직류배전시스템에서 피뢰기 및 가공지선 접지간격 변경에 따른 뇌과전압 해석

Lightning Overvoltage Analysis According to Interval of Arrester and Overhead Grounding Wire in DC Distribution System

안 천 용* · 이 중 범[†] · 김 용 갑**
(Chun-Yong An · Jong-Beom Lee · Yong-Kap Kim)

Abstract - It is anticipated that AC distribution system can be replaced by DC distribution system in the near future because of the operation of various distributed source or microgrid system. However DC distribution system replacing 22.9kV AC distribution line is not sufficiently studied still. This paper describes lightning overvoltage analysis among many research fields should be studied to realize DC overhead distribution systems. DC distribution system is modeled using EMTP and overvoltage is analyzed according to interval of arrester location, earth interval of overhead grounding wire and grounding resistance. It is evaluated that analysis results can be effectively used to design of future DC distribution system.

Key Words : EMTP, DC distribution system, Lightning surge, Overvoltage

1. 서 론

현재 우리나라의 배전계통은 154/22.9kV 변전소로부터 AC 전력이 가공선로나 지중선을 통하여 대수용가에 직접 공급되거나 주상변압기를 거쳐 가정용 수용가에 공급되고 있다. 그러나 점차 분산전원이 포함되는 마이크로 그리드와 이들이 상호 연계된 스마트 그리드의 운용이 이루어진다면 기존과는 시스템이 다른 새로운 배전전압 및 배전계통이 구성되어질 것으로 전망되어지고 있다.

분산전원과 각종 부하를 결합하는 전력망을 AC 또는 DC 중 어느 방식을 선택하느냐에 따라 AC 마이크로 그리드와 DC 마이크로 그리드로 나뉘어 질 수 있다. AC 마이크로 그리드는 기존의 배전계통을 그대로 활용하는 장점을 가지고 있지만, AC 계통의 단점인 동기화, 안정도, 무효전력소모의 문제가 내재되어 있다. 한편, DC 마이크로 그리드는 분산전원에서 발생하는 전력을 모두 DC로 변환하여 통합 한 후 배전계통의 한 지점에서 인버터를 통해 연계하는 방식이기 때문에 AC 마이크로 그리드가 갖고 있는 많은 문제점이 발생하지 않으며, 하나의 인버터로 배전망과 연계하므로 비용이 낮고, 보호나 감시도 용이한 장점을 갖게 된다[1][2].

따라서 앞으로 이러한 환경 하에서 배전계통에 대두되고 있는 것이 바로 DC 배전계통이며 이 시스템은 머지않아 현

재의 AC 배전계통을 대체할 수도 있을 것으로 전망된다. 만일 DC 배전계통이 이루어진다면 이는 일반적으로 농어촌보다는 도심지에 많이 차지할 것으로 예상되며, 이러한 계통의 운용을 위해서는 이에 관련된 계통 설계, 선로 설계, 기차재 개발, 케이블, 접속재, 절연설계, 계통해석, 고장해석, 보호 등 다양한 기술개발이 필요할 것이다.

현재 DC 배전계통에 대한 국·내외 연구사례들은 건물 또는 그리드 내의 저압 DC 배전에 대한 연구가 주를 이루고 있으나 현재 가공이나 지중으로 운용되고 있는 배전급 22.9kV AC 배전계통을 DC 계통으로 대체하거나 신설하는 방안에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 따라 본 논문에서는 점차 배전급 22.9kV AC 배전계통을 대체할 가능성이 있는 DC 배전계통을 검토하기 위한 다양한 분야 중의 하나로서 우선 DC 가공배전선로에 뇌격이 침입하였을 경우 선로에 설치되어 있는 피뢰기의 설치간격과 또한 가공지선의 접지간격 및 접지저항 값 변화에 따라 어느 정도의 과전압이 발생하는가를 파악하기 위한 뇌과전압 해석을 하였다. DC 가공배전계통은 아직 실제 운용되지 않는 관계로, 본 연구를 위해서는 사용된 전선과 가공지선의 굵기, 선로 높이 및 간격, 피뢰기, 접지 등을 기존의 AC 배전계통을 근거로 하여 수정한 후 모델링하였으며, 전압의 선정은 우리나라 AC 22.9kV 배전계통의 일반적인 부하와 전류를 고려하여 Bipolar DC±20kV로 선정하였다 [3]~[6]. 또한 뇌과전압의 반사로 인한 중첩전압을 제거하기 위해서 양단 선로를 정합 처리하였으며, 피뢰기 설치 간격과 가공지선 접지간격 그리고 가공지선 접지저항 값은 현행 25Ω과 별도로 50Ω으로 구분하여 다양한 변경에 따른 선로과전압을 해석하였다. 본 논문에서는 해석을 위해 EMTP/ATPDraw 사용하였으며, 얻어진 연구결과는 DC 배전계통을 계획하는데 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

