

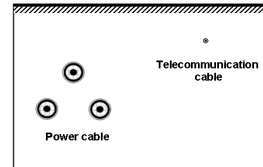
지중송전선로와 병행하는 기선통신선의 유도전압 분석

입광식, 장우석, 한창석, 홍동석, 유진선
대한전선

Analysis of Induced Voltage in Parallel Telecommunication Cables from Underground Power Cables

Kwang-Sik Lim, Woo-Seog Chang, Chang-Seok Han, Dong-Suk Hong, Jin-Seon Yoo
Taihan Electric Wire Co., Ltd.

Abstract - This paper covers induced voltage in parallel telecommunication cable with underground power cable to be linked between substations. The simulation was carried out the induced voltage in telecommunication cable according to the transposition of power cables and fault location for various conditions. This study based on the EMTP/ATPDraw with actual underground cable systems while the power cables are in steady state and transient state.



〈그림 2〉 지중송전케이블과 통신선 포설도

1. 서 론

국가적으로 전력사업은 경제발전과 더불어 증가하는 수요에 부응하기 위해 시설비의 용량확충 및 설비신설에 박차를 가하고 있다. 이와 같은 사업의 규모는 매우 광범위할 뿐만 아니라, 지리적인 조건으로 인하여 지중송전선로와 지중통신선으로는 불가피하게 근접, 교차, 병행하는 경우가 발생한다. 이로 인하여 지중통신선에서는 유도장해 문제가 발생한다[1-3].

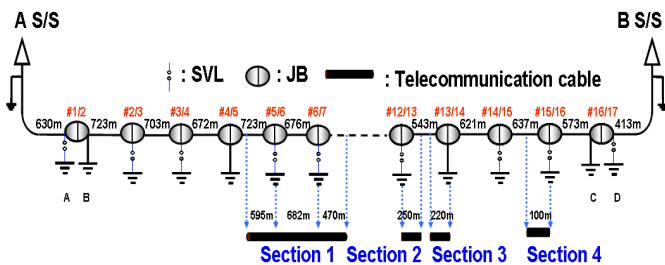
일반적으로 전력케이블과 통신선이 근접하게 설치될 경우에는 유도장해 문제가 발생한다. 이러한 유도장해 현상은 전력케이블의 전압에 의한 정전유도와 전류에 의한 전자유도로 구분할 수 있으며, 인접한 통신에 미치는 영향이 지나칠 경우 절연과피나 운용방해를 유발한다. 또한 인체에 대해서도 직, 간접적으로 위험을 초래한다. 특히, 전력케이블의 전자유도에 의한 인접한 통신선에 유도되는 전압은 이상전압 또는 전류를 흐르게하여 원하지 않는 잡음을 유발하므로 유도장해의 중요한 원인중의 하나이다[1-3].

따라서 본 논문은 지중송전선로와 병행하는 기선통신선으로의 유도전압특성을 EMTP/ATPDraw를 이용하여 정상상태 및 과도상태를 검토하였다.

2. 본 론

2.1 계통 모델링

본 논문에서 사용한 계통은 해외프로젝트중 하나이며, 실 계통의 데이터를 바탕으로 EMTP/ATPDraw를 이용하여 모델링 하였으며, 계통도는 그림 1과 같다.



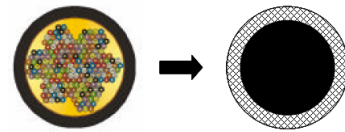
〈그림 1〉 계통도

2.1.1 전력케이블 모델링

지중선로는 소선절연된 220[kV] XLPE 2500[mm²] 케이블을 그림 2와 같이 삼각배열의 직매방식을 적용하여 선로공장을 약 11[km]를 모의하였다. 또한 선로정수는 ATP-LCC를 이용하여 100[Ωm]의 대지저항율과 50[Hz]의 주파수를 적용하여 계산하였다.

