

지중 전력 선로 편단접지 시스템에서의
병행지선 및 SVL 설치방안

하세웅
한국수력원자력(주)

Installation Methodology of Parallel Ground Conductor and SVL for Single Point Bonding System on Underground Power Cable

C. W. Ha
Korea Hydro & Nuclear Power Co.

Abstract - In underground power cable system, the device for limiting over-voltage is needed when transient over-voltage break out between sheath and ground. For this reason, the SVL(Sheath Voltage Limiter) has been applied on weak points. But the broken SVLs which are installed on the single point bonding system on underground cable are frequently found.

In this paper, EMTP(Electromagnetic Transient Program) is utilized to analyze effects on the installation methodology of the parallel ground conductor and SVL for the single point bonding system on the underground cable. The result shows that the proposed installation methodology can be applied for single point bonding system and contribute for power system stabilization.

1. 서 론

지중 발전 및 송전 케이블 시스템에서 뇌/스위치 썬지를 포함한 과도 전압이 시스와 대지 사이에 발생했을 때 과전압을 제한하는 장치가 필요하다.

따라서, 피뢰기와 같은 동작 특성으로서 절연통 및 케이블 자켓의 손상을 방지하는 역할을 하는 SVL(Sheath Voltage Limiter)이 케이블 시스템의 각 취약지점에 설치되고 운용되어 왔는데, 지중 케이블의 편단접지 시스템이 적용된 선로 및 인접 선로에서 지락 사고가 발생하였을 때 SVL이 파손되는 사고가 지속적으로 발생해 왔다. 그림 1은 국내의 선로에서 소손된 SVL의 사진을 나타내었다.

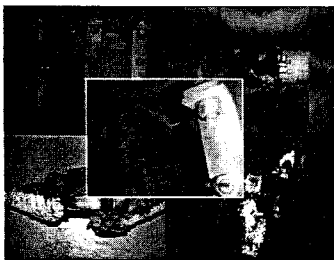


그림 1. 1선 지락 사고에 의한 SVL 파손 사진

특히 케이블 임피던스 감소 등에 의하여 사고전류 크기가 증가함에 따라 이와 관련된 SVL의 빈번한 소손이 우려되고 있는 실정이다. SVL의 소손을 그대로 방치하는 경우 절연통 또는 방식층 등의 절연과괴가 발생할 수

있을 뿐만 아니라, SVL의 열화에 의한 화재 및 2차 지락사고로의 과급 등 계통 사고에 막대한 영향을 끼칠 수 있어 이에 대한 대책이 필요한 시점이다.

2. 편단접지 시스템에서의 SVL 소손 원인

지중 발전 및 송전 케이블의 접지시스템은 크로스본드 접지 시스템을 선택하고 있고, 부득이한 경우 편단접지 시스템을 선택하고 있다. 그런데 편단접지 시스템 선로 및 인접 선로에서 지락 사고가 발생하여 편단접지 선로 쪽 대지를 통해서 사고전류가 흐르는 경우 SVL 양단에 전압이 발생하게 된다. SVL의 상용주파내전압-시간 특성표를 보면 0.1초 동안 4.37kV의 상용주파 전압이 SVL 양단에 유기된다면 SVL은 즉시 파손되게 된다.

따라서, SVL에 3kV~4.37kV의 전압이 발생하여 상용주파전류가 SVL에 흐르게 되면 SVL은 열화가 될 수 있고, 4.37kV 이상의 전압이 SVL 양단에 발생하게 되면 SVL은 즉시 파괴될 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 국내 시스템의 편단접지 구간에 적용할 수 있는 방안을 제시하였고 EMTP를 통하여 그 효과를 분석하여 제시하였다.

