

345kV 송전선로 철탑이 인근에 매설된 가스배관에 미치는 영향

*이현구, 하태현, 배정호, 김대경
한국전기연구원 지중시스템연구그룹

The Influence on GAS pipelines Buried in nearby Tower of 345kV Transmission Line

*H.G. Lee, T.H. Ha, J.H. Bae, D.K. Kim
KERI Underground Systems Group

Abstract - Because of the continuous growth of energy consumption and also the tendency to site power lines and pipelines along the same route, the close proximity of power lines and buried metallic pipelines has become more and more frequent. Therefore there has been and still is a growing concern about possible hazards resulting from the influence of power lines on metallic pipelines.

When a ground fault occurs in an electrical installation the current flowing through the earthing electrode produces a potential rise of the electrode and of the neighbouring soil with regard to a remote earth.

This paper analyzes the effects of ground faults when the current will flow into the soil from the foot of 345kV transmission line tower.

1. 서 론

산업화가 활발히 진행됨에 따라 전력과 가스 등의 에너지 수요가 기하급수적으로 증가하게 되었으며 이에 따라 송배전선로의 철탑과 근접한 거리에서 가스배관과 같은 지하 매설 배관이 병행 혹은 교차하는 구간이 서울을 비롯한 도심지를 중심으로 점차 많아지게 되었다.

345kV 송전선로 철탑 인근에 가스배관이 매설되어 있을 경우 송전선로에 고장이 발생하면 철탑 접지를 통해 대지 중으로 고장전류가 유입되며, 이 고장전류에 의해 대지전위가 상승하게 된다. 가스배관은 배관의 부식을 방지하기 위해 양호한 코팅이 되어 있으며, 인접한 가스배관 코팅 양단에 이 대지전위 상승에 의한 전위가 걸리게 된다. 이는 가스배관의 안전뿐 만 아니라, 작업자의 안전까지 위협하고 있다.

외국의 경우 1970년대 말부터 이와 관련된 연구가 진행되어 대책을 마련하고 있지만, 국내에서는 이에 대한 인식조차 미비한 실정이다. 본 논문에서는 고장전류에 의한 대지전위 상승이 가스배관에 미치는 영향을 해석하였다.

2. 이론적 배경

첨전원 $I[A]$ 에 의해 토양 중 임의의 P 지점에 대한 전위를 계산하는 식은 아래와 같다.[1]

$$V = \frac{I\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'} \right) \quad (1)$$

여기서, ρ 는 토양비저항, r 은 P 지점과 전류원과의 거리 그리고 r' 는 P 지점과 영상전류원과의 거리를 의미한다. 위 식은 고장전류에 의한 대지전위 상승을 해석하기 위해 본 논문에서 사용한 KWIKGRID® 프로그램의 기본방정식이다.[2]

3. 해석 상정조건

3.1 해석에 사용된 파라미터

345kV 송전선로 철탑 접지를 통해 고장전류가 토양에 유입될 때 인근에 매설된 가스배관에 미치는 영향을 해석하기 위해 사용된 철탑과 가스배관의 제원은 아래 표 1과 같다.

그리고 345kV 송전선로에 고장이 발생하여 철탑 접지를 통해 대지로 흘러 들어가는 전류의 크기는 8 [kA]로 가정하였다.

[표 1] 송전철탑과 가스배관의 제원

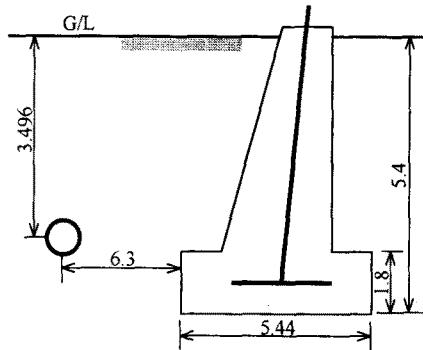
항 목	제 원	비 고
송전철탑	형	Cd4
	높이	42[m]
	기초형식	일반기초
가스배관	재질	API 5L Gr.X65
	직경	508[mm]
	두께	9.5[mm]
	저항률	0.159 [$\mu\Omega \cdot m$]
	상대투자율	232
가스배관 PE 코팅	저항	70 [$k\Omega \cdot m$]
	두께	1.75 [mm]
	상대유전체 상수	2.3

3.2 해석모델

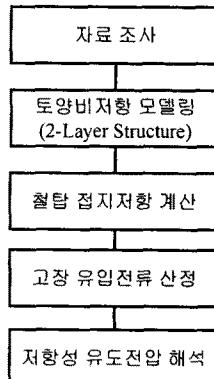
송전선로 철탑이 인근에 매설된 가스배관에 미치는 영향을 해석하기 위해 사용한 모델의 단면도는 아래 그림 1과 같다. 여기서 단위는 [m]이며 철탑 기초는 편의상 가스배관으로부터 가장 가까운 한 개만 나타내었다.

