

지중송전계통에서 XLPE케이블의 교량침하시 모델수립 및 뇌과전압 해석

김철호*, 이종범
원광대학교*

Lightning Overvoltage Analysis and Model Establishment of XLPE Cable Underneath a Bridge on Underground Power Cable Systems

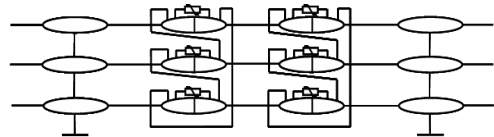
Cheol-Ho Kim*, Jong-Beom Lee
Wonkwang University*

Abstract - In this paper, XLPE cable underneath a bridge is modelled using EMTP/ATPDraw. Bridge section is also modelled by mutually coupled parallel conductor with XLPE cable. This paper is analysed the overvoltage by structure change of bridge section when the lightning occurs on the system.

또한 본 논문의 목적은 도체에 유입되는 과전압의 특성을 해석하는 것으로 정확한 분석을 위해 시스는 그림 3과 같이 크로스본딩, 교락비접지방식으로 구성하였다.

1. 서 론

최근 대도시 지역을 중심으로 전력수요가 증가하면서 여러 환경적인 요인으로 인해 지중송전계통 뿐만 아니라 혼합송전의 건설이 증가하고 있다. 지중 송전계통은 지하에 시설되므로 사고발생빈도가 가공송전계통에 비해 낮으나 일단 사고가 발생하면 영구사고로 진행되고, 사고복구에 장시간이 소요되며 그 파급효과도 매우 크다[1].



<그림 3> 크로스본딩 방식과 교락비접지방식

지중송전계통에 있어서 전기적 사고원인은 대부분 서지에 의한 것임을 감안할 때 서지의 보호대책에 대한 세밀한 검토가 필요하다. 특히 뇌서지에 의해 발생하는 과전압은 크기가 최소 수 백만 볼트에 이를 수도 있고, 지속시간이 수십 μ s정도가 된다고 보고되고 있다. 그로인한 뇌서지의 영향이 매우 커서 고장 위치판별과 피해 복구에 현장의 운전자 입장에서 상당한 어려움이 있다. 이러한 문제들을 극복하기 위하여 국내에서는 지중송전케이블의 서지 보호대책, 광기술을 이용한 지중송전선 사고 구간 검출 등에 관하여 연구가 이루어지고 있다[2-3].

2.1.1 사례 분석

XLPE 케이블과 병렬도체로 구성된 교량침가식 케이블에 뇌서지 침입시 미치는 영향을 체계적으로 분석하기 위해 본 논문에서는 다음과 같은 검토 조건을 선정하였다.

<표 1> 사례 분석 예

case (a)	케이블의 도체와 병렬도체로 모의된 교량구간이 존재할 때
case (b)	케이블로만 이루어진 가공선로구간 (교량이 없는 경우)
case (c)	교량으로 모의된 병렬도체의 단면적을 3배 늘렸을 때
case (d)	교량으로 모의된 병렬도체의 단면적을 10배 늘렸을 때

따라서 본 논문은 가공송전선로와 지중송전선로가 혼합된 가운데 교량이 첨가된 설계통을 대상으로 뇌서지 침입시 교량의 각종 조건의 변화에 따른 과전압 발생 특성을 케이블을 중심으로 EMTP/ATPDraw를 이용하여 분석하였다.

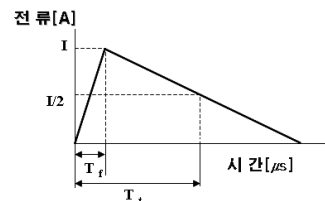
2.2 뇌 서지 침입시 과도해석

그림 4는 본 논문에서 적용할 뇌격전류 파형이다. 뇌격은 60[kA], 100[kA] 크기에 $2 \times 70[\mu$ s]로 선정하였고 뇌도입피턴스는 $400[\Omega]$ 을 적용하였다. 혼합송전계통에서의 지중송전선로 종단 접속부로부터 1[km]떨어진 지점 A상 도체에 뇌격이 침입하였을 때, 교량구간의 케이블 도체와 시스에 나타나는 과도현상을 분석하였다.