3. 편단접지 시스템에서의 병행지선 및 SVL 설치 방안

3.1. 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안한 병행지선 및 SVL의 설치 방안의 타당성을 증명하기 위한 시뮬레이션 대상 계통은 그림 2와 같이 154kV OF 케이블이 2.174km 구간에 설치되어 있는 선로를 대상으로 하였다. 케이블의 사이즈는 2000mm²이고 포설형태는 관로식으로 모델링 하였다. 여기서 편단접지 지점은 2곳으로서 크로스 본드 접지를 할 수 없는 M/H(manhole) 7 지점은 개방되어있고, M/H 6과 S/S를 접지시킨 형태로 모델링을 하였다.

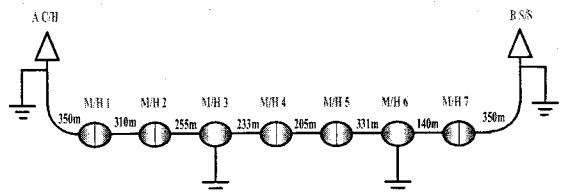


그림 2. 시뮬레이션 대상 선로 계통도

그림 2에서 나타낸 시뮬레이션 대상 선로 중 M/H 3 ~ B S/S의 상세도 및 SVL 설치 현황을 그림 3에 자세 히 나타내었다. 그림에서 타원형의 그림은 접속함의 의

미하고, 원형의 그림은 SVL을 의미한다.

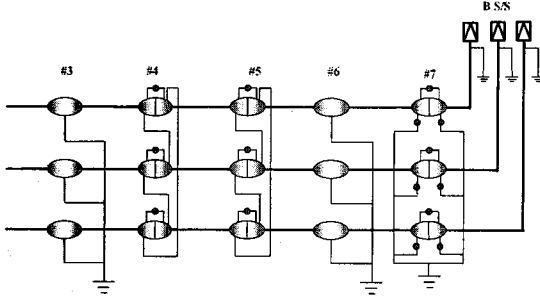


그림 3. M/H 3 ~ B S/S 상세도 및 SVL 설치 현황

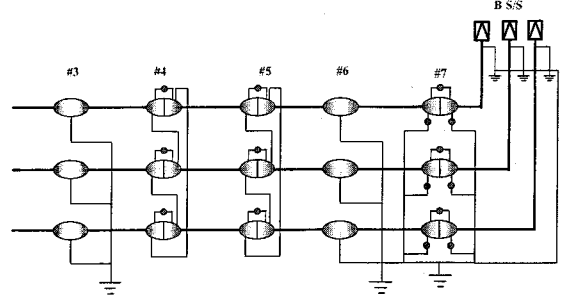


그림 5. 병행지선 및 SVL 설치 방안 1의 상세도면

3.2. 지락사고 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 모델 선로에서 지락 사고 발생 지점은 S/S 지점, 발생 선로는 B 상으로 하였고, 사고전류는 약 35kA로 설정하였다. 사고는 0.01초에 발생한 후 지속되도록 설정하였다. 3.1절과 같이 M/H 7을 기준으로 편단절점으로 구성되어 있는 시스템에서 지락사고에 의해서 흐르는 지락 전류는 병행지선이 존재하지 않기 때문에 대지로 흐르게 된다. 이때, M/H 7에 설치되어 있는 SVL 양단에 약 7.1~ 8.3kV의 사고전압이 발생하게 되고, SVL에 약 2.6kA의 사고전류가 흐르게 된다.(표 1 참조)

그림 4는 M/H 7의 SVL 양단에 발생하는 전압 파형을 나타내었다. 그림에서 보듯이 SVL 양단에 발생하는 전압 파형은 A,B,C상 선로에 모두 발생하게 되는데 특히 B상에 가장 높은 전압이 발생하게 된다.

