 시 섬락률도 다른 경우와 동일한 경향을 가지게 된다.

참고로, 그림 9와 같이 피뢰기 설치간격이 500m인 경우를 피뢰기가 설치되지 않은 경우와 비교하였다. 피뢰기 설치간격이 500m이고 가공지선이 존재하지 않는 경우의 섬락률이 가공지선은 존재하고 피뢰기가 설치되지 않을 때의 섬락률보다 더 낮은 것을 알 수 있다. 이러한 결과들은 가공지선이 존재하지 않는 경우 피뢰기를 통해 내뢰성능을 보완할 수 있음을 보여준다.

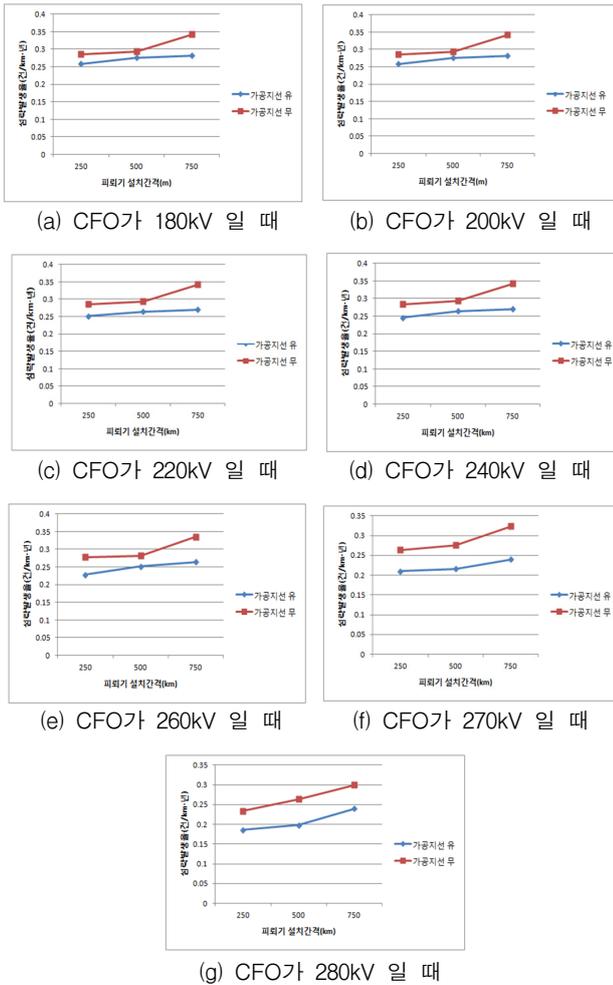


그림 7 각 CFO에 대해 피뢰기 설치간격에 따른 섬락률
 Fig. 7 Flashover rate according to the spacing between two adjacent surge arresters

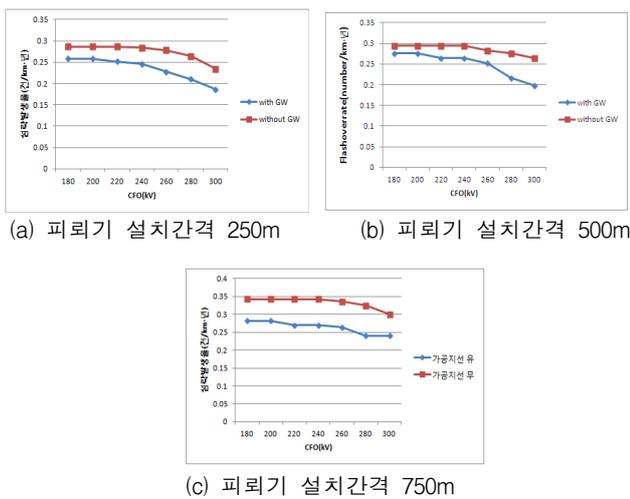


그림 8 피뢰기 설치간격이 250m, 500m, 750m일 때 CFO에 따른 섬락률
 Fig. 8 Flashover rate according to the CFO at each spacing between two adjacent surge arresters

