

배전계통의 뇌격에 따른 과전압 분석

최승현, 김현수, 여상민, 김철환
성균관대학교

Analysis of Overvoltage according to Lightning of Distribution Systems

Seung-Hyun Choi, Hyoun-Su Kim, Sang-Min Yeo, Chul-Hwan Kim
SungKyunKwan University

Abstract - 낙뢰가 전력계통에 유입되면 전력설비 및 통신설비에 영향을 미쳐 경제적인 손실로 이어지는 문제점을 초래한다. 본 논문에서는 배전계통에서의 뇌격전류의 크기, 뇌격지점에서 거리, 그리고 접지저항의 크기에 따른 과전압을 전력계통 과도현상 프로그램인 EMTP (Electro-Magnetic Transients Program)을 이용하여 모의 및 분석하였다.

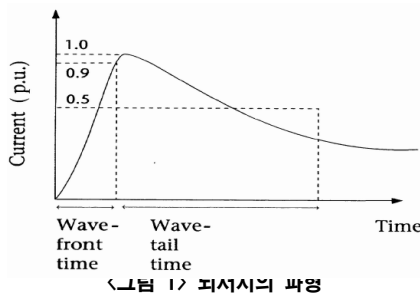
1. 서 론

최근 지구 온난화의 영향으로 여름철에 집중되었던 낙뢰 피해가 4개월 모두 발생하고 있다. 더욱이 고장 중 가장 높은 비율을 차지하는 것은 외물 접촉에 의한 고장이 가장 많지만, 순간 고장을 포함하면 낙뢰에 의한 고장이 외물접촉에 의한 고장보다 많이 발생하고 있는 실정이다 [1]. 또한 일정규모 이상의 낙뢰가 전력 설비에 떨어지면 엄청난 전력이 땅으로 누전되어 순간 전압이 0까지 떨어지고, 그로 인한 피해가 점차 증가하고 있으며, 이로 인한 장애는 경제적으로 큰 손실을 초래한다[2]. 본 논문에서는 낙뢰에 의한 배전선로의 과전압 영향을 분석하기 위해 배전선로의 상부에 위치한 가공지선에 뇌서지를 투입하여 뇌격전류의 크기, 뇌격거리 및 접지저항에 따라 전력계통 과도현상 프로그램인 EMTP(Electro-Magnetic Transients Program)를 이용하여 모의 및 분석하였다.

2. 뇌서지의 특징 및 종류

2.1 뇌서지의 특징

일반적으로 뇌서지는 전압, 전류의 급격한 상승을 초래하며, 파고치에 도달한 후, 다시 하강하는 소위 충격파의 형태를 나타낸다. 파형의 특징은 파두시간(Wave-front time), 파미시간(Wave-tail time)로 나타낼 수 있으며, 다음 그림 1은 전형적인 뇌서지의 파형을 나타내고 있다.



2.2 뇌서지의 종류

뇌서지의 종류는 직격뢰에 의한 서지, 유도뢰에 의한 서지, 역섬락의 3가지 종류로 나눌 수 있으며, 정의 및 특성은 다음 표 1과 같다[3].

<표 1> 뇌서지의 종류

종류	정의	특징
직격뢰	뇌격이 철탑, 차폐선 또는 선로에 직접 침입하는 서지.	·대부분 (-)극성 ·차폐 실패 가능성이 큼 ·일반적으로 20[kA]이내
유도뢰	정전기적, 전자기적 유도현상에 의해 생기는 서지.	·200~300[kV] ·파두/파미 30/500[μs],
역섬락	철탑이나 차폐선에 인가 시, 인가점과 상도체 간의 전압차에 의해 발생하는 서지.	·일시적 지락고장 발생 ·매우 경사가 높은 파형

2.3 EMTP를 이용한 뇌서지 모델링

EMTP에서 이용 가능한 뇌서지 전류원은 Surge type, Heidler type, Standler type, Cigre type, Slope-Ramp type의 5 종류가 있으며, 그 특징은 정리하면 다음 표 2와 같다.

