

## 22.9kV 배전선로와 병행하는 가스배관의 유도성 유도전압 해석

\*이현구, 하태현, 배정호, 김대경  
한국전기연구원 지중시스템연구그룹

### Analysis of the induced voltage on the GAS pipelines buried in parallel with 22.9kV distribution 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.

Underground pipelines that run parallel to or in close proximity to power lines are subjected to induced voltages caused by the time-varying magnetic fields produced by the power line currents. The induced electro-motive force cause currents circulation in the pipeline and voltages between the pipeline and surrounding earth.

This paper analyzes the induced voltage on the gas pipelines buried in parallel with 22.9kV distribution lines. Their magnitude depends on the length of parallelism and on the distance between distribution lines and pipeline.

## 1. 서 론

산업화와 도시화가 활발히 진행됨에 따라 국토가 좁은 우리나라에서는 송배전선로와 지하에 매설된 금속배관이 인접하여 병행하는 구간이 급증하게 되었다. 이때 송배전선로 케이블에 전류가 흐르면 지하에 매설된 가스배관에 유도성 유도전압이 유기된다. 배관에 유도된 전압차에 의해 배관을 통해 전류가 흐르게 되며 이 전류는 배관의 코팅결합부를 통해 유출된다. 이와 같이 배관을 통해 유출되는 전류에 의해 배관에는 교류부식이 발생할 수 있으며, 교류부식에 의한 배관손상은 가스폭발사고와 같은 대형사고를 일으킬 수 있다.

외국의 경우 1970년대 말부터 이와 관련된 연구가 진행되어 전력선과 병행하는 매설배관을 보호하기 위한 여러 가지 저감대책을 마련하고 있지만, 국내에서는 이와 관련한 연구가 시작단계에 있는 실정이다.

본 논문에서는 배전선로와 가스배관이 병행하는 길이와 이격거리의 변화에 따른 가스배관의 유도성 유도전압을 해석하였다. 이때 전력선과 배관 사이의 병행거리가 길어질 경우 유한요소법과 경계요소법과 같은 수치해석법을 사용하여 해석하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서, 병행 구간의 등가회로 회로정수를 모델링하는 절점망해석법을 사용하여 유도전압을 해석하였다. 이를 통해 정상운전 중인 배전선로가 인근에 매설된 금속 배관에 미치는 영향을 파악할 수 있다.

## 2. 절점망해석법

### 2.1 개요

전력선을 통해 흐르는 전류에 의해 지하에 매설된 배관에 유도되는 전압을 해석하는 방법에는 유한요소법(Finite Element Method)과 경계요소법(Boundary Element Method) 등과 같은 수치해석법을 이용하는 방법과 절점망 해석법(Nodal Network Analysis)이 있다.

수치해석법의 경우 전력선과 배관 사이의 병행거리가 길어질 경우 컴퓨터 성능에 따라 계산시간에 많은 제약이 따르며 정확한 해석이 어렵다. 이에 반해 절점망 해석법은  $\pi$ 형 집중 등가회로 임피던스 행렬을 이용함으로써 적은 시간으로 보다 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문에 송 배전선로에 의해 배관에 유도되는 전압을 계산하는데 많이 활용되고 있다.[1]

### 2.2 이론적 배경

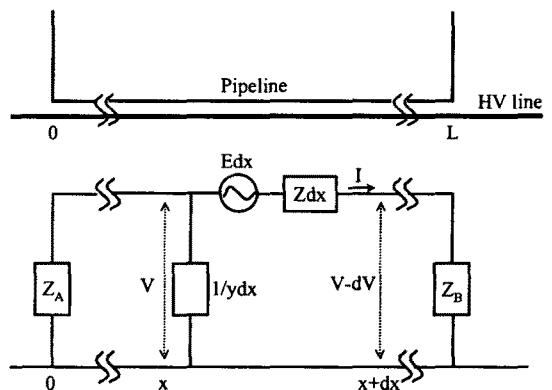
전력선과 병행하는 배관에 유도되는 전압을 해석하는 기본 식은 아래와 같다.

$$\frac{dV(x)}{dx} + ZI(x) - E = 0 \quad (1)$$

$$\frac{dI(x)}{dx} + YV(x) = 0 \quad (2)$$

여기서,  $Z$ 는 금속구조물과 대지와의 단위 길이당 임피던스,  $Y$ 는 금속구조물과 대지와의 단위 길이당 어드미턴스 그리고  $E$ 는 단위 길이당 금속구조물에 유도되는 전압이다.[2]

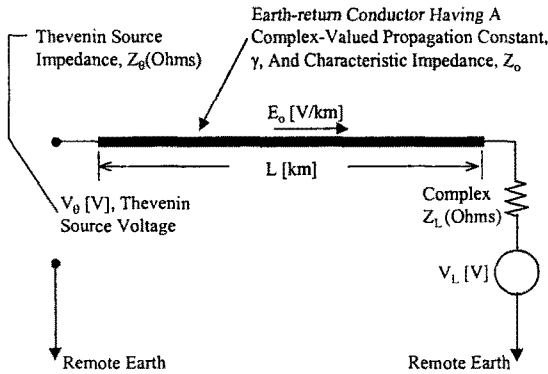
그림 1은 지하에 매설된 금속 배관과 병행하는 전력선의 영향을 나타내는 회로도이다.