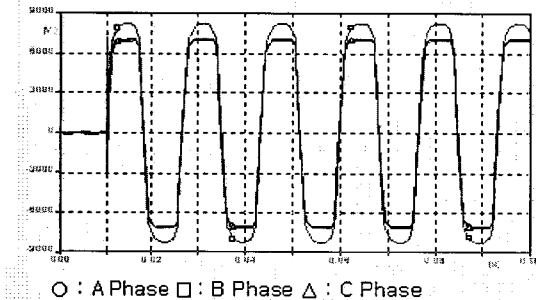


그림 4. 지락사고 발생시 SVL에 발생하는 전압 파형

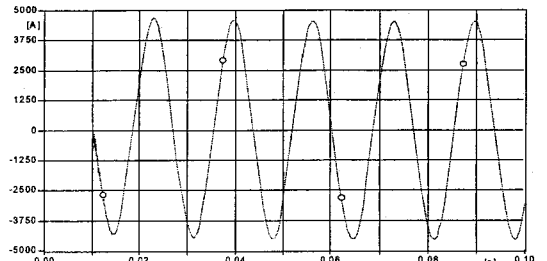
그림 4와 같이 지락 사고 발생 시 SVL 양단에 사고전압이 발생 되고 그 값 또한 현재의 상용주파 내전압을 훨씬 상회하기 때문에 현재 계통에 설치되는 SVL의 상용주파 내전압을 6~7kV 이상 높여야 하지만, 실제 적용을 위해서는 절연협조 측면 고려 및 신제품 개발 등 다양한 연구가 수반되어야 한다.

따라서, 다음 절에서는 현재의 편단절점이 적용된 송전 선로에서 SVL 손상을 방지하기 위한 병행지선 및 SVL 설치 방안을 제안하였다.

3.3 병행지선 및 SVL 설치 방안 1

그림 5는 현재의 시스템에서 병행지선을 M/H 6 ~ B S/S 까지 매설하는 경우이다. 현재 실 선로의 변경을 최소화 하면서 병행지선만을 매설하기 때문에 가장 경제적인 방법이라고 할 수 있다.

위와 같이 편단절점 시스템에 병행지선을 매설한 “병행지선 및 SVL 설치 방안 1” 에서 지락사고가 발생하였을 경우 지락전류는 그림 6과 같이 병행지선에 흐르게 되고, SVL에 약 1.6kV의 전압이 발생하여 결과적으로 SVL은 동작을 하지 않게 된다.(표 1참조)



○ : A Phase □ : B Phase △ : C Phase

그림 6. 병행지선에 흐르는 전류 파형

3.4 병행지선 및 SVL 설치방안 2

그림 7은 현재의 시스템에서 병행지선을 M/H 6 ~ B S/S 까지 포설하고 M/H 6 ~ M/H 7에 SVL을 교차 비절점방식과 대지간방식으로 설치하여 뇌/스위치 켜지 로 인한 절연통 및 케이블 자켓의 영향을 최소화 시킬 수 있는 방법이다. 단 기존설비에 비해서 추가로 SVL이 설치되어야 하기 때문에 추가로 SVL 설치비용이 발생한다. “병행지선 및 SVL 설치방안 2” 역시 SVL에 약 0.4kV의 전압이 발생하여 결과적으로 SVL은 동작을 하지 않게 된다.(표 1참조)

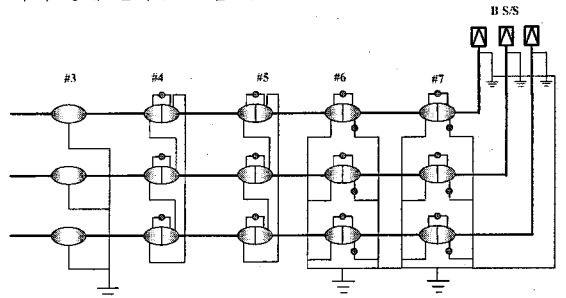


그림 7. 병행지선 및 SVL 설치 방안 2의 상세도면

3.5 병행지선 및 SVL 설치방안 3

그림 8은 현재의 시스템에서 병행지선을 M/H 6 ~ B S/S 까지 포설하고 M/H 7을 직접절점 방식으로 하는 방식이다. 그리고 M/H 6과 전원단에 SVL을 대지간방

식으로 설치하고, M/H 6에 교락비접지 방식으로 SVL을 설치하여 절연통 및 케이블 자켓을 보호하는 방식이다. “병행지선 및 SVL 설치방안 3”는 M/H 7에 직접 접지를 하기 때문에 SVL이 설치되지 않는다.