2.1.2 통신선 모델링

본 논문에서 적용한 통신선은 25-pair 비차폐 type을 케이블이다. 통신선은 다양한 형태 및 복잡한 선심구성을 가지고 있어서 전자계적인 현상, 도체간의 상호 인덕턴스와 캐패시턴스등을 전부 고려한 모델링은 EMTP/ATPDraw에서는 구현이 불가능하다. 따라서 본 시뮬레이션에서는 통신선의 사양을 최대한 반영하여 그림 3과 같이 모델링 하였다.



〈그림 3〉 통신선 모델링

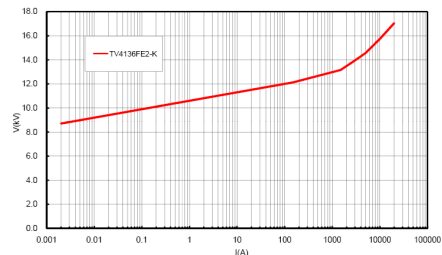
또한, 지중송전선로를 기준으로 하여 기선통신선의 기하학적인 위치에 대한 자세한 내용은 표 1과 같다.

〈표 1〉 기선통신선의 기하학적 위치

	기선통신선			
	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4
병행거리[m]	1747	250	220	100
이격거리[m]	2.38	4.3	4.89	6.58
매설깊이[m]	0.6	0.6	0.6	0.6

2.1.3 SVLs 및 접지

뇌 및 개폐서지의 유입시 지중케이블의 절연통과 방식층 보호를 위해 사용되고 ZnO성분으로 제조된 SVLs(Sheath Voltage Limiters)은 비선형소자인 Type-92을 사용하여 모델링하였다. SVLs의 결선방식은 Link box와 Concentric bonding lead를 이용하여 시스-대지간 접지방식을 적용하였다.



〈그림 4〉 SVLs의 V-I 특성곡선

접지저항은 양단변전소의 경우는 매쉬접지를 하므로 각각 0.31[Ω], 0.1[Ω]를 적용하였으며, 중간접속부는 10[Ω]를 적용하였다.

2.2 정상상태해석

본 절은 지중송전케이블과 기설통신선이 그림 1과 같이 구성된 계통에서 지중송전케이블의 도체연가의 시행유무에 따라 정상상태시 기설통신선의 유도전압특성을 분석하였다. 참고적으로 부하전류는 평형부하를 모델링하여 1750[A]를 적용하였다.

기설통신선의 유도전압(V_m)은 식(1)에 의해 계산되었으며, 각 노드전에서의 전압은 시뮬레이션 계산결과 값이다[2].

$$V_m = V_2 - V_1 \quad (1)$$

2.2.1 결과

표 2와 3은 지중송전케이블의 도체연가 시행여부에 따른 기설통신선의 유도전압 계산결과이다.

〈표 2〉 통신선의 유도전압(도체연가 무)

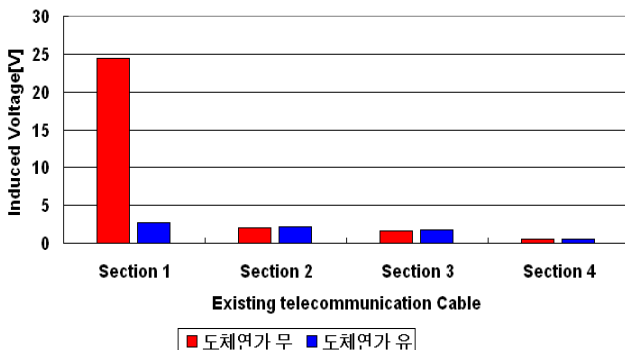
Section	병행거리 [m]	이격거리 [m]	노드 전압[V]		기설통신선의 유도전압[V]
			V_1	V_2	
1	1747	2.38	8.44 ∠ 150.61°	16.38 ∠ -7.23°	24.4 ∠ -14.78°
2	250	4.3	1.6 ∠ 34.40°	3.49 ∠ 12.76°	2.08 ∠ -3.65°
3	220	4.89	1.42 ∠ 33.07°	2.91 ∠ 14.33°	1.62 ∠ -1.91°
4	100	6.58	1.26 ∠ 26.21°	1.79 ∠ 17.35°	0.57 ∠ -2.07°