(그림 1) 배관과 병행하는 전력선에 의한 유도

### 2.3 해석프로그램 개요

절점망해석법을 이용한 배관의 간접 해석용 프로그램인 CONIND™는 정상상태 및 고장발생시 병행하는 송·배전선로에 의해 지하에 매설된 배관에 유도되는 전압을 해석한다. 이 프로그램은 송·배전선로와의 병행상태에 따라 배관을 여러 조각(segments)으로 구분하고 테브난(Thevenin) 등가회로를 이용하여 유도 전압을 반복해서 계산한다. 따라서 해석을 위해서는 각각의 배관 조각과 병행하는 전력선 도체와의 결합관계를 입력하여야 한다. 또한, 대지전위상승 초기치를 고려할 수 있으므로 정확한 해석이 가능하다. 그림 2는 배관에 대한 테브난 등가회로 개념도이다. 전력선 도체와 병행하는 길이  $L$ [km]인 배관에 대하여 계산된 테브난 등가회로는  $V_\theta$ 와  $Z_\theta$ 이며, 또다른 인접한 배관 조각에 대한 테브난 등가회로는  $V_L$ 과  $Z_L$ 이 된다. 이때 배관의 직경, 두께, 코팅저항 및 토양비저항 등의 파라미터에 의해 특성임피던스  $Z_0$ 와 전파정수  $\gamma$ 가 결정된다.



(그림 2) 배관의 테브난 등가회로

### 3. 해석조건

22.9kV 배전선로와 병행하는 가스배관에 유도되는 유도전압을 병행길이와 이격거리에 따라 해석하기 위해 다음과 같은 해석조건을 사용하였다.

#### 3.1 해석에 사용된 파라미터

배전선로와 병행하는 가스배관에 유도되는 전압을 해석하기 위해 사용된 가스배관의 제원과 토양비저항값은 표 1과 같다. 여기서, 가스배관은 일반적으로 사용되는 30" 주공급관의 제작사양이며, 토양비저항값은 국내에서 접지 및 전기방식용 양극 설계 등에 일반적으로 쓰이는 값을 사용하였다. 또한 배전선로를 통해 흐르는 각상의 전류는 표 2와 같다. 여기서, 각 상의 전류 크기는 ACSR-OC160mm<sup>2</sup> 전선의 허용전류 값을 사용하였다.

#### 3.2 해석모델

가스배관과 전력선이 병행하는 거리와 이격거리에 따라 가스배관에 유도되는 전압을 해석하기 위해 사용된 해석모델의 단면도는 그림 3과 같다.

전선이 높이는 지표면으로부터 14[m]로 가정했으며, 각 상의 거리는 실제 적선주의 완결 설치공사 시 사용되는 값을 적용하였다. 3상이 평형상태일 경우를 해석하였으며, 지하에 매설된 가스배관에는 별도의 접지설비가 없이 배전선로와 일정한 이격거리를 두고 병행하는 것을 해석하였다. 또한 배관과 배전선로와의 이격거리는 전선

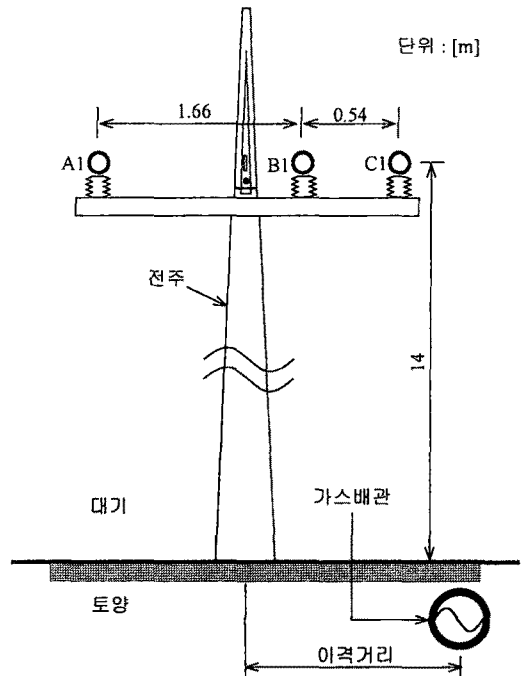
의 높이는 일정한 상태에서 전주와 배관 중심까지의 거리에 따른 변화를 해석하였다.