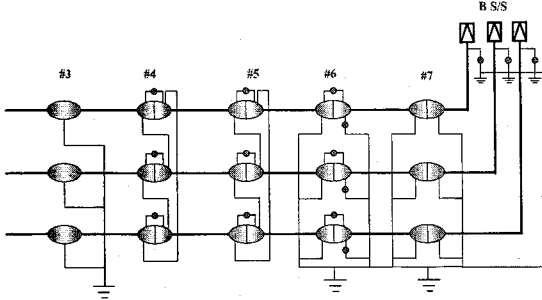


그림 8. 병행지선 및 SVL 설치 방안 3의 상세도면

4. 각 Case별 시뮬레이션 결과

각 Case별 시뮬레이션 결과 병행지선이 매설되지 않은 편단접지 선로에서 1선 지락사고가 발생했을 때 SVL 양단 전압이 3상 모두 3kV 이상의 전압이 발생하여 SVL에 최대 2.6kA의 사고전류가 흐름에 따라 SVL이 손상될 우려가 높다.(표 1 참고)

이에 대한 대책으로 본 논문에서 “병행지선 및 SVL 설치 방안 1-3”을 제안하였는데 각 Case별 시뮬레이션 결과 3가지 방안 모두 3kV 이상의 전압이 발생하지 않아 결과적으로 SVL이 동작하지 않게 되어 SVL의 열화에 의한 화재 및 지락사고 발생 등을 최소화 시킬 수 있다.

5. 결 론

국내·외 지중 케이블 계통에서 간헐적으로 발생하고 있는 SVL의 소손에 대한 대책 및 계통 안정화의 일환으로 편단 접지에서의 병행지선 및 SVL 설치 방안을 제시하였고 시뮬레이션을 통해서 그 적합성을 검증하였다.

따라서 현장의 포설 여건 및 너/스위치 썬지의 영향을 최소화시키면서 지락사고에 의한 SVL의 손상을 방지하기 위해 본 논문에서 제안된 3가지 방안을 적절히 적용하면 국내 계통 안정화에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 하재용, 김정년, 이인호, “지중송전케이블의 편단접지 시스템에서의 계통보호방안”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2005
- [2] 하재용, 김정년, 이수길, 허희덕, “2001년도 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집”, 2001
- [3] IEEE Standards Board, “IEEE Guide for the Application of Sheath Bonding Methods for Single-Conductor Cables and the Calculation of Induced Voltages and Currents in Cable Sheaths”, ANSI/IEEE Std. 575, 1988
- [4] Working Group 07 of Study Committee 21, “Guide to the Protection of Specially Bonded Cable Systems Against Sheath Overvoltages”
- [5] B. Gustavsen, J. Sletbak, “Transient Sheath Overvoltage in Armoured Power Cable”, IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 11, No. 3, pp. 1594-1600, July 1996

표 1. M/H 7에서의 각 방안별 전압 및 전류 크기

Case	모의 Type	SVL 양단에 발생하는 전압(V)			SVL에 흐르는 전류(A)			시스와 대지간에 발생하는 전압(V)			시스에 흐르는 전류(A)			
	Phase	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
실 선로	정상	66.3	77.8	74.1	0	0	0	47.1	44.6	48.4	0	0	0	
	지락사고	7070	8315	7205	98.6	2602	238.9	2778	3546	2866	0	0	0	
병행지선 및 SVL 설치 방안	1	정상	64	131	110	0	0	0	12.4	54.6	41.3	0	0	0
		지락사고	528	593	1571	0	0	0	2267	2337	3154	0	0	0
	2	정상	42.5	86.9	73.2	0	0	0	43	43	43	0	0	0
		지락사고	349	394	10	0	0	0	2458	2458	2458	0	0	0
3	정상	-	-	-	-	-	-	43	43	43	0.1	1	105	
	지락사고	-	-	-	-	-	-	2454	2454	2454	0.1	13.43	0.5	