

# 뇌서지에 의한 배전선로 고장 시 과도상태 분석

## Transient State Analysis of Faults Caused by Lightning Surge in Distribution Line

임성용\* · 김규호\*  
(Sung-Yong Lim · Kyu-Ho Kim)

**Abstract** - This paper presents the voltage characteristics of the various faults after lightning surge hits the overhead grounding wire close to the transformer's secondary side. Based on the modeled distribution system, the cases of the various faults occurred by lightning surge are simulated using EMTP/ATPDraw and maximum overvoltage and RMS voltage according to the distances from the transformer are investigated. As a result, it is seen that the voltage characteristics of faults caused by lightning surge is different depending on the fault type and the voltage characteristics can be used to detect the fault type caused by lightning surge.

**Key Words** : EMTP/ATPDraw, Lightning surge, Maximum overvoltage, RMS voltage

### 1. 서 론

계통을 구성하는 각종 기기들의 품질 및 계통 운용기술이 향상되면서 계통 내에서의 사고는 크게 감소했다. 하지만 국내 뇌서지 발생 빈도가 증가하였고 계통에서의 뇌서지에 의한 사고 발생률은 70.8%로 여전히 비중이 높다[1-3]. 뇌서지에 의해 발생되는 과전압은 마이크로 초 단위의 짧은 시간동안 지속되지만 변압기, 애자, 그리고 피뢰기 등의 기기의 절연을 파괴시킬 수 있을 만큼 상당히 위협적이며 절연레벨을 결정하는 중요한 요소이기 때문에 뇌서지로 인한 계통 과도상태 분석에 관한 연구는 중요하지 않을 수 없다[4, 5]. 현재 국내 배전계통에는 한국전력공사 규격에 따라 뇌서지 보호를 위한 설비로서 가공지선과 피뢰기가 설치되어 있지만 배전선로에 뇌서지가 빈번하게 발생할 경우 애자의 절연파괴로 역섬락이 일어날 수 있다. 역섬락은 변압기와 같은 계통을 구성하는 기기들의 절연 또한 파괴시킬 수 있다. 특히, 피뢰기의 경우 역섬락으로 인한 잦은 뇌서지가 유입되면 피뢰기 소자의 저항성 누설전류와 발열량이 증가하면서 피뢰기의 절연이 파괴되어 보호 장치로서의 역할을 충분히 발휘하지 못할 수 있다[6, 7]. 또한 피뢰기의 절연파괴는 지락과전류 계전기의 오동작을 일으키거나 변압기를 포함한 중요기기들의 고장을 야기하여 고장복구에 적지 않은 비용과 시간이 소비될 수 있으며 심할 경우 후속사고로도 확대될 수 있다[8, 9].

본 논문에서는 배전계통에서의 뇌서지로 인한 사고를 신속히 식별하여 뇌서지로 인한 피해를 줄이기 위해 배전선로에 뇌서지 유입 시 발생하는 고장 종류를 식별할 방안을 제시하였다. EMTP/ATPDraw 프로그램을 이용해 뇌서지 및 배전선로를 본 논문에 제시한 조건으로 모델링 하였다. 이후 뇌서지를 변압기 저압 측 가공지선에 유입시켰고 이때 역섬락이 발생하여 피뢰기 또는 변압기 등의 절연이 파괴된 것을 가정하여 지락고장 또는 단락고장을 발생시켰다. 이렇게 모의된 결과로부터 나타나는 최대과전압 및 RMS전압 값을 뇌서지 유입 지점을 기준으로 거리별, 상별로 확인하고 뇌서지 이후 사고 종류별 전압 특성을 비교 및 분석한 결과 배전선로에 뇌서지가 유입되어 사고가 발생할 경우 거리별, 상별 전압 특성을 이용한다면 뇌서지로 인해 발생한 사고의 종류를 신속히 파악하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

### 2. 뇌서지 및 배전선로 모델링

#### 2.1 뇌서지

국내 뇌서지 해석 기본 파형 모델을 근거로 하여 2/70 $\mu$ s의 파두장 및 파미장을 갖는 뇌서지를 모델링하기 위해 전류값을 출력하는 EMTP/ATPDraw의 Heidler Type Model을 사용하였다. Heidler Type Model은 Amplitude,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $n$ , Starting Time, Ending Time과 같은 6종류의 입력 파라미터 값을 가지는데 본 논문에서는 국내 KLDNET에 기록된 뇌서지 데이터의 평균값인 56kA의 크기를 가지고 2/70 $\mu$ s의 파두장 및 파미장을 갖는 뇌서지를 모델링하기 위해 표 1과 같이 파라미터 값을 선정하여 입력하였다[2].

\* Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Hankyong National University, IT Fusion Research Institute, Korea, Associate Professor

E-mail : kyuh@hknu.ac.kr

\* Dept. of Electrical Engineering, Hankyong National University, Korea

Received : September 30, 2015; Accepted : December 30, 2015

표 1 Heidler Type Model 입력값

Table 1 Parameter Value of Heidler Type Model

DATA	Value
Amplitude ( $I_0/\eta$ )	56,000A
$\tau_1$	7E-6s
$\tau_2$	8E-5s
$n$	1
Starting Time	0.001s
Ending Time	0.002s

이렇게 입력된 파라미터 값으로부터 Heidler Type Model의 전류 출력이 결정되며 적용되는 수식은 식 (1)과 같다.

$$i_0(t) = (I_0/\eta)[k_s^n / (1 + k_s^n)] \exp(-t/\tau_2) \quad (1)$$

식 (1)에서  $I_0$ 는 전류의 최대값을 나타내고  $\eta$ 는 보정계수를 나타내며  $n$ 은 전류 기울기 계수를 나타낸다. 또한  $\tau_1, \tau_2$ 는 각각 전류의 상승 시간, 감쇠 시간을 결정짓는 시상수를 나타내고  $k_s$ 는  $t/\tau_1$ 를 나타낸다[10]. 본 논문에서 Heidler Type Model로 모의된 뇌서지의 특성곡선은 그림 1과 같다.

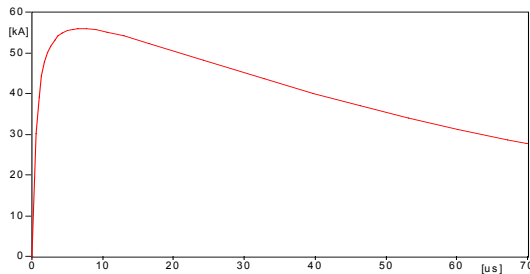


그림 1 뇌서지 2/70 $\mu$ s, 56kA 특성곡선  
Fig. 1 Characteristic Curve of Lightning Surge 2/70 $\mu$ s, 56kA

## 2.2 배전선로

배전선로를 그림 2와 같이 발전기, 변압기, 피뢰기 등을 사용하여 모델링하였고 뇌서지는 0.001초에 변압기 2차 저압 측 가공

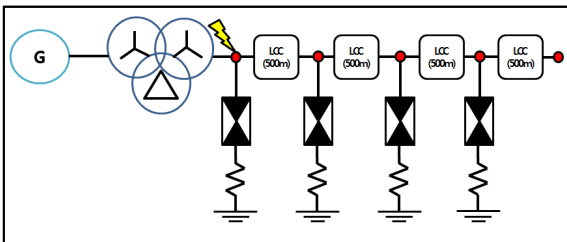


그림 2 모델링 된 배전선로의 구성  
Fig. 2 Configuration of The Modeled Distribution line

지선으로 인가되도록 모의하였으며 이때 변압기 위치를 기준으로 하여 0m~2000m까지의 최대과전압 및 RMS전압을 500m간격으로 측정하도록 하였다.

### 2.2.1 발전기

본 논문에서는 발전기를 모의하기 위해 EMTP/ATPDraw의 AC Source Model을 사용하였고 표 2와 같이 적절한 파라미터 값을 입력해 154kV, 주파수 60Hz의 3상 교류전원을 모델링 하였다. 이렇게 모델링 된 발전기에서 출력되는 각 상의 전압파형은 그림 3과 같다.

표 2 AC Source 모델 입력값

Table 2 Parameter Value of AC Source Model

DATA	Value
Amplitude	125,740V
Frequency	60
Phase	0
A1	0
Starting Time	-1
Ending Time	1000

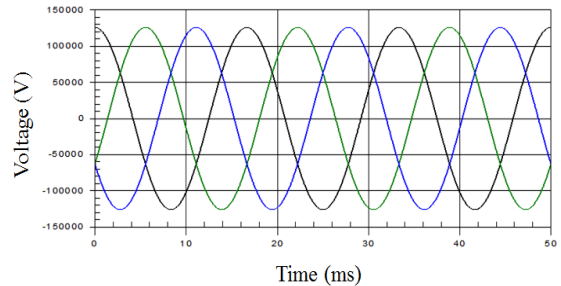


그림 3 모델링 된 발전기 출력전압 파형  
Fig. 3 Output Voltage Waveform of Modeled Generator

출력되는 파형은 식 (2)~식 (4)로 표현된다.