* Dept. of Electrical Engineering, Wonkwang University, Korea

** Dept. of Information and Communication Engineering, Wonkwang University, Korea.

[†] Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Wonkwang University, Korea

E-mail : ipower@wku.ac.kr

Received : October 31, 2012; Accepted : February 27, 2013

2. 본 론

2.1 선로 모델링

본 논문에서는 DC 배전계통을 모델링하기 위하여 우선 국내에서 현재 운용중인 AC 배전계통의 선로구성 및 조건을 기반으로 변경하여 모델링 하였다. 먼저 본 논문에서 사용한 ACSR 전선의 규격은 표 1과 같다.

표 1 ACSR 전선의 규격

Table 1 ACSR wire standard

공칭단면적	외경 [mm]		전기저항 [Ω /km]
	알루미늄	강	
ACSR 32mm ²	7.8	2.6	0.899
ACSR 160mm ²	18.2	7.8	0.182

AC 배전선로를 기반으로 한 DC 배전선로는 한국전력공사 설계기준 3200에 따라 전주의 길이는 설계기준과 동일하되 DC의 +상과 -상의 간격은 현재 기준이 없는 관계로 기존의 AC 선로보다 상간의 간격을 줄여 그림 1과 같이 구성하여 모델링 하였다[7].

(a) 전주에서의 DC 선로 구성 (b) DC 선로 위치

그림 1 DC 배전선로의 구성도

Fig. 1 Diagram of DC distribution Line

2.2 DC Bipolar± 20kV 정상상태

총 선로의 길이는 2km으로 선정하였으며, Bipolar ± 20 kV의 정상상태를 모의하였다. 이때 그림 2는 부하단을 정합시켰을 때의 모델 구성도를 나타낸 것이며, 그림 3은 이 경우의 전압 파형을 보이고 있다. 부하단을 정합 처리한 결과 반사가 거의 일어나지 않고 안정적인 전압을 보이는 것을 알 수 있다.

2.2 뇌격전류

뇌격은 대지에 가까워질수록 대지로 흡수되는 특성을 가지고 있어서 배전선로의 경우 가공지선의 높이를 포함해 구조물의 높이가 높지 않으므로 뇌격 침입 시 대부분의 뇌 서지는 대지로 흡인되어 실제로 계통에 미치는 영향은 약화되

그림 2 선로모델 구성도

Fig. 2 Line model configuration

그림 3 정상상태 전압 파형

Fig. 3 Steady-state voltage waveform

는 경향이 있다[8]. 그러나 본 논문에서는 뇌과전압을 해석하기 위하여 사용할 뇌격전류는 배전계통에서 일반적으로 가혹한 크기인 파고치 15kA 및 20kA를 선정하였으며, 국내외에서 주로 사용하고 있는 파두장 및 파미장, $2/70\mu s$ 의 뇌격전류를 Heidler Type으로 모의한 후, 가공지선에 침입하였을 경우 상도체에 유기된 과전압을 해석하기 위해 EMTP로 모델링 및 해석하였다. 표 2는 본 논문에서 사용한 뇌과전압 해석 조건이며 그림 4는 사용된 뇌격전류 파형을 보이고 있다.

표 2 뇌서지 해석조건

Table 2 Analytical conditions of lightning surge

조 건	항 목
뇌격전류 및 파형	$2/70\mu s$, Heidler
뇌도 임피던스	400 Ω
뇌격전류 파고치	15kA, 20kA

2.3 접지 및 피뢰기

기존의 AC 배전계통에서는 식 (1)과 같이 중성선 합성저항값의 계산으로 저항값을 적용하였지만 DC 배전에서는 중성선이 없는 관계로 식 (1)의 합성저항값을 적용하지 않고 DS-3800(배전선 내뢰기준)에 적용된 가공지선 접지저항 값 50 Ω 을 적용하였다. 또한 본 논문에서는 가공지선의 접지저

그림 4 뇌격전류파형

Fig. 4 Wave form of lightning stroke current

항 값에 따른 과도현상을 해석하기 위하여 접지저항 값 25Ω을 Case에 포함시켜 다양하게 분석하였다.

