

154kV 지중케이블에서 유기전압의 해석

최석영*, 유명호*, 배두한*, 오정환**, 임성정**, 김재철**

* : 한국전력공사 서울전력관리처, ** : 숭실대학교 전기공학과

Analysis of the Induced Voltage on the 154kV Underground Cable

Suk-young Choi*, Myeong-ho Yoo*, Doo-han Bai*

Jung-hwan Oh**, Seong-jeong Rim**, Jae-chul Kim**

* : KEPCO Seoul Power T/C, ** : Dept. of Elec. Eng. Soongsil Univ.

Abstract - In this paper, we analyze the induced voltage and current in the underground transmission cable. To analyze it, we select the 154[kV] underground transmission system which is located in the city. In the case of the steady state, the single phase fault, and three phase fault in the underground cable, we analyze the induced voltage and current for an equivalent model through EMTP simulation. Also, the components of an equivalent model and the computer simulation using EMTP is described.

1. 서 론

지중선로는 공급신뢰도 향상, 도시밀집지역에서의 공급력확보, 도시의 미관유지가 필요한 지역을 중심으로 급속히 증가되고 있다. 지중선로의 전력케이블은 도체, 절연체, 시스(sheath), 방식층으로 구성되며, 시스는 절연층에 침입하는 습기를 방지하고 케이블을 기계적 외상으로부터 보호하고, 기계적 강도를 크게하기 위하여 사용된다. 시스에 전압이 유기되면 전류가 흐르고 시스전압, 전류는 인체에 위험을 줄 수 있다. 또한, 고장시에 시스에 흐르는 고장전류는 접지선의 용단을 초래할 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 진행되었다⁽¹⁾.

본 논문에서는 지중 케이블의 크로스 본딩(cross bonding)된 시스에서 발생하는 각 지점별 유기전압, 전류를 해석하였다. 해석대상으로 도심지역의 154[kV] 지중선로를 선정하였으며⁽²⁾, 해당 케이블의 정상상태와 고장상태의 경우 발생하는 시스전압, 전류를 해석하였다. 대상계통은 등가화하였으며, 전자기 과도해석 프로그램(EMTP)을 사용하여 시뮬레이션하였다⁽³⁾. 또한, 등가화된 해석모델, 모

델의 구성요소, 컴퓨터 시뮬레이션 방법에 관해서 기술하였다.

2. 해석모델 및 컴퓨터 시뮬레이션

2.1 해석모델

154[kV] 지중케이블을 대상으로 정상상태와 고장상태에서의 시스전압, 전류를 해석하였으며, 대상계통을 등가화한 해석모델 단선도를 그림 1에 나타내었다.

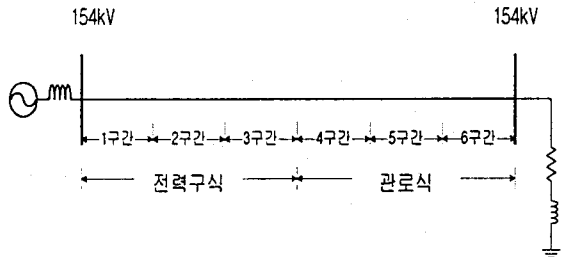


그림 1. 154[kV] 지중케이블 해석모델 단선도

해석모델은 등가전원, 지중선로, 등가부하로 구성된 1회선 선로이며, 선로 공장은 1,540[m] 이다. 전력구 매설 길이는 982[m]로서 전체 공장의 64[%], 관로 매설 길이는 558[m]로서 전체 공장의 36[%]를 차지한다. 각 구간별 선로길이, 케이블 종류, 매설 방법을 표 1에 나타내었다.

표 1. 각 구간별 케이블 배치 상황

구간명	선로길이[m]	케이블종류	매설방법
1	320	OF2000[mm ²]	전력구식
2	368	//	//
3	294	//	//
4	202	//	관로식
5	165	//	//
6	191	//	//

2.2 컴퓨터 모델링

154[kV] 지중케이블에서 유기되는 전압, 전류를 해석하기 위한 해석모델의 주요 구성요소는 다음과 같다.

2.2.1 지중선로

지중선로를 구성하는 전력케이블은 선로구조, 선로 배치방법 등이 가공선로와는 다르며, 이것을 지중에 매설하는 방법에는 직매식, 관로식, 전력구식이 있다. 대상으로하는 해석모델은 케이블이 관로와 전력구에 배치된 경우이며, 관로에 배치된 경우는 지표면으로부터 2.5[m] 깊이의 직경 300[mm] 관로에 매설되어 있다.