$$V_a(t) = \sqrt{2} V_{r_{ms}} \sin(ut) \quad (2)$$

$$V_b(t) = \sqrt{2} V_{r_{ms}} \sin(ut - \frac{2}{3}\pi) \quad (3)$$

$$V_c(t) = \sqrt{2} V_{r_{ms}} \sin(ut + \frac{2}{3}\pi) \quad (4)$$

### 2.2.2 변압기

변압기를 모의하기 위해 EMTP/ATPDraw의 Saturable 3 Phase 변압기 모델을 사용하였다. 결선 방식으로는 Y-Y-D 결선을 채택하였으며 표 3과 같이 파라미터 값을 입력해 154kV에서 22.9kV 및 6.6kV로 변압하도록 모델링 하였다. 이렇게 모델링 된

변압기 1차 및 2차 측에서 출력되는 전압파형은 그림 4, 그림 5와 같다.

표 3 Saturable 3 Phase 모델 입력값

Table 3 Parameter Value of Saturable 3 Phase Model

-	Prim.	Sec.	Tert.
U[V]	125,740	18,697	5,388
R[Ohm]	1	1	1
L [mh]	1	1	1

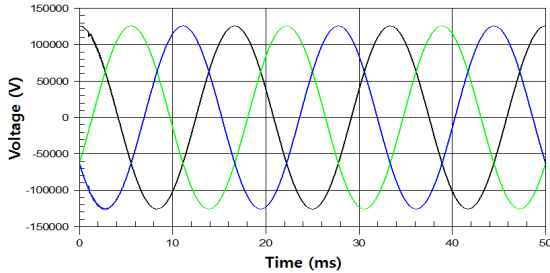


그림 4 모델링 된 변압기 1차측(Y) 출력전압 파형  
Fig. 4 Primary Side Voltage Waveform of Modeled Transformer

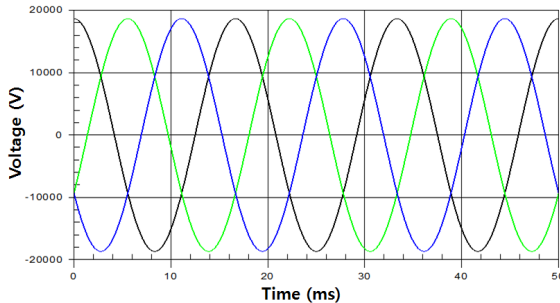


그림 5 모델링 된 변압기 2차측(Y) 출력전압 파형  
Fig. 5 Secondary Side Voltage Waveform of Modeled Transformer

출력되는 2차 측 전압은 식 (5), 식 (6)으로 표현된다.

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2} = \frac{Prim.}{Sec.} = a \quad (5)$$

$$V2 = \frac{1}{a} V1 = \frac{Sec.}{Prim.} V1 \quad (6)$$

### 2.2.3 피뢰기

피뢰기를 모의하기 위해 EMTP/ATPDraw의 MOV 모델을 사용하였고 표 4와 같이 파라미터 값을 입력하여 22.9kV 배전용 피뢰기를 모델링 하였으며 이때의 피뢰기 V-I 특성곡선은 그림 6과 같다. 피뢰기 설치 간격은 500m로 하였으며 접지저항은 25Ω으로 선정하였다.

표 4 MOV 모델 입력값

Table 4 Parameter Value of MOV Model

Current [A]	Voltage [V]
180	57,500
254	58,000
358	58,500
503	59,000
706	59,500
987	60,000
1,912	61,000
3,664	62,000
6,949	63,000
13,048	64,000
17,813	64,500

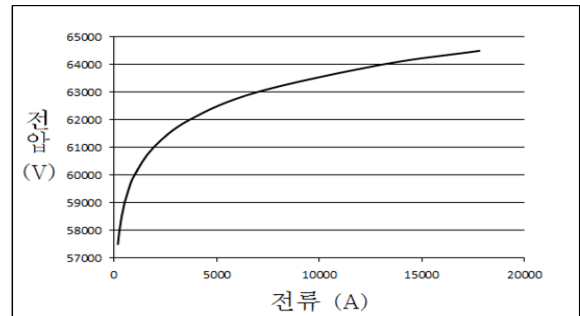


그림 6 모델링 된 피뢰기 특성곡선  
Fig. 6 The V-I Characteristic Curve of Modeled Lightning Arrester