피뢰기의 접지저항은 마찬가지로 DS-3800(배전선 내뢰기준)에 의해 25Ω을 적용하였으며, 가공지선과 피뢰기가 중첩되는 전주에는 공통접지하여 피뢰기 접지저항 값 25Ω을 적용하여 모의하였다[9-10].

$$R = 1.2 \left\{ \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} \dots \frac{1}{r_{10}} \right\} = 5[\Omega/km] \quad (1)$$

여기서, R = 합성저항[Ω]

$r_1, r_2, r_3 \dots r_n$ = 매 접지의 단위접지저항[Ω]

한편, 본 논문에서는 22.9kV AC 배전용 피뢰기를 이용하여 모델에 사용하였다. 사용된 피뢰기의 V-I 특성곡선은 그림 5와 같다.

그림 5 피뢰기의 V-I 특성곡선

Fig. 5 V-I characteristic curve of arrester

2.5 선로구성 및 뇌격침입지점

그림 6은 해석을 위해 사용한 직류 가공배전선로를 보이고 있다. 길이는 2km, 전주간의 거리는 50m로 선정하였다. 또한 부하단은 반사파로 인한 중첩전압을 없애기 위하여 정합 처리하였으며, 가공지선의 간격과 피뢰기의 간격은 표 3과 표 4와 같이 Case별로 나누어 모델링 하였다.

뇌격은 그림 6과 같이 가공지선 1km 지점에 뇌격전류 각각 15kA와 20kA가 침입한 경우를 상정하여 상도체에 유기된 과전압을 100m 간격별로 해석하였다.

그림 6 직류 가공배전선로 구성

Fig. 6 Composition of DC overhead distribution line

표 3 Case 해석 (15kA)

Table 3 Analysis Case (15kA)

뇌격 전류	가공지선 접지간격	가공지선 접지저항	피뢰기 설치 간격	해석 Case
15kA	100m	25Ω	100m	Case 1-1-1
			200m	Case 1-1-2
			300m	Case 1-1-3
			400m	Case 1-1-4
			500m	Case 1-1-5
		50Ω	100m	Case 1-2-1
			200m	Case 1-2-2
			300m	Case 1-2-3
			400m	Case 1-2-4
			500m	Case 1-2-5
	200m	50Ω	100m	Case 1-3-1
			200m	Case 1-3-2
			300m	Case 1-3-3
			400m	Case 1-3-4
			500m	Case 1-3-5

표 4 Case 해석 (20kA)

Table 4 Analysis Case (20kA)

뇌격 전류	가공지선 접지간격	가공지선 접지저항	피뢰기 설치 간격	해석 Case
20kA	100m	25Ω	100m	Case 2-1-1
			200m	Case 2-1-2
			300m	Case 2-1-3
			400m	Case 2-1-4
			500m	Case 2-1-5
		50Ω	100m	Case 2-2-1
			200m	Case 2-2-2
			300m	Case 2-2-3
			400m	Case 2-2-4
			500m	Case 2-2-5
	200m	50Ω	100m	Case 2-3-1
			200m	Case 2-3-2
			300m	Case 2-3-3
			400m	Case 2-3-4
			500m	Case 2-3-5

2.6 Case 1-1

Case 1-1에서는 가공지선과 피뢰기를 접지저항 25Ω으로 공통접지하고 가공지선에 15kA와 20kA의 뇌격을 각각 침입시켰을 경우 피뢰기설치 간격에 따른 과전압을 해석하였으며, 상도체에 직격뢰가 침입하였을 경우도 해석하였다.