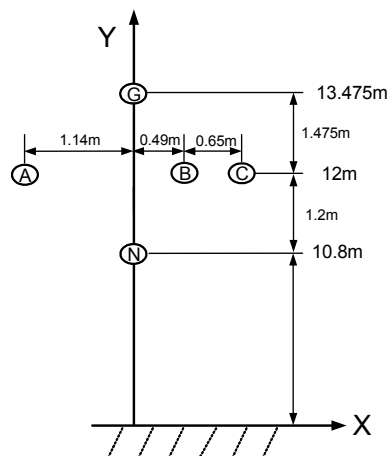
<표 2> EMTP에서 이용 가능한 뇌서지 전류원

종류	모양	특징
Surge type		·두 개의 지수함수로 전류원 표현 ·Standler type보다 정확한 모델링
Heidler type		·Peak 값까지 도달 시간과 Peak 값의 37[%] 까지 도달시간을 입력하여 서지 특성을 반영
Standler type		·하나의 지수함수로 전류원 표현 ·실제 뇌서지와 오차가 가장 큼
Cigre type		·Front time, Tail time을 입력하여 표현
Slope-Ramp type		·두개의 Slope를 사용하여 표현

3. 사례 연구

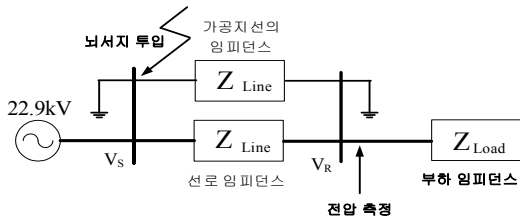
3.1 모의 조건

다음 그림 2는 사례 모의 연구에 적용한 배전선로의 기하학적 위치이고, 이 데이터를 기반으로 EMTP 소자 중 LCC(Line & Cable Constants)를 이용하여 선로를 모델링하였다. 여기서, X축은 중심축으로부터의 이격거리, Y축은 대지로부터 높이를 나타낸다.



<그림 2> 배전선로의 기하학적인 배치도

모의 조건으로 모의 계통도는 다음 그림 3과 같고, 선종의 제원은 다음 표 3과 같다. 공통조건으로 주파수는 60[Hz], 배전선로의 거리는 1[km], 부하는 각 상에 1[MVA], 역률은 0.9이며, 가변조건으로 뇌격전류는 5~20[kA], 뇌격위치로부터의 거리(뇌격거리)는 1~2[km], 접지저항의 크기는 50~200[Ω]으로 모의하였다.

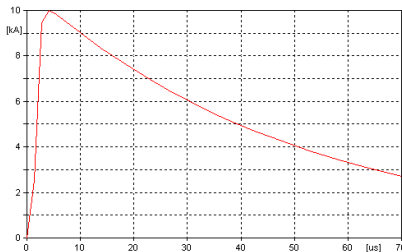


〈그림 3〉 모의 계통도

〈표 3〉 가공 배전선로의 도체 제원

구 분	선종 [mm ²]	반경 [cm]	DC저항 [Ω /km]
가공지선	ACSR 32	0.39	0.898
전력선	ACSR 160	0.91	0.182
중성선	ACSR 95	0.675	0.301

뇌서지는 표 2에서의 Heidler type을 적용하였으며, Peak 값까지 도달 시간은 4[us], Peak 값의 37[%]까지 도달시간은 50[us]를 적용한 결과는 다음 그림 4와 같다. 뇌서지의 투입 시점은 A상 기준으로 0°시점이며, 그리고 모의 결과에서 V_A , V_B , V_C 는 각 A, B, C상의 전압 실효치에 대한 최대값이다.



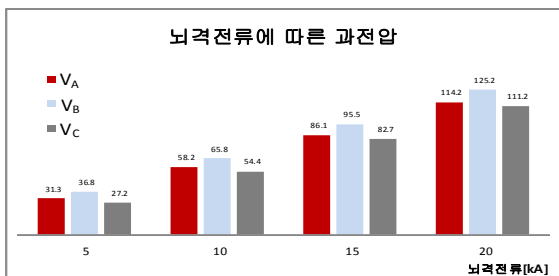
〈그림 4〉 뇌서지 파형

3.2 뇌격전류에 따른 과전압 모의

다음 표 4와 다음 그림 5는 뇌격전류에 따른 과전압 모의 결과이다. 여기서, 뇌격 침입지점에서 1[km]이후 측정된 각 상의 과전압 모의결과이며, 접지저항은 100[Ω]을 적용하였다. 모의 결과, 뇌격전류가 커짐에 따라 각 상의 과전압이 증가함을 알 수 있고, B상의 과전압이 다른 상들에 비하여 크게 나타났다. 이것은 그림 1에서 B상의 전력선이 가공지선과 가장 근접하기 때문에 뇌서지의 영향을 크게 나타나는 것으로 사료된다.

