

## 지중송전 시스템의 병행지선 설치 방안 연구

홍동석\*, 박성민\*, 한광현\*  
대한전선(주)\*

### Methodology of Parallel Ground Conductor Installation on Underground Transmission System

Dong-Suk Hong\*, Sung-Min Park\*, Kwayng-Hyun Hahn\*  
Taihan Electric Wire Co.\*

**Abstract** - SVL is installed at underground transmission system to protect cables and insulation joint-box from overvoltages caused by lightning, switching, and line-to-ground fault. Domestic underground power system adopts cross bonding type to reduce the induced voltage at sheath, but single-point bonding is required depending the system installation configuration. SVL can be easily broken by overvoltages induced at joint-box because single-point bonding has ineffective system structure to extract fault current. ANSI/IEEE recommends Parallel Ground Continuity Conductor(PGCC) to prevent SVL breakdown. In this paper, EMTP simulation is performed to analyze effects on SVL under PGCC installation when single-line-to-ground fault occurs. The result shows that PGCC and short single-point bonding distance can reduce overvoltages at SVL.

#### 1. 서 론

최근 도심지 인구집중현상과 함께 전력수요의 밀도가 급격히 높아짐에 따라 송전선로 건설의 필요성이 증대되고 있으나 도심지 통과 및 환경적 요인 등 인구 밀집지역 내의 가공송전선로가 갖고 있는 한계 때문에 지중송전선로의 건설이 증대되고 있으며, 이러한 추세는 앞으로도 계속 확산될 전망이다.

이러한 지중송전계통에는 가공선로나 종단접속부로부터 유입되는 뇌서지로 인한 뇌 과전압과 차단기의 차단과 투입에 의한 개폐과전압, 그리고 지락이나 부하차단으로 인해 발생하는 일시 과전압이 발생하며, 이러한 과전압으로부터 케이블 및 절연통을 보호하기 위해 SVL(Sheath Voltage Limiter)이 케이블 계통의 각 취약지점에 설치되어 운용되고 있다. 한편, 국내 지중송전계통은 시스템유기전압을 저감시키기 위해 일반적으로 크로스본드 접지방식을 사용하고 있으나, 시공 환경에 따라 케이블 종단부 등에서 편단접지개소가 발생되고 있다. 이러한 편단접지 방식은 지락, 뇌, 개폐서지 등에 의한 과도전류가 쉽게 방출되지 못하는 구조를 갖고 있어 시스템에 높은 전압이 유기되어 SVL을 손상시킬 수 있다[1]. 또한 이러한 사고는 SVL 자체 손상에 그치지 않고 화재 등에 의하여 케이블 본선에 대한 2차 사고로 파급될 수 있으므로, 이에 대한 적절한 보호대책을 수립하는 것이 매우 중요하다. SVL Technical을 근거로 0.1초 동안 4.37kV의 상용주파 전압이 SVL의 양단에 걸리면 SVL이 파괴됨을 알 수 있다[1,2]. 따라서 SVL에 3kV~4.37kV의 전압이 발생하였다면 SVL이 열화 될 수 있고, 4.37kV 이상의 전압이 발생하게 되면 SVL은 즉시 파괴될 수 있다. 해외에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 ANSI/IEEE 575에서 편단접지 개소에 병행지선을 포설할 것을 권고하고 있다[3]. 이러한 병행지선은 고장 시 통전경로를 제공하면서 시스템에 발생하는 과전압을 낮추어 주고, 서지 침입 시에 종단접속부에 발생하는 과전압을 억제하는 효과를 얻을 수 있어 국내에서도 일부선로에 병행지선을 시험 적용하는 단계에 있다.

따라서 본 논문에서는 관로와 전력구 형태를 갖는 편단접지 개소에서 1선지락 사고가 발생했을 때 교락비접지와 대지간방식으로 설치된 SVL에 대한 영향을 EMTP 시뮬레이션을 기반으로 분석하여 병행지선의 설치 효과를 확인하였으며, 병행지선 포설 형태 및 편단접지 구간의 거리 변화에 따른 영향을 분석하였다.