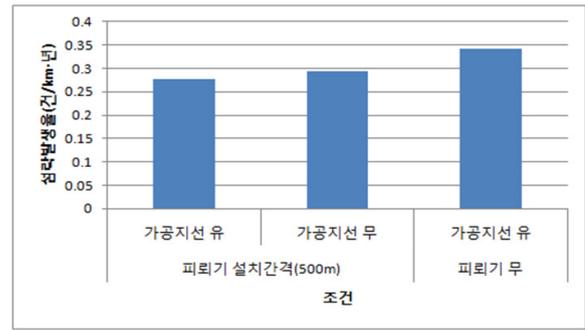


그림 9 내뢰설비가 존재하지 않는 경우와의 비교
 Fig. 9 Comparison according to the existence of lightning protection system

(2) 가공지선의 접지저항에 따른 섬락률 분석

그림 10은 각 CFO에 대해 가공지선의 접지저항에 따른 섬락률을 나타낸다. 모든 경우의 CFO에 대하여 가공지선의 접지저항이 작을수록 섬락률이 작아짐을 알 수 있다. 특히,

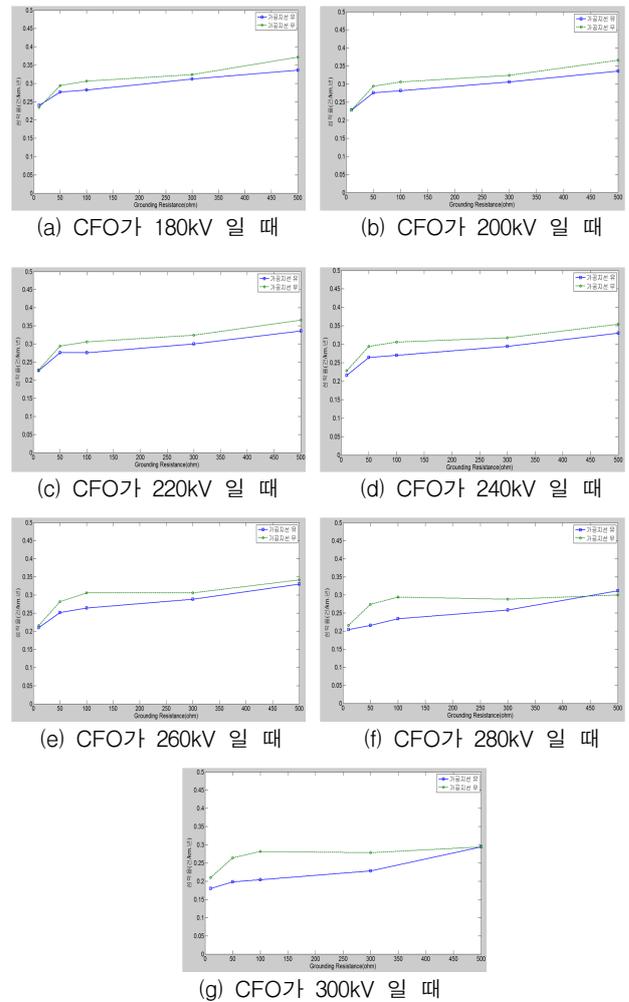


그림 10 각 CFO에 대하여 가공지선의 접지저항에 따른 섬락률
 Fig. 10 Flashover rate according to the grounding resistance of overhead ground wire at each CFO

가공지선의 접지저항이 10Ω인 경우, 가공지선의 유무에 따른 섬락률의 차이는 매우 작다. 현행과 동일한 기준인 가공지선의 접지저항이 50Ω인 경우를 살펴보면, 가공지선이 설치되지 않은 경우에는 0.0225건/km/yr 만큼의 섬락이 더 발생하는 것을 알 수 있다. 고려된 모든 CFO에 대하여, 가공지선의 접지저항이 10Ω인 경우 가공지선 유무에 따른 섬락률 차이의 평균은 0.0077건/km/yr이지만, 가공지선의 접지저항이 50Ω 이상인 경우 가공지선 유무에 따른 섬락률 차이의 평균은 0.028건/km/yr로 급격히 증가함을 알 수 있다. 이 결과들을 통해 가공지선이 설치되지 않은 경우에는 가공지선의 접지저항을 더욱 낮출 필요가 있다고 볼 수 있다. 하지만 가공지선의 접지저항을 더 낮게 하는 것은 경제적으로 비용이 매우 많이 드는 일이다.