피뢰기의 제한전압은 식 (7), 식 (8)과 같이 표현될 수 있다.

$$e_a = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} (e_i - \frac{Z_1}{2} i_a) = e - \frac{1}{2} \gamma_c Z_1 i_a \quad (7)$$

$$e = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} e_i = \gamma_c e, \quad \gamma_c = \frac{2Z}{Z_1 + Z_2} \quad (8)$$

여기서  $Z_1, Z_2$ 는 각각 매질 1, 매질 2의 파동 임피던스를 나타내고  $e$ 는 피뢰기가 없을 경우 피뢰기 위치의 전압인 원전압을 나타내며  $\gamma_c$ 는 전압파의 투과계수를 나타낸다.

### 2.2.4 전선규격

선로 모델링을 위해 EMTP/ATPDraw의 LCC 모델을 사용하였으며 전선의 내경 및 외경, 대지로부터의 높이, 상간거리 등 전선 규격에 대한 입력 파라미터 값은 그림 7 및 표 5와 같이 입력하였다. 선로의 총 길이는 2km로 모의하였고 중성선과 가공지선은 매 200m 간격마다 50Ω의 크기를 가지는 저항으로 접지하였으며

피뢰기가 설치되어 있는 곳에서는 중성선 및 가공지선을 25Ω으로 피뢰기와 공통 접지하였다.

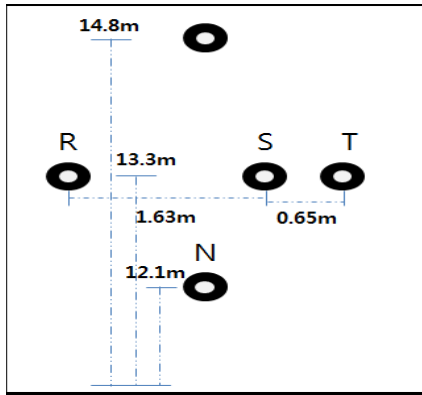


그림 7 배전선로 배치도  
Fig. 7 Layout of Distribution Line

표 5 배전선로 파라미터

Table 5 Parameter Value of Distribution Line

구분	반경 [cm]		높이 [m]	전기저항 [Ω/km]
	내반경	외반경		
가공지선	0.13	0.39	14.8	0.899
상도체	0.39	0.91	13.3	0.182
중성선	0.225	0.675	12.1	0.301

인덕턴스 및 정전용량은 식 (9)~식 (10)으로 산정할 수 있다.

$$L = \frac{0.05}{n} + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r_e} [mH/km] \quad (9)$$

$$C = \frac{0.02413}{\log_{10} \frac{D}{r_e}} [\mu F/km] \quad (10)$$

$$r_e = \sqrt[n]{s^{n-1} \cdot r} \quad (11)$$

여기서 D는 선간거리, r은 전선의 반지름, s는 소도체 상호간의 기하학적 평균 거리를 의미한다.

### 3. 시뮬레이션 및 비교 분석

#### 3.1 사고 종류에 따른 최대과전압

##### 3.1.1 뇌서지 이후 고장이 발생하지 않는 경우

모델링 된 선로에 뇌서지가 유입되었을 경우 거리별 최대과전압 그래프는 그림 8과 같다. 그림에서 보이는 것처럼 뇌서지로 인해 과전압이 발생했을 때 A상이 가장 높은 최대과전압을 나타

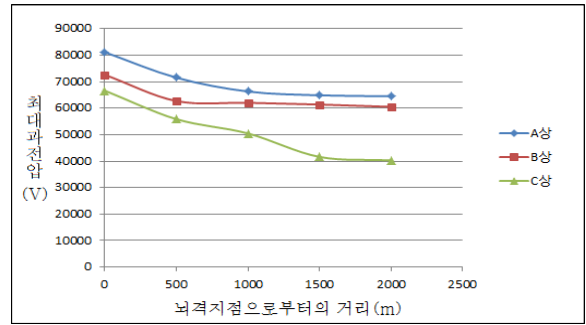


그림 8 뇌서지 이후 무고장 시 거리별 최대과전압 그래프  
Fig. 8 Maximum Overvoltage Graph of No Fault After Lightning Surge

냈고 B상이 C상 보다 높은 최대과전압을 나타내었다. 이는 뇌서지가 유입되었을 시 전압이 A상, B상, C상순으로 높기 때문이다. 또한 뇌서지가 유입된 지점으로부터 멀어질수록 최대과전압도 줄어드는 것을 알 수 있다.