#### 2. 본 론

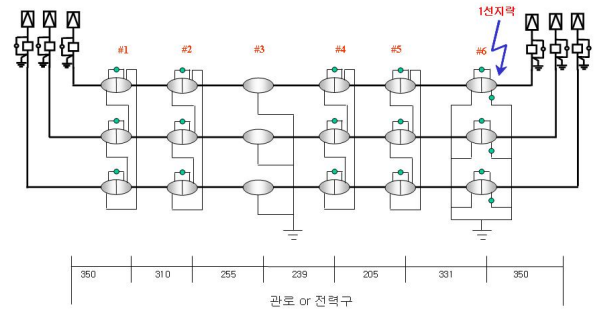
##### 2.1 모델계통도 및 시뮬레이션 조건

그림 1, 2는 시뮬레이션에 사용된 모델계통도이며 국내 지중송전계통에 발생되고 있는 대표적인 편단접지 형태이다. 케이블의 규격은 154[kV] XLPE 1200[mm<sup>2</sup>]이며, 1선지락 사고는 편단접지 개소의 B S/S측 A상에서 발생했음을 가정하였고, 사고전류는 약 30kA로 설정하

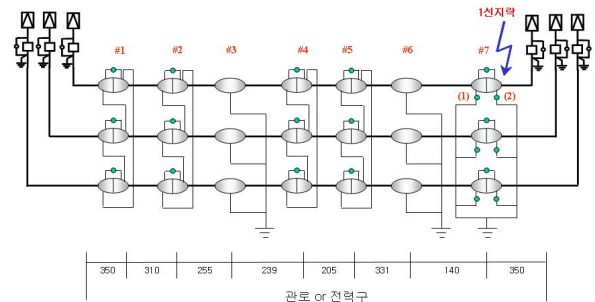
였다. 각 모델계통의 케이블 포설 형태는 관로와 전력구를 모두 고려하였으며, 그림 3, 4에 그 형태와 병행지선의 위치를 나타냈었다. 또한, 병행지선의 포설 형태를 표 1과 같이 구분하여 시뮬레이션을 수행하였다.

**<표 1> 병행지선 포설 형태에 따른 시뮬레이션 사례**

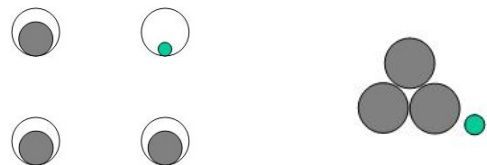
구 분	병행지선 포설 형태
Case 1	기설 (병행지선 미설치)
Case 2	편단접지~B S/S측으로 병행지선 설치
Case 3	편단접지 양쪽으로 병행지선 모두 설치



**<그림 1> 지락사고 모델계통-1**



**<그림 2> 지락사고 모델계통-2**



**<그림 3> 관로 구간 병행지선**

**<그림 4> 전력구 구간 병행지선**

##### 2.2 모델계통-1의 시뮬레이션 결과

본 절에서는 모델계통-1에 1선지락 사고가 발생했을 때, 교락비접지와 대지간방식의 SVL 양단에 걸리는 전압을 분석하였다. 표 2는 관로형 포설 형태를, 표 3은 전력구형을 바탕으로 한 시뮬레이션 결과를 보