〈표 3〉 통신선의 유도전압(도체연가 유)

Section	병행거리 [m]	이격거리 [m]	노드 전압[V]		기설통신선의 유도전압[V]
			V_1	V_2	
1	1747	2.38	5.17 ∠ -179.5°	4.43 ∠ 148.93°	2.71 ∠ 59.45°
2	250	4.3	1.62 ∠ -119.4°	3.52 ∠ -146.4°	2.2 ∠ -165.9°
3	220	4.89	1.45 ∠ -125.2°	2.95 ∠ -148.2°	1.71 ∠ -167.5°
4	100	6.58	1.28 ∠ 99.21°	1.79 ∠ -89.2°	0.58 ∠ 66.4°

위에 표 2와 3을 통해 정상상태시 기설통신선의 유도전압은 병행거리 및 이격거리가 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또한, 그림 2와 같이 지중송전케이블의 도체연가 유무에 따른 기설통신선의 유도전압특성은 Section 1에서 약 89%의 저감효과를 나타내며, 나머지 Section에서 효과는 미비한 것으로 나타났다.

이는 Section 1의 기설통신선만이 지중송전선로의 도체연가 3spans을 따라 병행하였고 나머지 구간의 기설통신선은 선로길이가 짧아서 지중송전선로의 도체연가 3span을 병행하지 못하였기 때문으로 사료된다. 즉, 지중송전선로의 도체연가에 따른 통신선 유도전압 저감효과는 도체연가 3span을 병행하는 경우에만 그 저감효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.



〈그림 5〉 도체연가유무에 따른 기설통신선의 유도전압 비교

2.3 과도상태해석

본 절은 지중송전케이블과 기설통신선이 그림 1과 같이 구성된 계통에서 A상에 1선지락고장이 발생하는 경우 기설통신선의 유도전압특성을 분석한다. 단, 고장전류크기는 40[kA]를 적용하였다.

2.3.1 고장전류의 분배

표 4는 계통의 고장위치에 따른 케이블 도체호르는 고장전류를 나타낸 것이다. 표 4의 고장전류를 적용하여 기설통신선의 유도전압을 검토하였다.

〈표 4〉 고장위치에 따른 고장전류의 분배

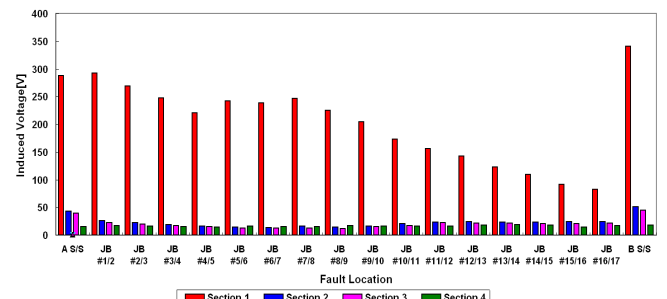
Fault Location	Fault Current[kA]		Fault Location	Fault Current[kA]	
	From A S/S	From B S/S		From A S/S	From B S/S
A S/S	30.1	9.9	JB #9/10	19.4	20.6
JB #1/2	29.0	11.0	JB #10/11	18.1	21.9
JB #2/3	27.8	12.2	JB #11/12	17.1	22.9
JB #3/4	26.6	13.4	JB #12/13	16.2	23.8
JB #4/5	25.4	14.6	JB #13/14	15.3	24.7
JB #5/6	24.2	15.8	JB #14/15	14.4	25.6
JB #6/7	23.0	17.0	JB #15/16	13.1	26.9
JB #7/8	21.8	18.2	JB #16/17	12.2	27.8
JB #8/9	20.6	19.4	B S/S	11.5	28.5

2.3.2 결과

표 4는 계통에 1선지락고장시 고장위치에 따른 기설통신선의 유도전압을 계산한 결과이다.