#### 3.1.2 뇌서지 이후 1선지락 고장이 발생하는 경우

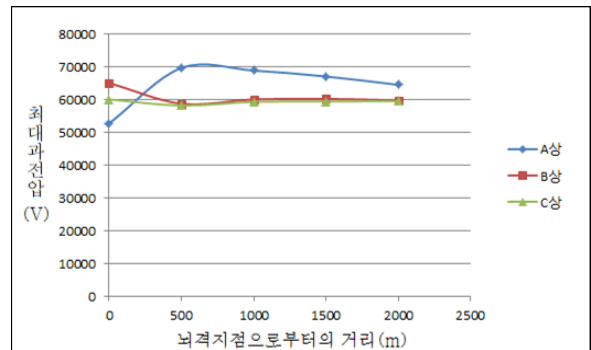


그림 9 뇌서지 이후 1선지락 시 거리별 최대과전압 그래프  
Fig. 9 Maximum Overvoltage Graph of Single Line to Ground Fault After Lightning Surge

모델링 된 선로에 뇌서지가 유입되어 피뢰기 1선지락 고장이 발생한 경우 거리별 최대과전압 그래프는 그림 9와 같다. 그림에서 보이는 것처럼 1선지락 고장이 발생한 경우 지락 고장이 발생한 A상에서는 변압기 측에서 최대과전압이 가장 낮으며 뇌서지 유입 지점으로부터 500m 되는 곳에서의 최대과전압은 가장 높다는 것을 알 수 있다.

#### 3.1.3 뇌서지 이후 2선지락 고장이 발생하는 경우

모델링 된 선로에 뇌서지가 유입되어 피뢰기 2선지락 고장이 발생한 경우 거리별 최대과전압 그래프는 그림 10과 같다. 2선지락 고장이 발생한 경우 지락 고장이 발생한 A, B상에서의 최대과전압은 1선지락과 비슷하게 변압기 측에서 가장 낮으며 뇌서지

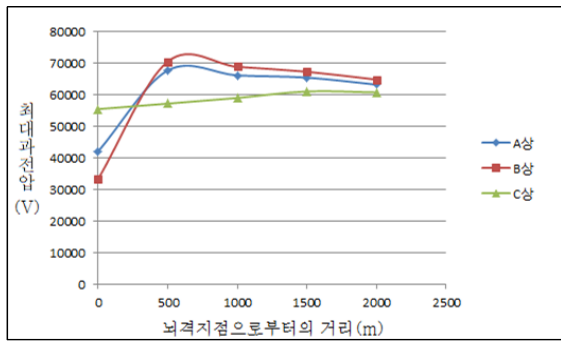


그림 10 뇌서지 이후 2선지락 시 거리별 최대과전압 그래프  
**Fig. 10** Maximum Overvoltage Graph of Double Line to Ground Fault After Lightning Surge

유입 지점으로부터 500m 되는 곳에서의 최대과전압이 가장 높다는 것을 알 수 있다.

### 3.1.4 뇌서지 이후 3선지락 고장이 발생하는 경우

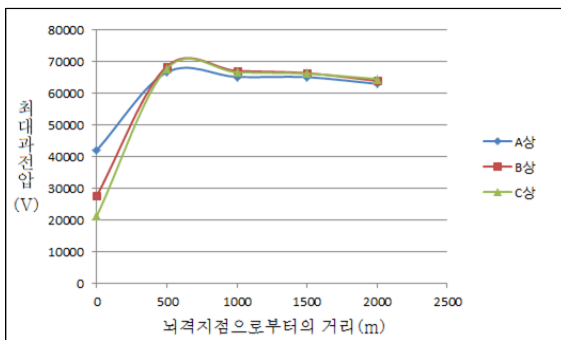


그림 11 뇌서지 이후 3선지락 시 거리별 최대과전압 그래프  
**Fig. 11** Maximum Overvoltage Graph of Triple Line to Ground Fault After Lightning Surge

모델링 된 선로에 뇌서지가 유입되어 피뢰기 3선지락 고장이 발생한 경우 거리별 최대과전압 그래프는 그림 11과 같다. 3선지락 고장이 발생한 경우 1선지락, 2선지락 시와 비슷하게 고장이 발생한 A, B, C상에서의 최대과전압이 변압기 측에서 가장 낮으며 뇌서지 유입 지점으로부터 500m 되는 곳에서의 최대과전압이 가장 높다는 것을 알 수 있다.