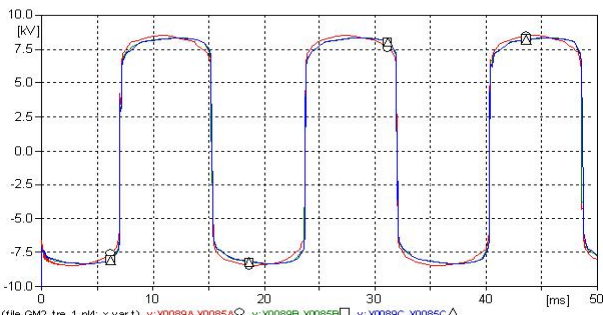
여준다. 관로와 전력구 모두에서 병행지선이 없는 Case 1의 경우에는 SVL의 양단에 걸리는 전압이 8kV를 초과함에 따라 지락 사고 시 바로 SVL이 소손될 수 있음을 알 수 있다. 반면에 Case 2와 Case 3의 경우에는 모든 경우에 대하여 SVL 양단에 걸리는 전압이 3kV를 넘지않아 병행지선을 한쪽에만 설치해도 SVL에 걸리는 과전압 문제가 해결되어 병행지선의 설치효과를 확인할 수 있다. 그림 5, 6은 전력구 포설의 경우 Case 1과 Case 2의 교락비접지 SVL에 걸리는 전압 파형을 나타낸 그림이다.

〈표 2〉 모델계통-1 관로 편단접지 Case별 결과([kV])

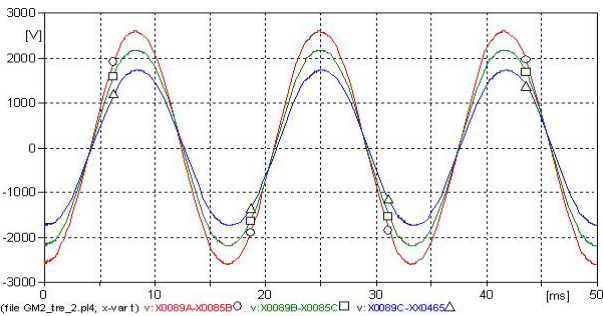
	Case 1	Case 2	Case 3
교락비접지	8.63	2.99	2.99
대지간접지	8.63	2.99	2.99

〈표 3〉 모델계통-1 전력구 편단접지 Case별 결과([kV])

	Case 1	Case 2	Case 3
교락비접지	8.49	2.6	2.6
대지간접지	8.49	2.6	2.6



〈그림 5〉 Case 1의 전력구 교락비접지 SVL 전압파형



〈그림 6〉 Case 2의 전력구 교락비접지 SVL 전압파형

### 2.3 모델계통-2의 시뮬레이션 결과

본 절에서는 모델계통-2에 1선지락 사고가 발생했을 때 관로 포설, 전력구 포설의 경우에 대하여 교락비접지와 대지간방식의 SVL 양단에 걸리는 전압을 분석하였다. 표 4, 5의 결과에서 알 수 있듯이 병행지선의 설치효과는 확인할 수 있었으나, 교락비접지 SVL은 모든 경우에 대하여 3kV이상의 전압 값을 나타내어 열화 및 소손의 가능성이 있는 것으로 확인되었다. 따라서 다음절에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안에 대해 검토하였다.

〈표 4〉 모델계통-2 관로 편단접지 Case별 결과([kV])

	Case 1	Case 2	Case 3
교락비접지	9.26	9.05	4.17
대지간접지(1)	7.1	8.22	2.85
대지간접지(2)	7.8	2.94	3.03

〈표 5〉 모델계통-2 전력구 편단접지 Case별 결과([kV])

	Case 1	Case 2	Case 3
교락비접지	9.01	8.83	3.67
대지간접지(1)	7.06	8.22	1.01
대지간접지(2)	7.64	2.63	2.66

### 2.3.1 상별 병행지선 근접설치에 따른 영향 분석

본 절에서는 모델계통-2에서 발생하는 문제를 해결하기 위한 방안으로 Case 3 형태의 병행지선이 사고가 발생한 상과 근접했을 경우의 효과를 분석하였다. Case A~C는 각각 A, B, C 상에 병행지선을 근접시킨 결과이며, 표 6, 7에서 보는 바와 같이 병행지선을 사고 상에 근접시켜 포설한 경우 모든 SVL에 걸리는 전압이 안전한 수준임을 알 수 있다. 즉, 병행지선 설치시의 난점이 있을 수는 있으나 편단접지 구간에서 SVL의 소손 우려가 발생하는 것을 방지하기위해 케이블 각 상별로 병행지선을 설치하는 것도 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