〈표 4〉 뇌격전류에 따른 과전압 모의 결과

뇌격전류[kA]	V_A [kV]	V_B [kV]	V_C [kV]
5	31.3	36.8	27.2
10	58.2	65.8	54.4
15	86.1	95.5	82.7
20	114.2	125.2	111.2



〈그림 5〉 뇌격전류에 따른 과전압 결과

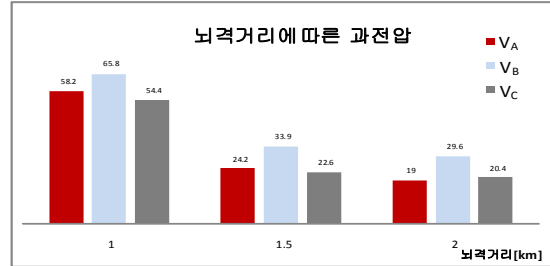
3.3 뇌격거리에 따른 과전압 모의

다음 표 5와 다음 그림 6은 뇌격거리에 따른 과전압 모의 결과이다. 여기서, 뇌격 침입지점에서 1~2[km]이후 측정된 각 상의 과전압 모의 결과이며, 뇌격전류는 10[kA], 접지저항은 100[Ω]을 적용하였다. 모의 결과, 뇌격 침입지점이 멀어질수록 각 상의 과전압이 감소함을 알 수 있

고, 표 4와 마찬가지로 B상의 과전압이 크게 나타났다.

〈표 5〉 뇌격거리에 따른 과전압 모의 결과

뇌격거리[km]	V_A [kV]	V_B [kV]	V_C [kV]
1	58.2	65.8	54.4
1.5	24.2	33.9	22.6
2	19	29.6	20.4



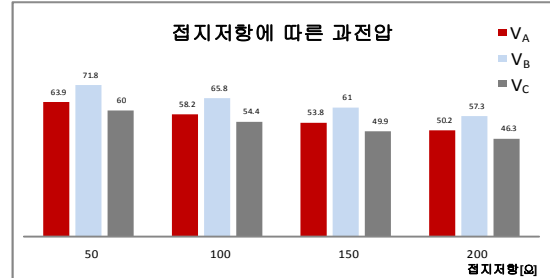
〈그림 6〉 뇌격거리에 따른 과전압 결과

3.4 접지저항에 따른 과전압 모의

다음 표 6과 다음 그림 7은 접지저항에 따른 과전압 모의 결과이다. 뇌격 침입지점에서 1[km]이후 측정된 각 상의 과전압 모의결과이며, 뇌격전류는 10[kA]을 적용하였다. 모의 결과, 접지저항이 증가함에 따라 각 상의 과전압이 감소함을 알 수 있고, 표 4, 5와 마찬가지로 B상의 과전압이 크게 나타났다.

〈표 6〉 접지저항에 따른 과전압 모의 결과

접지저항[Ω]	V_A [kV]	V_B [kV]	V_C [kV]
50	63.9	71.8	60
100	58.2	65.8	54.4
150	53.8	61	49.9
200	50.2	57.3	46.3



〈그림 7〉 접지저항에 따른 과전압 결과

3. 결 론

낙뢰에 의한 배전선로의 과전압 영향을 분석하기 위해 배전선로의 상부에 위치한 가공지선에 뇌서지를 투입하여 뇌격전류의 크기, 뇌격거리 및 접지저항에 따른 모의 결과는 다음과 같다. 뇌격전류가 커질수록, 뇌격 위치로부터의 거리가 가까울수록, 또한 접지저항이 작을수록 뇌서지에 대한 영향이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 가공지선 뇌격시 가공지선으로부터 가장 가까운 B상의 영향이 크게 나타났다.

감사의 글

본 논문은 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

[1] 신상균, 안정식, 박세영, 남궁도, 한상욱, 최남호, “송전설비의 낙뢰고장사례 분석과 대책”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2000년
 [2] 이재복, 장석훈, 명성호, “효과적인 뇌서지 보호”, 전기의 세계, 52권, 4호 pp. 40, 2003년
 [3] 김덕일, 박세호, 이상봉, 김철환 “EMTP를 이용한 뇌서지 모델링 및 계통영향 분석”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2008년