### 3.1.5 뇌서지 이후 선간단락 고장이 발생하는 경우

모델링 된 선로에 뇌서지가 유입되어 변압기 선간단락 고장이 발생한 경우 거리별 최대과전압 그래프는 그림 12와 같다. 뇌서지 이후 지락고장이 발생한 경우의 그래프와는 달리 선간단락이 발생하는 경우에는 뇌서지 유입 지점에서의 최대과전압이 가장 높다는 것을 알 수 있다. 또한 선간단락 이 발생한 A, B상의 뇌서지 유입지점 측 최대과전압 수치가 서로 같다는 사실을 알 수 있다.

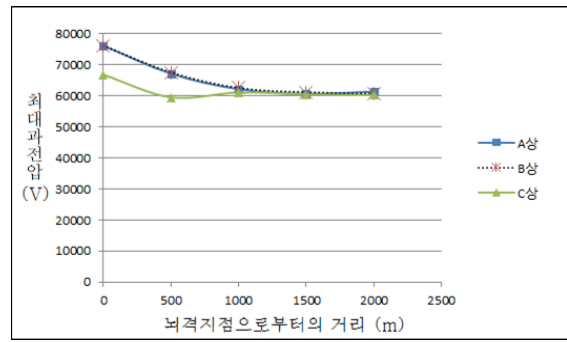


그림 12 뇌서지 이후 선간단락 시 거리별 최대과전압 그래프  
**Fig. 12** Maximum Overvoltage Graph of Line to Line Fault After Lightning Surge

### 3.1.6 뇌서지 이후 3상단락 고장이 발생하는 경우

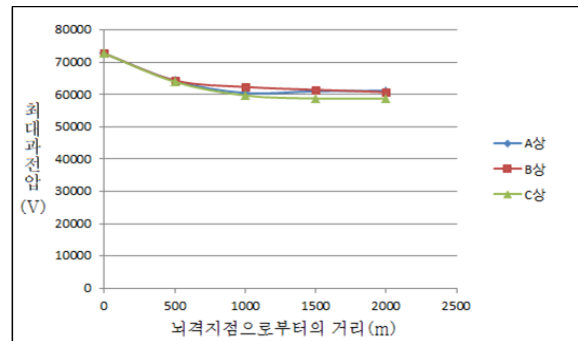


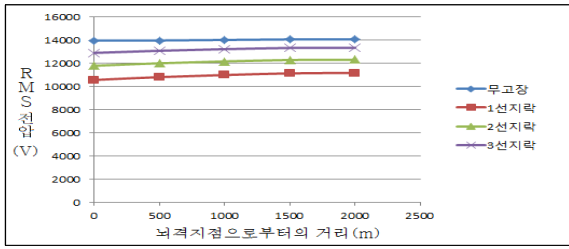
그림 13 뇌서지 이후 3상단락 시 거리별 최대과전압 그래프  
**Fig. 13** Maximum Overvoltage Graph of Three Phase Short Circuit Fault After Lightning Surge

모델링 된 선로에 뇌서지가 유입되어 변압기 3상단락 고장이 발생한 경우 거리별 최대과전압 그래프는 그림 13과 같다. 3상단락 고장 역시 선간단락 고장과 비슷하게 고장이 일어난 A, B, C상의 뇌서지 유입지점 측 최대과전압이 모두 같았다.