4.3.3 섬락률 분석결과 검토

CRIEPI 방식을 이용하여 피뢰기의 설치간격 및 가공지선의 접지저항에 따른 섬락률을 분석하였다. 분석결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 가공지선 존재 및 제거에 따라 임계섬락전압인 180kV 이상의 과전압이 발생할 수 있는 경우는 뇌격전류의 크기가 100kA임에도 불구하고, 뇌격과 선로와의 이격거리 사이의 범위가 매우 좁다. 확률적으로 접근하면 100kA의 뇌격이 발생할 확률은 단지 0.6%이며, 0.6% 내에서 흡인거리 내에 들어갈 확률은 매우 드물다고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서 시뮬레이션 한 500m 내에서 섬락이 나타나지 않은 것이며, 시뮬레이션 횟수를 매우 많이 할 경우 극히 드물게 유도뢰로 인하여 섬락이 발생할 가능성이 존재한다고 볼 수 있다.
- ② 뇌격 발생 시 유도뢰 발생 확률은 90.4%로 나타났다.
- ③ 직격뢰의 경우, 가공지선이 존재하는 경우의 섬락률이 존재하지 않는 경우의 섬락률 보다 더 작게 나타났다.
- ④ 직격뢰에 대한 보호를 위해, 가공지선의 유무에 상관없이 피뢰기 설치간격은 500m 이하로 설정할 필요가 있다.
- ⑤ 가공지선의 접지저항이 낮아질수록 섬락률은 더 낮아진다. 하지만 가공지선의 접지저항을 낮추는 것은 경제적인 측면에서 볼 때 상당한 부담이 되는 부분이다.
- ⑥ 직격뢰 발생 시, 고려된 피뢰기 설치 간격에 대하여 가공지선이 존재하지 않는 경우 섬락률이 더 크게 나타나며 가공지선 유무에 따른 섬락률의 차이는
 - 피뢰기 설치간격이 250m인 경우:
 - CFO가 220kV 이하: 평균 0.03
 - CFO가 240kV 이상: 평균 0.0475
 - 피뢰기 설치간격이 500m인 경우:
 - CFO가 220kV 이하: 평균 0.022
 - CFO가 240kV 이상: 평균 0.0465
 - 피뢰기 설치간격이 750m인 경우:
 - CFO가 220kV 이하: 평균 0.064
 - CFO가 240kV 이상: 평균 0.072
- ⑦ 직격뢰 발생 시, 고려된 가공지선의 접지저항에 대하여
 - 가공지선의 접지저항이 10Ω인 경우: 고려된 모든 CFO 값에 대하여 가공지선의 유무에 따른 섬락률

의 차이는 0.0077이다.

- 가공지선의 접지저항이 50Ω 이상인 경우: 고려된 모든 CFO 값에 대하여 가공지선의 유무에 따른 섬락률의 차이는 0.028이다.
- ⑧ 직격뢰 발생 시, 가공지선의 유무 및 접지저항, 피뢰기의 설치간격에 상관없이 CFO 값이 클수록 섬락률이 낮아지며, 특히 CFO가 240kV 이상으로 증가할수록 섬락률은 급격히 낮아진다.
- ⑨ 현행 기준인 피뢰기 설치간격이 500m이고 가공지선의 접지저항이 50Ω인 경우, 가공지선이 존재하지 않는다면 0.0225건/km/yr의 섬락이 더 많이 발생한다.
- ⑩ 가공지선이 존재하지 않는 경우, 피뢰기의 설치를 통하여 내뢰 성능을 보완할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 선로 주변에 건물이 고려되지 않은 경우, 배전선로 장주에서 섬락률을 산정하였다. 섬락률 분석을 위하여, 뇌가 갖는 랜덤한 특성을 고려하여 몬테카를로 기법을 도입하였다. 뇌격 전류의 크기를 실제 통계치를 기반으로 확률론을 통해 구했으며, 뇌격위치 및 섬락률 계산은 CRIEPI 기반의 방식을 채택하였다. 시뮬레이션은 EMTP 및 MATLAB을 이용하여 수행하였으며, 가공지선의 유무 및 가공지선의 접지저항, 피뢰기 설치간격을 다양하게 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 분석은 4.3.3절에 제시하였다.