가스배관의 매설깊이는 3.496[m]이며, 철탑기초와의 근접거리는 약 6.3[m] 정도이다. 이때 철탑기초는 철근과 앵커(Anchor)가 분리된 것으로 가정하고 접지저항을 계산하였다.

그림 2는 해석의 개요를 나타내는 흐름선도이다. 송전선로의 철탑과 가스배관의 제원에 대한 조사를 수행한 후 토양비저항 측정치를 토대로 2-Layer 구조의 대지를 모델링한다. 그리고 철탑기초 형상을 입력하여 접지저항을 구한 뒤 고장전류를 산정하여 대지전위 변화를 해석한다.



(그림 1) 해석모델 단면도



(그림 2) 해석 흐름선도

4. 해석 결과

4.1 토양구조 모델링

토양비저항 측정에 가장 많이 사용되고 있는 Wenner 4전극법을 이용하여 측정된 토양비저항 값은 표 2와 같으며 지표면에 비해 심층의 토양비저항 값이 작았다.

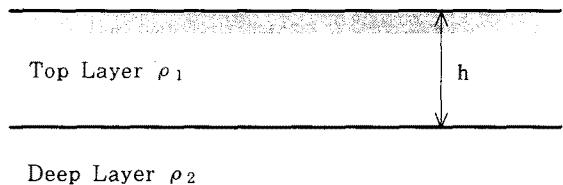
전극깊이가 전극간격에 비해 아주 작을 경우 토양비저항 ρ 는 아래 식에 의해서 구해진다.

$$\rho = 2\pi aR \quad (2)$$

여기서, a 는 전극간격이며 R 은 측정된 저항값이다. [3]

(표 2) 토양비저항 현장 측정치

전극간격 [m]	토양비저항 [$\Omega \cdot m$]	비고
1	132.14	
2	150.85	
3	139.51	
4	138.24	
6	84.83	
30	69.74	



(그림 3) 2-Layer 구조 대지

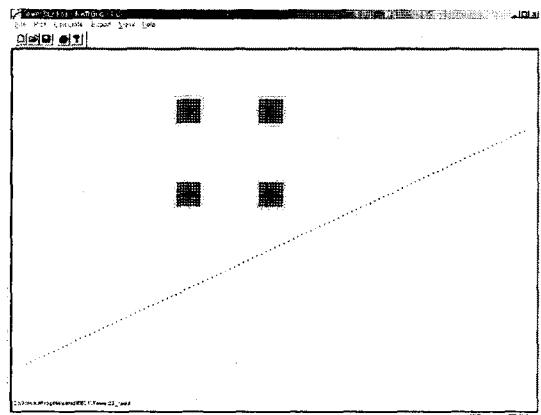
그림 3과 같은 2-Layer 구조의 대지로 모델링한 토양비저항 계산결과는 아래 표 3과 같다.

(표 3) 2-Layer 구조 대지 계산결과

항 목	계 산 값	비 고
ρ_1	150.83 [$\Omega \cdot m$]	
ρ_2	67.169 [$\Omega \cdot m$]	
h	2.951 [m]	

4.2 철탑 접지저항

그림 4와 같이 KWIKGRID® 프로그램을 이용하여 앞 절에서 계산한 2-Layer 구조의 대지에 철탑기초 형상을 입력하여 철탑 접지저항을 계산하면 3.2201 [Ω] 이었다.



(그림 4) 접지저항 해석

4.3 저항성 유도전압

앞 절에서 모델링한 철탑기초를 통해 8[kA]의 고장전류가 대지로 흘러 들어갈 경우 가스배관 표면의 전위를 해석한 결과는 그림 5와 같다. 철탑을 중심으로 가스배관을 따라 110[m] 구간을 해석한 결과 최대값은 4,487[V]이었으며, 최소값은 1,457[V]였다.