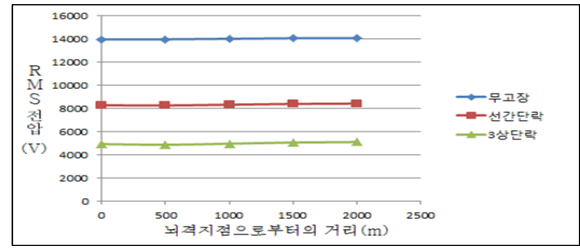
## 3.2 사고 종류에 따른 RMS전압

### 3.2.1 피뢰기 지락고장 시 RMS전압

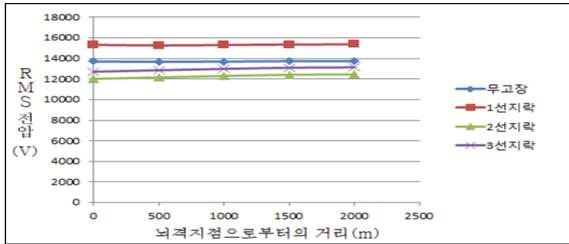
그림 14는 뇌서지로 인한 피뢰기 지락고장 시 거리별 RMS전압 값을 나타내는 그래프이다. 그림에 보이는 것처럼 뇌서지 이후 1선지락이 발생한 경우 고장이 발생한 A상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 A상의 RMS전압 값보다 약 25% 낮았다. 하지만 1선지락 고장이 발생하지 않은 B, C상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 B, C상의 RMS전압 값보다 각각 12%, 7%정도 높았다. 뇌서지 이후 2선지락 발생 시에도 1선지락 시와 비슷하게 고장이 발생한 A, B상의 RMS전압 값이 뇌서지 이후 무고장 시의 A, B상 RMS전압 값보다 각각 16%, 13%정도 낮았



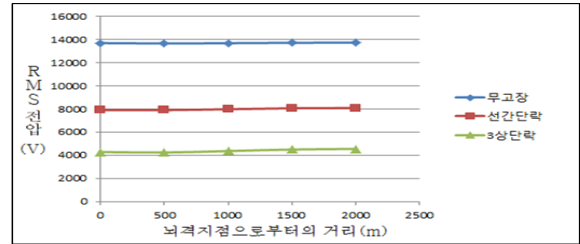
(a) A상



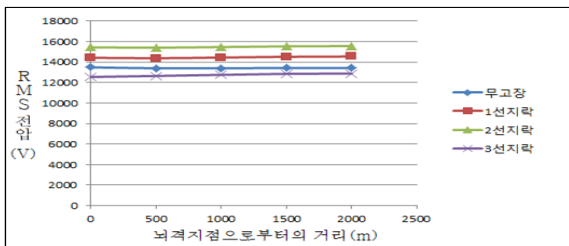
(a) A상



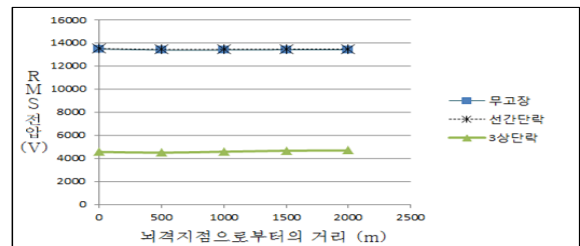
(b) B상



(b) B상



(c) C상



(c) C상

그림 14 뇌서지 이후 지락고장 시 거리별 RMS전압 그래프

Fig. 14 RMS voltage Graph of Ground Fault After Lightning Surge According to Distance

으며 2선지락 고장이 발생하지 않은 C상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 C상의 RMS전압 값보다 14%정도 높았다. 또한 뇌서지 이후 3상지락 고장이 발생한 경우에는 모든 상에서의 RMS전압 값이 뇌서지 이후 무고장 시의 A, B, C상의 RMS전압 값보다 약 7~8%정도 낮게 나타났다.

### 3.2.2 변압기 단락고장 시 RMS전압

그림 15는 뇌서지로 인한 변압기 단락고장 시 거리별 RMS전압 값을 나타내는 그래프이다. 그림에서 알 수 있듯이 뇌서지 이후 선간단락이 발생한 경우 고장이 발생한 A, B상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 A, B상의 RMS전압 값보다 각각 44%, 70%정도 낮았지만 고장이 발생하지 않은 C상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 C상의 RMS전압 값과 비슷한 값을 나타내었다. 또한 뇌서지 이후 3상단락 고장이 발생한 경우의 A, B, C상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 A, B, C상의 RMS전압 값보다 각각 약 65~70%정도 낮은 값을 나타내었다.

그림 15 뇌서지 이후 단락고장 시 거리별 RMS전압 그래프

Fig. 15 RMS voltage Graph of Short Circuit Fault After Lightning Surge According to Distance