본 논문의 분석 결과를 바탕으로 선로 주변에 건물이 존재하지 않는 경우, 국내 배전선로의 내뢰보호 대책을 세울 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2010년도 한국전력공사의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계처실에 감사 드립니다.

References

- [1] CRIEPI, "Guide of Lightning Protection Design for Power Distribution Lines", 2002.
- [2] Mario Paolone, Carlo Alberto Nucci, Emanuel Petrache, and Farhad Rachidi, "Mitigation of Lightning-Induced Overvoltages in Medium Voltage Distribution Lines by Means of Periodical Grounding of Shielding Wires and of Surge Arresters: Modeling and Experimental Validation", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 19, No. 1, pp. 423-431, JANUARY 2004.
- [3] Alberto Borghetti, Carlo Alberto Nucci, and Mario Paolone, "An Improved Procedure for the Assessment of Overhead Line Indirect Lightning Performance and Its Comparison with the IEEE Std. 1410 Method", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. 22, No. 1, pp. 684-692, JANUARY 2007.

- [4] Vernon Cooray, "Lightning Protection", IET Power and Energy Series 58.
- [5] 기초전력공학공동연구소, "배전계통 절연협조 기준정립에 관한 연구", 2003.
- [6] 대한전기학회, "최신 배전시스템 공학", (주) 북스힐.
- [7] "Alternative Transients Program ATP Rule Book", EEUG, Canadian/American EMTP User Group.
- [8] Hans Kristian Hoidalén, "Analytical Formulation of Lightning-Induced Voltages on Multiconductor Overhead Lines Above Lossy Ground", IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 45, No. 1, February 2003.
- [9] Hun-Chul Seo, Chul-Hwan Kim, Sun-Kyu Choi, Byung-Sung Lee, "Modeling of Lightning Induced Voltage using EMTP/MODELS", Modeling of Lightning Induced Voltage using EMTP/MODELS 2011.
- [10] Joo-sik Kwak, Yweon-woog Kang, Jung-woog Woo, Kyo-sun Koo, Dong-jin Kweon, "Lightning observation by KLDNet and analysis on lightning activities of Korea in 2007", KIEE Summer Annual Conference .

저 자 소 개



최 선 규 (崔 璇 奎)

1973년 9월 26일생, 2000년 고려대 전기공학과 졸업, 2002년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년~현재 한전 전력연구원 선임연구원
 Tel : 042-865-5961
 Fax : 042-865-5809
 E-mail : skchoi@kepri.re.kr



서 훈 철 (徐 薰 徹)

1982년 1월 19일생. 2004년 성균관대 정보통신공학부 졸업. 2006년 동 대학원 정보통신공학부 졸업(석사). 2006년~현재 동 대학원 정보통신대학 박사과정
 Tel : 031-290-7166
 Fax : 031-299-4137
 E-mail : hunchul12@skku.edu



한 준 (韓 準)

1986년 2월 7일생. 2011년 순천향대 전자정보공학부 졸업. 2011년~현재 성균관대 정보통신대학 석사과정
 Tel : 031-299-4630
 Fax : 031-299-4137
 E-mail : j3angh@gmail.com



김 철 환 (金 喆 換)

1961년 1월 10일생. 1982년 성균관대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 성균관대 정보통신대학 교수, 전력IT 인력양성센터 센터장
 Tel : 031-290-7124
 Fax : 031-299-4137
 E-mail : hmwkim@hanmail.net



이 병 성 (李 丙 成)

1968년 8월 17일생, 1993년 충남대 전기공학과 졸업, 1995년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 한전 전력연구원 책임연구원
 Tel : 042-865-5960
 Fax : 042-865-5809
 E-mail : leebs@kepri.re.kr