케이블이 전력구에 배치된 경우는 동일 단면적을 갖는 등가 원통으로 표현하는 방법과, 전력구의 바닥을 대지로 간주하고 케이블이 기중에 설치된 것으로 표현하는 방법이 있다. 본 연구에서는 후자의 방법으로 대지저항율을 100(Ω -m)로 가정하고서 EMTP의 'CABLE CONSTANTS' 보조루틴을 사용해서 선로정수를 산출하였다.

2.2.2 시스 배치 및 접지

3상 케이블의 시스에 흐르는 순환전류를 감소시키기 위해서 송전선로 지중케이블에서는 약 300~500[m] 간격으로 크로스본딩을 하고 있다. 해석하고자 하는 지중케이블에서도 크로스본딩이 되어 있으며, 그림 2에 지중케이블의 시스 배치상태를 나타내었다.

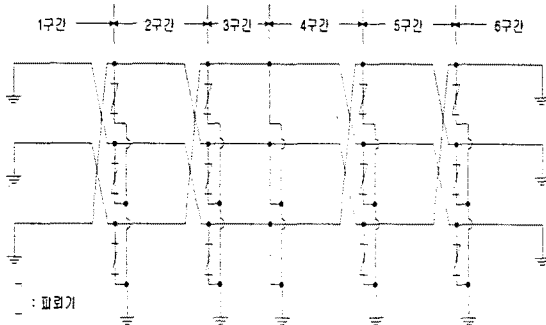


그림 2. 지중케이블의 시스 배치도

해석모델의 지중케이블은 4곳에서 크로스본딩이 되어 있고, 피뢰기를 통해서 일괄접지를 하고 있다. 또한, 구간3~구간4 사이에는 직접접지가 되어 있으며 케이블 인입부와 인출부에는 접지망(mesh)에 시스를 접지하고 있다. 접지망 임피던스 0.5(Ω), 직접접지 임피던스 10(Ω)으로 가정하였고 피뢰기는 무한대 임피던스로 모의하였다.

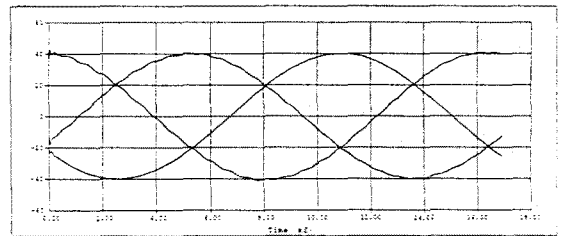
2.2.3 전원측 및 부하

전원측 모델은 154[kV] 등가전원과 등가 계통 임피던스로 구성하였다. 전원은 이상적인 3상 정현파와 전압원으로 모의하였으며, 계통임피던스는 상호 결합된 RL 등가회로로 모의하였다.

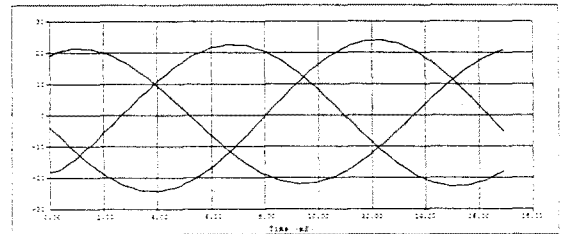
부하모델은 OF2000[mm²] 케이블의 관로식 허용 전류와 계통전압을 고려하였으며, 역률 0.9인 단상 RL 직렬부하로 모의하였다.

2.3 컴퓨터 시뮬레이션

해석모델(그림 1)에서 정상상태와 단상사고, 3상 사고가 발생하였을 경우의 시스전압과 시스전류를 EMTP를 사용해서 해석하였다. 단상사고는 도체와 시스의 단락과 부하에서의 일선지락으로 모의하였고, 3상사고는 3상도체와 시스의 단락과 부하에서의 3상단락으로 모의하였다. 모델계통이 정상적으로 동작하고 있을 때 구간1~구간2 사이의 크로스본딩된 지점에서 관측된 시스전압, 시스전류를 그림 3에 나타내었다.