### 3.3 비교 분석

측정된 값으로부터 각 고장에 대한 전압 특성을 비교 및 분석한 결과, 뇌서지 이후 단락고장이 발생할 경우 뇌서지 유입 지점에서 최대과전압이 가장 높지만 지락고장이 발생할 경우 오히려 뇌서지 유입 지점에서 최대과전압이 가장 낮다는 사실을 알 수 있었다. 또한, 지락고장이 발생한 경우에는 지락고장이 발생한 상의 500m 떨어진 곳의 최대과전압이 가장 높았지만 단락고장이 발생한 경우에는 고장이 발생한 두 상의 변압기 측 최대과전압이 같다는 사실을 알 수 있었다. RMS전압의 경우에는 뇌서지 이후 지락고장이 발생할 경우 고장이 발생한 상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 RMS전압 값보다 낮았지만 고장이 발생하지 않은 상의 RMS전압 값은 뇌서지 이후 무고장 시 RMS전압 값보다 높았다. 선간단락, 3상단락의 경우에도 마찬가지로 고장이 발생한 상의 RMS전압 값이 뇌서지 이후 무고장 시 RMS전압 값보다 낮았지만 선간단락의 경우 지락고장 시와는 다르게 고장이 발생하지 않은 상의 RMS전압 값이 뇌서지 이후 무고장 시의

RMS전압 값과 같았다.

이렇게 뇌서지 유입 직후 발생하는 고장 종류에 따라 전압 특성이 다르다는 것을 이용한다면 뇌서지 이후 배전선로에서 발생하는 고장 종류를 식별할 수 있을 것이다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 배전선로에 뇌서지가 유입된 직후 변압기 또는 피뢰기 고장으로 인해 단락 또는 지락사고가 발생한 경우를 시뮬레이션 하였으며 변압기를 기준으로 거리별 최대과전압 및 RMS 전압 값을 측정하였다. 측정된 값으로부터 뇌서지 유입 직후 변압기 또는 피뢰기 고장 발생에 따른 전압 특성이 모두 다르다는 것을 알 수 있었으며 이러한 특성을 이용한다면 뇌서지 이후 배전선로에서 발생하는 고장 종류를 신속히 식별할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 연구에서는 지중케이블을 추가로 고려하여 모델링한 뒤 가공선로와 지중케이블 비율에 따른 뇌서지 영향을 검토할 예정이다.

## References

- [1] A. Greenwood, "Electrical Transients in Power Systems," New York: John Wiley & Sons, 2nd Ed, pp. 463-485, 1991.
- [2] J. S. Kwak, M. H. Park, M. J. Jeong, H. J. Ju, S. Y. Oh, H. S. Kim, J. W. Woo, K. S. Han, S. G. Goo, "Analysis of Lightning observed by KEPCO Lightning Detection Network," Proceedings of the KIEE Summer Conference, pp. 398-399, 2015.
- [3] B. H. Lee, S. C. Cho, and S. M. Yang, "Deterioration Characteristics of ZnO Surge Arrester Blocks for Power Distribution Systems Due to Impulse Currents," Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 79-86, 2013.
- [4] D. Rodriguez-Sanabria, C. Ramosrobles, and L. Orama-Exclusa, "Lightning and Lightning Arrester Simulation in Electrical Power Distribution Systems," Electrical and Computer Engineering: University of Puerto Rico, pp. 1-9, 2005.
- [5] N. M. Yusoff, B. Manson, J. Jasni, M. Z. Kadir, "A study on lightning protection system-The effect of bending degree of the down conductor," International Conference on Lightning Protection, pp. 1739-1745, 2014.
- [6] W. G. Carlson, T. K. Gupta, and A. Sweetana, "A Procedure for Estimating the Lifetime of Gapless Metal Oxide Surge arresters for AC Application," IEEE Trans. Vol. PWRD-1, No.2, pp. 67-74, 1986.
- [7] K. Eda, "Destruction mechanism of ZnO varistors due to high currents," J. Appl. Phys, Vol. 56, No. 10, pp. 2948-2955, 1984.
- [8] M. S. Hwang, T. H. Jeon, "Algorithm for Preventing Malfunction and Reclosing in Grid-Connected PV Systems," Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, pp. 70-76, 2012
- [9] C. W. Ha and J. B. Lee, "Simulation and Characteristic Analysis Using ATPDraw for Power System Equipments," Proceedings of the KIEE Summer Annual Conference, Vol. C, pp. 1227-1229, 1999.
- [10] F. Heidler, J. M. Cvetic, and B. V. Stanic, "Calculation of lightning current parameters," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 14, No. 2, pp. 399-404, 1999.

## 저 자 소 개



### 임 성 용 (Sung-Yong Lim)

1990년 1월 4일생. 2014년 한경대 전기공학과 졸업. 2014~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정



### 김 규 호 (Kyu-Ho Kim)

1966년 3월 8일생. 1988년 한양대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1996년 안산공과대학 전기과 부교수, 2011년 9월~2012년 8월 Baylor University Visiting Scholar, 2008년 9월~현재 국립한경대학교 전기공학과 부교수