2.6.1 Case 1-1-1

Case 1-1-1에서는 그림 7과 같이 가공지선 접지간격은 100m 이고, 가공지선의 접지저항은 25Ω이다. 또한 피뢰기 간격은 100m로 가공지선과 공통 접지하여 모의하였으며, 피뢰기 접지 값은 “배전분야 설계기준3800(배전선 내뢰기준)”에 따라 25Ω으로 적용하였다[10]. 이때 총 선로 2km지점에서 가운데 지점인 20번(1km) 전주에 15kA와 20kA의 뇌격을 가공지선에 침입시켜 상도체에 유기된 과전압을 해석하였다. 해석은 20번 전주를 0m 기준으로 오른쪽으로 100m 간격으로 측정하였다.

그림 7 Case 1-1-1 및 Case 2-1-1 모델구성도
Fig. 7 Case 1-1-1 and Case 2-1-1 model configuration

Case 1-1-1에 15kA의 뇌격을 침입시켰을 때 상도체에 유기된 과전압은 그림 8과 같이 해석되었으며, 20번 전주에 뇌격침입 시 최대 과전압이 238.6kV까지 높게 발생하였다.

그림 8 Case 1-1-1에서 뇌격 침입지점의 과전압
Fig. 8 lightning overvoltages in Case 1-1-1

표 5와 같이 뇌격지점에서는 238.6kV의 과전압이 발생하였지만, 100m지점에서는 설치된 피뢰기에 의하여 방전되면서 98.5kV의 전압이 측정되었다. 200m 지점까지는 전압이 급격하게 저하하며 300m지점에서부터는 낮은 과전압이 발생하는 것을 알 수 있다.

표 5 Case 1-1-1 과전압 해석 결과

Table 5 Case 1-1-1 overvoltage analysis result

피뢰기간격 100m						
뇌격 지점 [m]	0	100	200	300	400	500
과전압 [kV]	238.6	98.5	60.8	47.6	42.5	40.5

표 6 Case 2-1-1 과전압 해석 결과

Table 6 Case 2-1-1 overvoltage analysis result

피뢰기간격 100m						
뇌격 지점 [m]	0	100	200	300	400	500
과전압 [kV]	330.8	124.6	73	53.5	45.6	42.1

20kA를 침입하였을 경우 뇌격지점 전주에 유기된 과전압 해석 결과 330.8kV의 과전압으로 15kA의 뇌격이 침입하였을 때 보다 약 92kV 높게 발생되었다.

2.6.3 Case 1-1-3

Case 1-1-3은 가공지선 접지간격은 100m이며, 피뢰기 설치 간격은 300m인 경우이다. 이 Case에서는 가공지선만 접지된 전주와 피뢰기와 가공지선이 공통으로 접지된 전주에 뇌격을 침입시켜 비교검토 하였다. 그림 9는 가공지선이 접지된 전주에 뇌격이 침입하였을 경우의 그림으로 나타낸 것이며, 이 때 가공지선 접지저항은 25Ω이다.

그림 9 Case 1-1-3 모델구성도
Fig. 9 Case 1-1-3 model configuration

해석결과 가공지선만 접지된 전주에 뇌격 (15kA) 침입하였을 경우와 피뢰기와 가공지선이 공통 접지된 전주에 뇌격 침입 시켰을 때의 비교 파형은 그림 10과 같다.

가공지선만 접지된 전주의 경우, 상도체에 발생된 과전압은 약 113kV로서 피뢰기와 공통으로 접지된 전주에서의 과전압 보다 낮게 발생함을 알 수 있다. 또한 피뢰기가 있음에도 불구하고 피뢰기와 가공지선이 공통 접지된 전주에는 가공지선만 접지되어 있는 경우 보다 높은 과전압이 상도체에 발생되었다. 이 같은 결과는 가공지선과 피뢰기의 공통 접지와 그로 인한 서지 방전의 지연 때문인 것으로 사료된다. 또한 뇌격침입지점의 과전압은 가공지선만 접지된 전주에 침입한 경우 또는 피뢰기와 가공지선이 공통 접지된 전

주에 침입한 경우에 따라 과전압의 크기는 달라 피뢰기접지 간격과는 거의 무관한 것임을 알 수 있다.

그림 10 Case 1-1-3 뇌격지점에서 해석된 과전압
Fig. 10 Case 1-1-3 analysis from the point lightning overvoltage

그림 11은 피뢰기 설치 간격에 따른 과전압 크기를 뇌격 지점으로부터 500m 떨어진 거리까지 측정한 결과를 보이고 있다. 단, Case 1-1-3와 1-1-4는 가혹한 조건으로 과전압을 해석하기 위해 1km 지점에 침입시키지 않고 동일한 조건으로 가공지선과 피뢰기가 공통 접지된 전주에 침입시켜 해석하였다.