(a) 시스전압



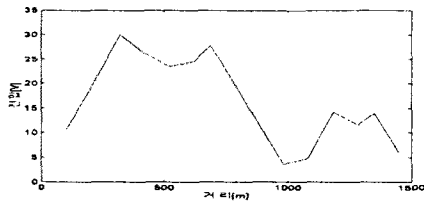
(b) 시스전류

그림 3. 정상상태의 시스전압, 전류파형

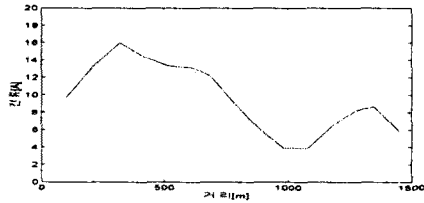
그림 3에서 보는 바와같이 정상상태 시스전압, 전류는 3상 정현파를 이루며, 실효값은 약 30[V], 17[A]로 각각 관측되었다.

3. 해석결과

154[kV] 지중케이블에 유기되는 전압, 전류를 정상상태와 고장상태로 나누어서 분석하였다. 도체에 최대 허용전류 송전시의 A상 시스전압, 전류 분포를 그림 4에 나타내었다.



(a) 시스전압

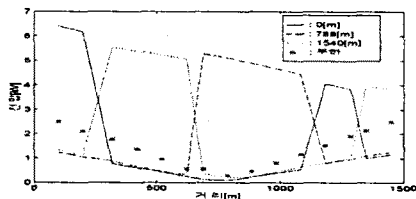


(b) 시스전류

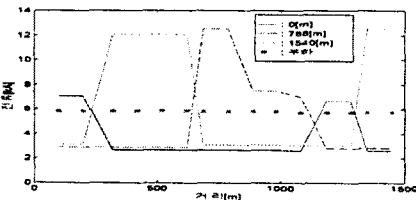
그림 4. 정상상태 시스전압, 전류

유기되는 시스전압의 최대값은 약 30[V]를 나타냈고, 직접 접지된 지점(982[m])에서는 약 3.5[V]로 최저값을 나타냈다. 또한, 정상상태에서 시스에 유기되는 전압과 전류는 비례함을 알 수 있다.

고장상태에서 시스전압, 전류분포는 단상사고와 3상사고로 나누어서 분석하였으며, 고장위치는 모선으로부터 0[m], 788[m], 1540[m] 떨어진 케이블에서 도체와 시스간의 고장과 부하에서의 사고로 모의 하였다. 단상사고시 사고상(A상)에서 관측한 시스전압, 전류분포를 그림 5에 나타내었다.



(a) 시스전압

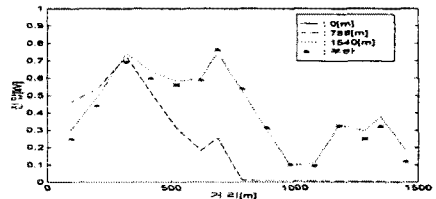


(b) 시스전류

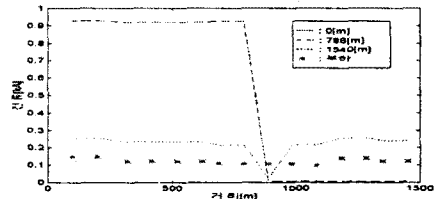
그림 5. 단상사고 시스전압, 전류

단상사고시 시스전압은 6.5[kV] 유기되었고 시스전류는 12.5[kA] 정도 유기되었다. 케이블에서 고장시 시스전압, 전류는 케이블 시스의 배치에 매우 크게 영향을 받으며, 부하에서 사고가 발생하였

을 경우에는 그 영향이 비교적 적음을 알 수 있다. 그림 6에 3상사고시 A상에서 관측된 시스전압, 전류분포를 나타내었다.



(a) 시스전압



(b) 시스전류

그림 6. 3상사고 시스전압, 전류

시스전압 0.8[kV], 시스전류 1[kA] 이하로서 단상사고에 비해서 매우 낮은 전압, 전류가 유기되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 대상계통을 증가화하여 154[kV] 지중케이블에서 유기되는 각 지점별 시스전압, 전류 분포를 해석하였다. 해석결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 지중케이블의 시스전압, 전류는 각 지점별로 다른 분포를 나타내며 정상상태에서는 허용범위를 초과하지 않았다.
2. 케이블에서 고장이 발생한다면 큰 시스전압, 전류가 유기되고, 이것은 3상사고보다 단상사고일 경우에 더 크게 발생하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] 윤재영, 정동학, 황치우, 박중신 외, "154[kV] 계통 케이블금속외장 유기전압 검토", EMTP Workshop, 6권, pp. 3-9, 1991.
- [2] OF 2000[mm²] 전력 케이블, 대한전선, 1990년.
- [3] F.L. Alvarado, R.H. Lasseter, W.F. Loang, Electromagnetic Transients Program(EMTP) Workbook, EPRI EL-4651, RP 2149-6, September 1986.