〈표 6〉 모델계통-2 관로 병행지선 근접설치 Case별 결과([kV])

	Case A	Case B	Case C
교락비접지	2.36	4.49	4.71
대지간접지(1)	0.64	1.23	1.29
대지간접지(2)	1.72	3.25	3.43

〈표 7〉 모델계통-2 전력구 병행지선 근접설치 Case별 결과([kV])

	Case A	Case B	Case C
교락비접지	2.46	3.64	3.67
대지간접지(1)	0.65	1	1.01
대지간접지(2)	1.81	2.64	2.66

### 2.3.2 편단접지 구간 거리 변화에 따른 영향 분석

본 절에서는 Case 3의 경우에 편단접지구간의 거리에 따른 SVL에 걸리는 전압의 특성을 검토하였다. 표 8, 9에 Case 3 형태의 병행지선 포설을 전제로, 편단접지 구간의 거리를 변경했을 때 SVL에 걸리는 전압을 나타내었다. 표 8, 9에서 알 수 있듯이 편단접지 구간의 거리를 짧게 할수록 SVL에 걸리는 전압이 낮아지며, 150m 이하로 했을 때 모든 경우에 대하여 SVL 양단에 걸리는 전압이 3kV를 넘지 않음을 확인할 수 있다. 따라서 전력계통의 운영은 경제성 보다는 안정성이 우선시되므로, 신설되는 지중계통에 대해서는 병행지선을 설치한 편단접지 구간의 거리를 짧게 하는 것도 SVL의 열화 및 소손을 방지할 수 있는 하나의 방안이 될 수 있을 것으로 사료된다.

〈표 8〉 모델계통-2 관로 편단접지 구간 거리별 결과([kV])

	350m	250m	150m
교락비접지	9.26	3.4	2.5
대지간접지(1)	7.1	1.16	1.17
대지간접지(2)	7.8	2.19	1.33

〈표 9〉 모델계통-2 전력구 편단접지 구간 거리별 결과([kV])

	350m	250m	150m
교락비접지	9.01	2.92	2.18
대지간접지(1)	7.06	1.01	1.02
대지간접지(2)	7.64	1.91	1.16

## 3. 결 론

본 논문에서는 EMTP 시뮬레이션을 사용하여 지중 시스템 편단접지 개소에서 1선지락 사고 발생 시 병행지선 설치형태별에 따른 SVL 전압 특성을 검토하였다. 모델계통-1의 경우 병행지선을 포설하면 SVL에 걸리는 전압이 SVL 내압 이내로 저감됨을 확인하였고, 모델계통-2에서는 병행지선이 SVL에 걸리는 전압을 저감시키는 효과를 나타내었으나, 여전히 일부 SVL에서 열화 및 소손의 우려될 수 있는 전압이 발생하였다. 이러한 문제는 병행지선을 사고가 발생한 상에 근접시켰을 경우와, 상 근접과 상관없이 병행지선을 설치한 편단접지 구간의 거리를 짧게 하는 경우 해결 될 수 있음을 확인할 수 있었다. 지중송전계통에서 SVL의 역할이 매우 중요함을 고려하면 향후 병행지선설치에 대한 보다 다각적이고 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 하계웅, 김경년, 이인호, "지중송전케이블의 편단접지 시스템에서의 계통보호방안", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2005
- [2] 강지원, 박홍석, 윤형희, "지중송전 편단접지개소에서 병행지선 설치효과 검토", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2007
- [3] "IEEE guide for the application of sheath-bonding methods for single-conductor cables and the calculation of induced voltage and current in cable sheaths", ANSI/IEEE 575, 1988