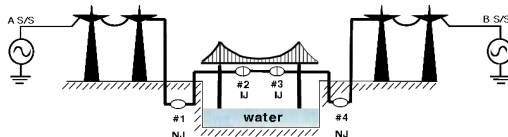
2. 본 론

2.1 혼합 송전선로 모델링

본 논문에서 다룬 혼합송전계통은 154[kV] 계통으로 가공송전선로 구간은 총 10.54[km]이며, 상도체는 ACSR 330[mm²], 가공지선은 ACSR 120[mm²]로 구성되어 있다. 지중송전선로 구간은 2.3[km]이며 XLPE 2000[mm²]가 전력구식 삼각배열 포설방식으로 포설되어 있다. 이중 0.87[km]는 교량구간으로 이루어진 실제 운영중인 설계통이다. 계통도는 그림 1과 같으며, EMTP/ATPDraw의 보조루틴을 이용해 각각의 선로 정수를 산출하였다.



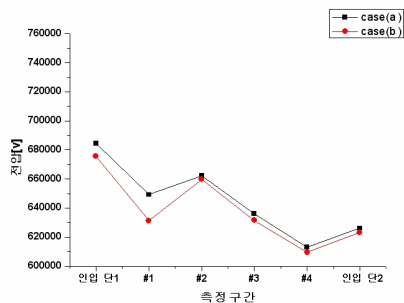
<그림 4> 뇌격 전류 파형



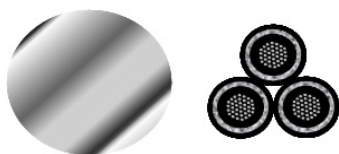
<그림 1> 혼합송전선로 모델

2.2.1 뇌격전류 60[kA]의 해석

가공송전선로는 일반적으로 2회선이상으로 이용되나 2회선에 동시 뇌격의 가능성이 희박하므로 1회선만을 구성하였다. 교량의 철제구조는 케이블과 상호 결합된 병렬도체로 모델링되며 그림 2와 같이 구성된다[4].



<그림 5> 60[kA] 뇌격시 도체 과전압



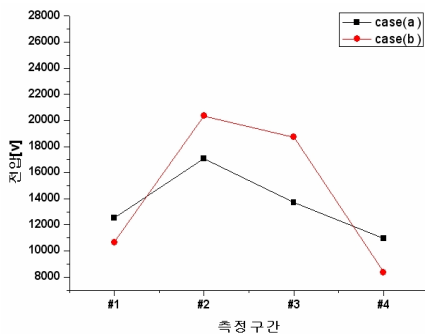
<그림 2> 교량의 철제구조와 케이블의 결합 구조

그림 5는 case (a)와 case (b)의 60[kA]의 뇌격이 침입하였을 때 도체의 과전압을 나타내었다. 그림에서처럼 교량의 영향을 받은 case (a)와 case (b)와 비교하여 더 높은 도체과전압이 유발되며, 케이블계통으로 유입되는 과전압은 #1의 지중송전선로까지 상당부분이 감소되지만 케이블이 가공선로 배치됨에 따라 과전압이 상승한다. 다시 #4의 지중송전선로까지 과전압이 감소하지만 가공선로로 변경되는 인입단 2부터 과전압은 다시 상승함을 보여준다.

〈표 2〉 구간별 A상의 절연통간전압 (단위 : kV)

	#2	#3
case (a)	9.7	8.9
case (b)	16.6	16.4

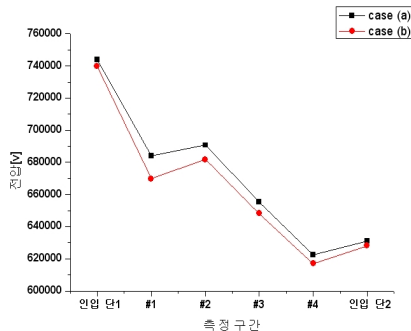
표 2는 뇌격 침입시 교량첨가선로 A상의 절연통간 전압을 분석한 결과이다. 교량구간의 case (a)와 가공선로로 구성되어 있는 case (b)의 절연통간전압은 절연통보호장치의 보호레벨인 50[kV]에 많은 여유가 있어 소손될 위험성은 적다.



〈그림 6〉 60[kA] 뇌격시 시스템 대지간 전압

그림 6은 계통의 시스템 대지간 전압의 결과이다. 케이블의 위치는 지중선로에서 가공선로로 변경되었고 그로 인하여 대지간 전압은 상승됨을 알 수 있다. 그림과 같이 case (a)는 병렬도체로 모의된 교량의 영향이 시스템 대지간 전압의 상승을 저감시키는 것으로 사료된다.