인체에 대한 안정성을 알아보기 위해 지표면에서 보폭전압과 접촉전압을 계산한 결과는 그림 6과 그림 7에 나타내었다. 가스배관 직상부에서 보폭전압의 최대치는 287[V]이었으며, 접촉전압의 최대치는 4,577[V]로 계산되었다.

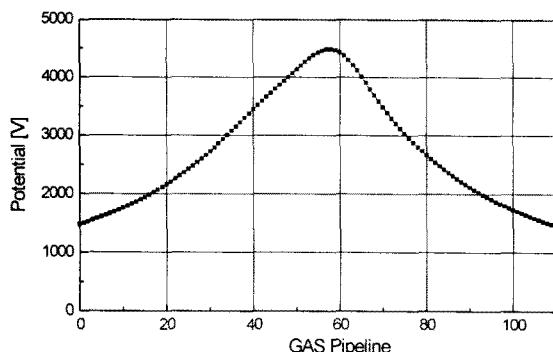
5. 결 론

본 논문에서는 345kV 송전선로 철탑 인근에 가스배관이 위치할 경우, 철탑 접지를 통해 대지로 흘러 들어가는 고장전류에 의한 대지전위 상승을 해석하였다.

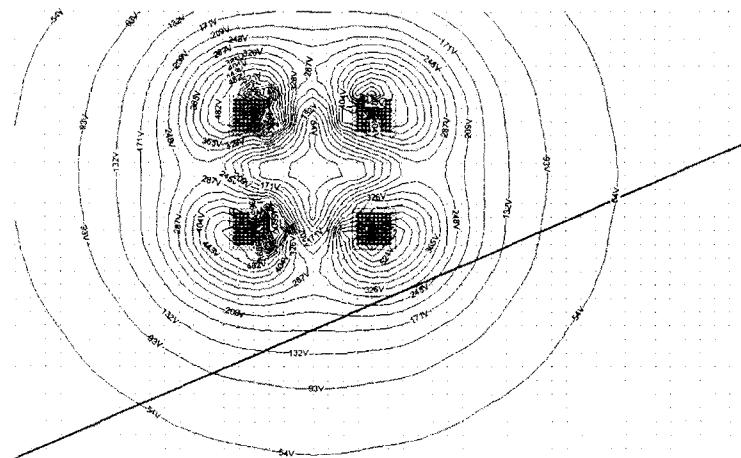
이를 통해 가스배관 코팅 양단에 높은 전압이 걸리게 되어 가스배관의 안정성을 위협할 뿐만 아니라 보폭전압과 접촉전압의 상승으로 인해 인체에도 위험을 끼칠 수 있음을 알 수 있었다.

(참 고 문 헌)

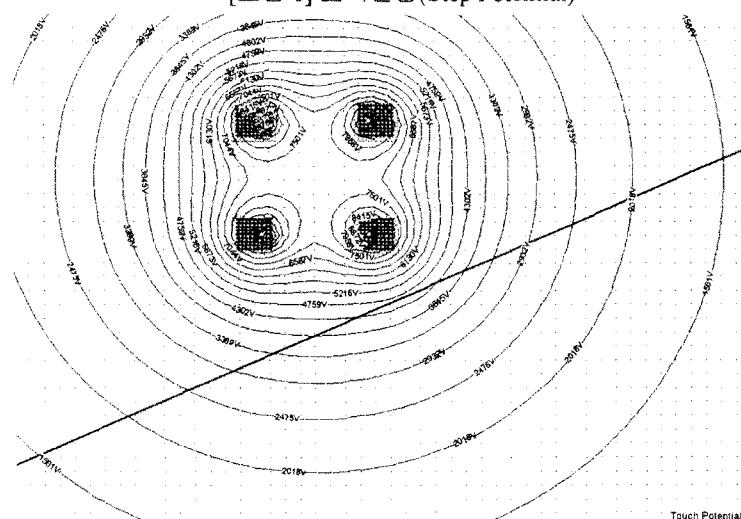
- [1] E.D. Sunde, "Earth Conduction Effects in Transmission Systems", D. van Nostrand Co. Inc., 1949
- [2] KWIKGRID® Reference Manual, Ground-it.com Consulting Ltd., March 11, 2001
- [3] "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of a Ground system", IEEE Std. 81-1983



(그림 5) 저항성 유도전압 해석결과



[그림 6] 보폭전압(Step Potential)



[그림 7] 접촉전압(Touch Potential)