〈표 5〉 통신선 유도전압(1선지락 고장시)

고장위치	Section 1	Section 2	Section 3	Section 4
A S/S	288.3 ∠ -5.96°	43.2 ∠ -11.09°	39.7 ∠ -9.87°	15.5 ∠ 9.13°
JB #1/2	292.1 ∠ -162.1°	25.9 ∠ 139.66°	22.3 ∠ 137.07°	16.6 ∠ 117.73°
JB #2/3	269.3 ∠ -159.7°	22.7 ∠ 135.94°	19.3 ∠ 132.21°	15.8 ∠ 114.17°
JB #3/4	247.3 ∠ -157.2°	18.9 ∠ 123.72°	16.9 ∠ 125.82°	15.02 ∠ 110.36°
JB #4/5	220.7 ∠ -153.3°	16.3 ∠ 116.44°	15.4 ∠ 117.04°	14.3 ∠ 104.56°
JB #5/6	241.9 ∠ -160.6°	14.4 ∠ 106.74°	12.78 ∠ 106.74°	15.7 ∠ 98.35°
JB #6/7	238.9 ∠ -160.2°	13.7 ∠ 81.93°	12.4 ∠ 79.26°	15.2 ∠ 93.85°
JB #7/8	246.2 ∠ -164.3°	15.9 ∠ 44.2°	12.77 ∠ 64.71°	14.9 ∠ 87.88°
JB #8/9	225.5 ∠ -162.2°	14.3 ∠ 54.06°	11.49 ∠ 58.69°	16.6 ∠ 83.88°
JB #9/10	204.3 ∠ -159.9°	15.8 ∠ 43.69°	15.5 ∠ 40.86°	16.3 ∠ 79.92°
JB #10/11	173.4 ∠ -155.1°	20.2 ∠ 29.61°	17.4 ∠ 30.09°	16.5 ∠ 73.8°
JB #11/12	156.1 ∠ -152.1°	23.1 ∠ 47.41°	22.4 ∠ 44.51°	16.5 ∠ 70.46°
JB #12/13	142.6 ∠ -149°	24.6 ∠ 39.93°	21.5 ∠ 40.19°	18.2 ∠ 69.26°
JB #13/14	122.4 ∠ -142.4°	23.7 ∠ 91.97°	21.1 ∠ 90.24°	18.5 ∠ 65.76°
JB #14/15	109.7 ∠ -136.9°	23.2 ∠ 84.92°	20.8 ∠ 82.42°	17.6 ∠ 55.83°
JB #15/16	91.6 ∠ -123.8°	24.1 ∠ 70.62°	20.7 ∠ 73.43°	14.4 ∠ 53.13°
JB #16/17	82.9 ∠ -108.2°	24.5 ∠ 62.66°	21.07 ∠ 64.47°	16.6 ∠ 52.55°
B S/S	340.6 ∠ 174.5°	50.7 ∠ 169°	44.68 ∠ 168.91°	18.1 ∠ -172.6°



〈그림 6〉 고장위치에 따른 기설통신선의 유도전압 비교

그림 6은 고장위치에 따른 기설통신선의 유도전압을 나타낸 것이다. 기설통신선의 유도전압은 Section 1에서 가장 큰 값을 나타내며, 표 5의 고장전류분배, 병행거리와 이격거리에 따라 다르게 나타나는 것을 알 수 있다.

3. 결 론

지중송전선로와 병행하는 기설통신선의 유도전압을 분석한 결과는 다음과 같다.

- 정상상태시 지중송전선로의 도체연가는 기설통신선 유도전압에 저감효과가 있으며, 그 효과는 도체연가의 3span을 병행한 통신선에서만 나타난다.
- 정상 및 과도상태 해석결과 기설통신선유도전압은 각각의 제한치인 15V, 430V에 초과하지 않는다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김현수, "병행 배전선로에서의 유도전압에 관한연구", 2009
- [2] Ametani, "EMTP Simulations of Induced Voltage to an Underground Gas Pipeline and Its Countermeasure", 2005
- [3] Cigre, "Guide on the influence of high voltage AC power systems on metallic pipelines, 1995