2.2.2 뇌격전류 100[kA]의 해석



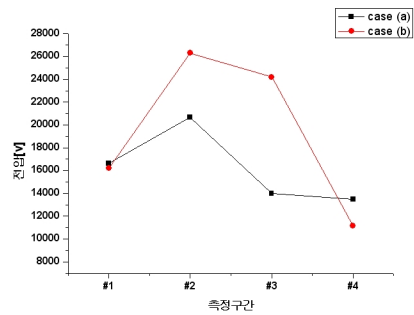
〈그림 7〉 100[kA] 뇌격시 도체 과전압

그림 7은 뇌격전류 100[kA] 침입시 케이블 도체에 유기되는 최대과전압을 나타낸 것이다. 전체적으로 60[kA]의 뇌격 침입시와 같은 특성을 보이지만 선로에서 발생하는 최대 과전압이 약 10% 정도가 증가하였다.

〈표 3〉 구간별 A상의 절연통간전압 (단위 : kV)

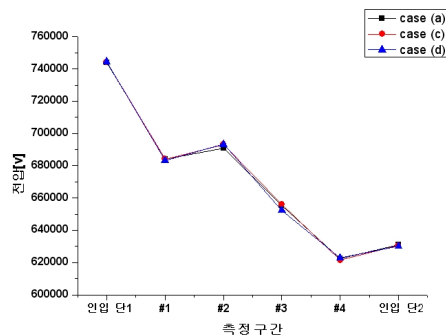
	#2	#3
case (a)	12.8	12.5
case (b)	17.4	17.1

표 3는 가공선로로 뇌격 침입시 교량구간의 케이블의 IJ #2과 IJ #3의 절연통간전압을 나타낸 것이다. 100[kA]의 뇌격 침입시에도 절연통보호장치의 보호레벨에 여유가 있으며, 전체적으로 60[kA]의 뇌격이 침입했을 때와 유사한 특성을 나타낸다.



〈그림 8〉 100[kA] 뇌격시 시스템 대지간 전압

그림 8은 뇌격전류 100[kA] 침입시 시스템 대지간전압을 나타내었다. 60[kA]의 시스템 대지간전압과 비교하여 보면, 가공선로로 구성되어 있는 case (b)는 약 6[kV], 교량구간인 case (a)는 약 3[kV]가 스케일링 되어 있는 것과 같다. 따라서 교량첨가식이 시스템 대지간전압에 있어서 저감효과를 얻을 수 있다.



〈그림 9〉 교량에 따른 도체과전압

그림 9는 교량첨가식선로에서 병렬도체로 모의된 교량단면적의 크기에 따라 가공선로로 통해 유입된 100[kA]의 뇌격에 의해 나타나는 케이블 도체과전압이다. 도체의 과전압이 교량단면적의 크기가 커질수록 측정구간 #2에서 과전압의 상승폭이 커지지만 전체적으로 교량의 단면적 크기에 대한 영향은 미약한 것으로 판단되어진다.

3. 결 론

본 논문에서는 가공송전선로와 지중송전선로가 혼합되어 있는 가운데 교량 첨가식이 적용되어 운용되고 있는 실제 혼합송전선로를 대상으로 하였으며 교량첨가식에 대한 뇌격 침입시 케이블 도체의 과전압을 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 교량구간에서 도체의 뇌과전압은 교량이 없는 구간보다 높게 나타난다.
2. 뇌격 침입시 교량구간에서 시스템 대지간전압과 절연통간전압은 적게 나타난다.
3. 도체의 뇌과전압은 병렬도체로 모의된 교량단면적의 크기에 대한 영향이 적다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사 기술연구원 “지중송전 케이블의 써지 보호대책에 관한 연구(최종보고서)”, 1993.
- [2] 김남열, 이종범, 장성환, 강지원, “혼합송전선로에 뇌격침입시 지중송전선로에서의 뇌과전압 해석”, 대한전기학회논문지 pp.502-509, 2002
- [3] 정채균, 이종범, 강지원, 이동일, “지중송전계통에서의 불평형 구성요소에 따른 과도현상 해석 및 평가” 대한전기학회논문지 pp.410-417, 2005
- [4] Itoh. Y, Nagaoka. N, Ametani. A, “Transient Analysis of a Crossbonded Cable System Underneath a Bridge, Power Delivery, IEEE Transactions on Volume 5, Issue 2, April 1990 pp:527 - 532