그림 11 Case 1-1에서 뇌격지점으로부터의 거리 과전압
Fig. 11 Distance from the point of lightning overvoltages in Case 1-1

Case 1에 대한 해석결과 피뢰기 설치 간격 100m의 경우가 가장 빠른 시간에 과전압을 방전시키는 것으로 나타났으며, 피뢰기 설치간격 500m의 경우에서는 뇌격지점으로부터 100m지점까지는 약 140kV전압까지 강하하다가 계속 비슷한 과전압이 유지되고, 다음 피뢰기 지점까지 도달해서야 과전압이 저하되는 것을 알 수 있다. 따라서 피뢰기의 설치간격이 좁을수록 과전압은 저하됨을 알 수 있다.

그림 12는 15kA의 뇌격 대신 20kA의 뇌격이 침입하였을 때 과전압을 해석한 결과이며, 모든 조건은 전과 동일하다. 해석결과 20kA의 뇌격침입 경우는 15kA보다 높은 최대 330.8kV의 높은 과전압이 상도체에 유기되었다. 그리고 다른 경우도 동일한 조건에서 거리에 따라 15kA의 경우보다 과전압이 상승하는 것을 알 수 있었다. 그러나 과전압 저하의 경향은 15kA와 비슷함을 알 수 있다.

그림 12 Case 2-1에서 뇌격지점으로부터의 거리 과전압
Fig. 12 Distance from the point of lightning overvoltages in Case 2-1

2.7 Case 1-2

Case 1-2에서는 Case 1-1과 같이 피뢰기 간격과 가공지선의 접지간격은 동일하되 가공지선 접지 값을 25Ω대신 50Ω으로 변경시킨 후, Case 1-1과 동일한 지점에 뇌격 침입시 가공지선 접지저항 값 변경에 따른 과도현상을 분석하였다. 단, 가공지선과 피뢰기는 공통접지 시 피뢰기 접지 값인 25Ω을 사용하였다. 또한 뇌격전류 15kA와 20kA는 피뢰기와 가공지선이 공통접지된 전주에 침입시켜 해석하였다.

Case 1-2-2는 가공지선 접지간격이 100m이고, 접지저항 값 50Ω, 피뢰기 설치간격은 200m인 경우이다. 그림 13은 Case 1-2-2의 구성도를 나타낸 것이며, 그림 14는 뇌격전류 15kA를 침입시켰을 경우 발생한 과전압을 보이고 있다.

그림 13 Case 1-2-2 모델구성도
Fig. 13 Case 1-2-2 model configuration

그림 14 뇌격지점에서 해석된 과전압
Fig. 14 Analysis from the point of lightning overvoltage

가공지선과 피뢰기가 공통접지된 전주에 유기된 과전압은 239.4kV로 Case 1-1보다 과전압이 약간 높게 발생하였을 정도로 비슷한 양상을 보였다.

그렇다면 가공지선만 접지되어있는 전주에 뇌격 침입 시 가공지선 접지 값 25Ω과 50Ω의 차이를 알아보기 위해 뇌격을 침입시켜 상도체에 유기된 과전압을 해석하였다.

그림 15는 가공지선만 접지된 전주에 15kA의 뇌격침입 시 최대 193.2kV의 과전압이 상도체에 유기된 것을 알 수 있으며, 이는 가공지선접지 저항 값이 25Ω일 때 보다 약 79kV의 과전압이 더 발생하였다. 이 같은 결과로 볼 때, 가공지선의 접지 저항 값으로 인해 뇌격 침입 시 상당한 과전압 차이가 발생하는 것을 알 수 있다. 따라서 가공지선 접지저항과 이에 따른 영향에 대한 상세한 연구와 이를 근거로 한 배전선로 접지설계가 있어야 할 것으로 사료된다.