(표 1) 가스배관의 제원과 토양비저항

항 목	제 원	단 위	
가스배관	재질	Steel	
	직경	508	mm
	두께	9.5	mm
	저항률	0.159	$\mu\Omega \cdot m$
	상대투자율	232	
	매설깊이	2.0	m
가스배관 PE 코팅	저항	70	$k\Omega \cdot m'$
	두께	2.0	mm
	상대유전체 상수	2.3	
토양비저항	100	$\Omega \cdot m$	

(표 2) 배전선로의 상전류

상(相)	전류 [A]
A상	455
B상	-227.5-j394.04
C상	-227.5+j394.04

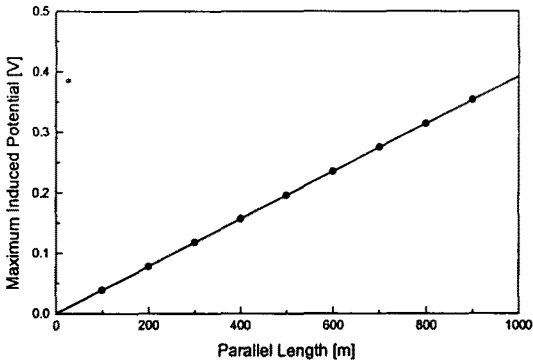


(그림 3) 해석모델 단면도

#### 4. 해석 결과

##### 4.1 병행길이에 따른 유도전압

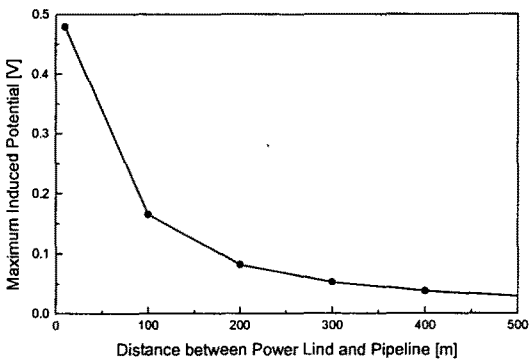
22.9kV 배전선로와 병행하는 가스배관이 병행할 때 병행길이에 따른 유도전압 해석 결과는 그림 4와 같다. 병행거리가 0부터 1,000(m)까지 증가할 때 가스배관에 유도되는 최대 전압도 0부터 0.392[V]까지 비례하여 증가함을 알 수 있었다.



(그림 4) 병행길이에 따른 유도전압

##### 4.2 이격거리에 따른 유도전압

22.9kV 배전선로와 병행하는 가스배관이 병행할 때 이격거리에 따른 유도전압 해석 결과는 그림 5와 같다. 이격거리가 0부터 500(m)까지 증가할 때 가스배관에 유도되는 최대 전압은 이와 반비례하여 0.479부터 0.029(V)까지 감소함을 알 수 있었다.



(그림 5) 이격거리에 따른 유도전압

#### 5. 결 론

본 논문에서는 22.9kV 가공 배전선로와 가스배관이 병행할 경우 가스배관에 유도되는 전압을 병행 구간의 증가회로 회로정수를 모델링하는 절점망해석법을 사용하여 해석하였다. 이때 유도전압의 크기는 첫째 운전상태별 송배전선로 전류, 둘째 전력선과 배관간의 이격거리 및 병행거리, 셋째 전력선 상배치 및 선종에 의해 결정된다. 배전선로와 배관간의 병행거리와 이격거리에 따른 유도전압을 해석한 결과 병행거리에는 비례하며, 이격거리에는 반비례함을 알 수 있었다. 이를 통해 정상운전 중인 배전선로가 인근에 매설된 금속 배관에 미치는 영향을 알 수 있었다.

향후에는 정상운전시 각 상의 불평형 정도와 토양비저항 등이 미치는 영향뿐만 아니라, 고장발생시 유도전압의 크기를 해석하고자 한다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] CONIND™ Reference Manual, Ground-it.com Consulting Ltd., April 10, 2000
- [2] CIGRE, "Guide on the Influence of High Voltage AC Power Systems on Metallic Pipelines", 1995
- [3] "Mutual Design Considerations for Overhead AC Transmission Lines and Gas Transmission Pipelines - Vol. 1 : Engineering Analysis", EPRI EL-904 Project 742 A.G.A Cat. No. L51278 Project PR 132-80 Final Report, Sep. 1978