그림 15 Case 1-2 가공지선만 접지된 전주에 과전압

Fig. 15 Case 1-2 only overhead ground wire grounded into a power pole overvoltage

또한, Case 1-2도 Case 1-1과 마찬가지로 15kA와 20kA의 뇌격이 침입하였을 때 Case 별로 피뢰기 설치간격에 따라 뇌격 지점에서부터 500m까지의 과전압을 해석하였으며, 그 결과를 종합하면 그림 16 및 그림 17과 같다. 뇌격전류 15kA와 20kA의 과전압은 각각 최대 239.4kV 및 331.9kV로 약 92kV의 차이가 발생하였다. 이는 Case 1-1과 비교하였을 때 가공지선 접지 저항 값으로도 차이가 많이 발생하는 것을 알 수 있다.

그림 16 Case 1-2 뇌격지점으로부터의 거리 과전압

Fig. 16 Distance from the point of lightning overvoltages in Case 1-2

그림 17 Case 2 뇌격지점으로부터의 거리 과전압

Fig. 17 Distance from the point of lightning overvoltages in Case 2-2

2.8 Case 1-3

Case 1-3은 가공지선 접지저항 값을 현행 50Ω으로 적용하고 가공지선의 접지 간격은 200m일 경우이다. 또한 접지는 가공지선과 피뢰기는 공통접지 하여 모의하였다.

그림 18은 가공지선과 피뢰기가 공통으로 접지되어 있는 전주에 뇌격 침입 시 유기되는 과전압 해석 파형 그림 (a)와 가공지선만 접지되어 있는 전주에 뇌격을 가했을 때의 과전압 파형 그림 (b)의 해석결과를 비교해 보이고 있다. 가공지선만 접지된 접지저항 값 50Ω인 전주에 15kA의 뇌격이 침입한 경우 199.3kV의 과전압이 발생하였고, 반면 피뢰기와 가공지선이 공통 접지된 (접지저항 값 25Ω) 전주에 침입한 경우 260.8kV의 과전압이 유기되었다.

(a) 가공지선만 접지된 전주(50Ω)

(b) 가공지선과 피뢰기 공통 접지된 전주(25Ω)

그림 18 Case 1-3의 접지 형태에 따른 과전압 비교

Fig. 18 Case 1-3 earth the form of a overvoltage comparator

Case 1-2와 Case 1-3에서 공통접지 된 과형을 비교해 보면 Case 1-3이 상도체에 과전압이 약 20kV 정도 더 유기된 것을 확인 할 수 있었다. 한편, Case 1-3 및 Case 2-3에서도 15kA와 20kA의 뇌격침입 시 뇌격지점에서부터의 거리 500m까지 피뢰기 설치간격에 따른 과전압을 나타내면 그림 19 및 그림 20과 같다.

Case 1-3 해석결과 가장 가혹한 상태에서 15kA의 뇌격침입 시 가장 높은 과전압은 260.8kV가 상도체에 유기되었다. 하지만 피뢰기 설치간격 100m인 경우 260.8kV보다 좀더 낮은 249.7kV로 다른 피뢰기 설치간격보다 좀더 낮은 과전압이 발생되었다. 또한 Case 1-3에서는 피뢰기 설치간격 100m가 가장 뛰어난 피뢰기 효과를 나타냈으며, 피뢰기 설치간격 300m 이상은 그만큼 늦은 시간에 과전압이 방전되는 것을 볼 수 있다.

그림 19 Case 1-3 뇌격지점에서부터의 거리 과전압
Fig. 19 Distance from the point of lightning overvoltages in Case 1-3

그림 20 Case 2-3 뇌격지점에서부터의 거리 과전압
Fig. 20 Distance from the point of lightning overvoltages in Case 2-3

그림 20에서 보는 바와 같이 Case 2-3에 20kA의 경우는 15kA의 경우와 비슷한 경향을 나타내지만 상도체에 유기된 과전압은 15kA 보다 약 100kV가 더 높은 과전압이 유기되었다.

3. 결 론

본 논문에서는 직류배전시스템에서의 뇌과전압을 해석하기 위해 어떤 모델도 존재하지 않는 상태이기에 우선 AC 배전시스템의 조건을 근거로 구성도를 변경하여 모델링 하였으며,

이러한 직류배전시스템에 뇌격침입 시 가공지선 접지간격과 접지저항 값 그리고 피뢰기 간격에 따른 뇌과전압을 해석하여 각각의 다양한 경우에서의 과전압 발생 크기와 추이를 검토하였다.

본 논문에서 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 가공지선의 접지 저항값은 25Ω의 경우가 50Ω에 비해 과전압을 상당히 저하시킬 수 있으며, 가공지선 접지간격은 200m 간격보다 100m 접지하는 것이 과전압을 저하시킬 수 있음을 확인하였다. 따라서 접지저항에 따른 과전압 영향을 좀 더 집중적으로 연구하여 실제 현장에 적용하여야 할 것으로 사료되며, 적정 절연레벨을 선정 할 경우 피뢰기 간격에 대해서도 구체적인 연구가 선행되어야 할 것으로 사료된다.
- 2) 피뢰기의 설치간격은 100m가 좋지만 경제적, 전기적 측면이 고려되어야 할 것으로 사료된다.
- 3) 뇌격이 침입한 전주에서는 피뢰기와 가공지선이 공통으로 접지된 전주보다 가공지선만 접지된 전주에서 더 낮은 과전압이 발생함을 볼 때 피뢰기 설치 간격과는 거의 무관한 것으로 사료된다. 이 같은 결과는 가공지선과 피뢰기의 공통접지와 그로 인한 서지 방전의 지연 때문인 것으로 사료된다.

한편, DC 배전계통은 전압의 종류, 크기, 구조도가 기존의 AC 배전계통과 다르기 때문에 AC 배전계통의 BIL을 그대로 사용할 수는 없으므로 앞으로의 직류 배전계통 구성을 위해서는 BIL을 필수적으로 수립하여야 하는 바, 본 논문에서의 해석결과가 직류배전계통 BIL을 수립하는 데 필요한 기초 자료가 될 것으로 사료된다.

Acknowledgment

This work is the outcome of a Manpower Development Program for Marine Energy by the Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTM)

References

- [1] Eung-Sang Kim, "DC Distribution Technology Status and perspective", Journal of the Electrical World/Monthly Magazine, 2010.
- [2] Ju-Yong Kim, "DC distribution technology development prospects in the side of the power provider", Journal of Power Electronics, pp. 28-31, 2010
- [3] Seong-Mun Yun, Chan-Yong Park, Hye-Su Shin, Tae-June Eom, Dong-Jun Won, "Analysis on the Efficiency of DC Distribution System with Renewable Energy and DC Loads" 2010 KIEE Summer Conference, 2010
- [4] DANIEL NILSSON, "DC Distribution System", 2005
- [5] DANIEL NILSSON, "Efficiency analysis of low-and

medium-voltage DC distribution systems", IEEE, 2002

- [6] F. Mura, Rik. W. De Doncker, "Design Aspects of a Medium-Voltage Direct Current (MVDC) Grid for a University Campus", ECCE Asia, 8th International Conference on Power Electronics, 2011
- [7] KEPCO, "Design of distribution part(pole) - 3200", 1998. 11
- [8] KEPCO, "A Study on the Establishment of Insulation Coordination Scheme in Distribution System", 2003. 5
- [9] KEPCO, "Design of distribution part - 3500(grounding construction)", 2012. 6
- [10] KEPCO, "Design of distribution part -3800(Lightning stroke protection standard in distribution on line)", 2012. 6

저 자 소 개

Chun-Yong An

was born in Ansan, Korea in 1986. He received his B.S. degrees in Electrical Engineering from Wonkwang University, Korea, in 2011, respectively. Presently, he is pursuing a M.S. degree at Wonkwang University.

Tel : (063)850-6735

E-mail : cjsdyddks@naver.com

Jong-Beom Lee

received his B.Sc., M.Sc. and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from Hanyang University, Korea, in 1981, 1983 and 1986, respectively. He worked at the Korea Electrotechnology Research Institute from 1987 to 1990.

He was a Visiting Scholar at Texas A&M University and the Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Switzerland. He is currently a Professor in the Department of Electrical Engineering, Wonkwang University, Korea.

Tel : (063)850-6735

E-mail : ipower@wku.ac.kr

Yong-Kap Kim

He received the B.S degree in Electronics Engineering from Ajou University and the M.S.E degree in Electrical Engineering from University of Alabama in Huntsville. He received his Ph.D degree in Electrical & Computer Engineering in North Carolina State University. He is currently in Professor at School of Electrical Information Communication Engineering, Wonkwang University, Korea. His research interests are Remote Sensing for Visible Communication, Optical Fiber Sensing, Power Line Communication.

Tel : (063)850-6695

E-mail : ykim@wku.ac.kr