

## 지중전력케이블에서 고장발생시 인근 가스배관에 유도되는 전압 해석

배 정 호 · 김 대 경 · 김 기 준\*

한국전기연구소, \*한국해양대학교  
(2000년 8월 14일 접수, 2000년 9월 7일 채택)

### Analysis of Induced Voltage on the Gas Pipeline at the Fault in a Underground Power Cables

J. H. Bae · D. K. Kim · K. J. Kim\*

KERI, 28-1, Seongju-Dong, Changwon 641-120, Republic of Korea  
\*Korea Maritime University,  
(Received 14 August 2000 ; Accepted 7 September 2000)

#### 요 약

최근 국내에서는 효율적인 공간활용을 위해 해저터널을 이용하여 전력을 공급하는 것이 시도되고 있으며, 해저터널내에 에너지 공급 기간시설물(전력케이블, 가스배관, 송유관, 지역난방배관 등)들이 같이 포설될 수 있으면 공사비 절감의 효과는 엄청날 것이므로 관심도가 높아지고 있다.

따라서 본 논문에서는 세계최초로 몰타르(Mortar)로 충전되어 있는 해저터널에서 전력케이블과 가스배관이 병행할 경우, 유도에 의한 교류부식에 대하여 검토하였으며, 아직 국내에는 유도전압 제한치가 마련되어 있지 않으므로 인·축의 안전적인 측면과 시스템의 보안적인 측면을 세심하게 검토하여 이에 대한 제한치를 정립하였고, 유도전압이 최소가 되도록 전력케이블의 상배치(相配置)를 최적으로 설계하였다. 이 결과들은 실 사례에 적용되었다.

**Abstract** - Because of the continuous growth of energy consumption, and also the tendency to site power lines and pipelines along the same routes, the close proximity of high voltage structures and metallic pipelines has become more and more frequent. Moreover, normal steady state and fault currents become higher as electric networks increase in size and power. Therefore, there has been and still is a growing concern(safety of people marking contact with pipeline, risk of damage to the pipeline coating, the metal and equipment connected to pipeline, especially cathodic protection system) about possible hazards resulting from the influence of high voltage power system on metallic structures(gas pipeline, oil pipeline and water pipeline etc.).

Therefore, we analyze the interference problems when the gas pipeline is buried with power cable in the same submarine tunnel. This paper present the results of the study about interference mechanism, AC corrosion, limitation of safety voltage and analysis of induction voltage.

**Key words** : AC Interference, Induction, Conduction, AC Corrosion

#### 1. 서 론

지중에 매설되는 금속배관의 간섭은 크게 직류간섭과 교류간섭으로 분류할 수 있다. 직류간섭은 지중에 매설되는 가스 배관, 열 배관 또는 기타 배관 사이의 전기방식(電氣防蝕) 전류에 의한 간섭이며, 교류간섭은 가공 전력선 그리고 지중 전력선과 같은 송배전선로에 의해 지중 배관에 유도되는 전압에 의한 간섭이다. 이때 교류간섭은 배관 및 배관 작업자의 안전성 측면뿐만 아니라 최근에 문제가 되고 있는 교류부식의 관점에서 큰 문제로 부각되고 있다.

시설물 사이에 어느 정도의 상호 이격거리가 확보 가능했던 과거에는 이격거리를 충분하게 정하여 엄격히 준수하는 것이 일반적이었으나, 최근에는 활용 가능한 공간이 점점 줄어들어 따라 어쩔 수 없이 최소한의 이격거리를 규정하고 있다. 이마저도 양 당사자간의 합의에 따라 적절한 보호 조치와 함께 이격거리를 점점 더 줄여가고 있는 실정이지만, 국내에서는 이에 대한 연구와 대책마련이 미비한 실정이다. 외국의 경우 1970년대 말부터 이와 관련된 연구가 활발히 수행되고 있으며, 현재 각각의 시설물에 대하여 상호 간섭을 고려한 설계와 시공이 이루어지고 있다.

본 논문에서는 교류간섭의 종류, 교류부식 그리고 우

† 주저자 : jhbae@keri.re.kr

리 나라 및 외국에서 적용하고 있는 교류간섭의 제한 범위를 조사하고, 아울러 해저터널 내부에서 함께 병행하는 송배전선로에서 1선지락 사고가 발생할 경우와 정상 운전 시 가스배관에 유도되는 전압을 해석하였다. 이 결과는 지하에 매설되는 금속배관과 송배전선로 상호간의 간섭에 의해 유도되는 전압을 고려한 설계와 시공을 하는데 귀중한 자료로 활용될 것이며 특히, 해저터널과 같이 근접 병행하는 경우에는 안전적인 측면에서 교류부식에 의한 영향검토가 반드시 선행되어야 하므로 활용도가 더 클 것으로 기대된다.

## 2. 교류간섭 종류

교류간섭은 간섭의 지속시간을 기준으로 나누거나, 또는 간섭의 메카니즘 별로 나눌 수 있다. 즉, 간섭의 지속시간을 기준으로 나누면, 주로 지속시간이 0.5초 이내인 단기 간섭(Short-Term Interference)과 지속시간이 0.5초 이상인 장기 간섭(Long-Term Interference)으로 나눌 수 있으며, 간섭의 메카니즘 별로 구분하면 다음과 같이 용량성 간섭, 저항성 간섭 그리고 유도성 간섭으로 나눌 수 있다.[1]

### 2.1. 용량성 간섭(Electrostatic Interference)

전력케이블을 통해 흐르는 교류전압에 의해 형성된 전계의 영향으로 인근 도체에 전위를 발생시키는 현상을 말한다.

### 2.2. 저항성 간섭(Resistive Interference)

전기적인 접촉이나 아크 또는 고장전류 혹은 토양 내부의 표유전류에 의해 형성된 지역적인 전위경도에 의해 인근 도체에 전위가 발생하는 현상을 말한다.

### 2.3. 유도성 간섭(Electromagnetic Interference)

전력케이블의 고장전류 또는 상시 운전전류에 의해 전력선 주위에 형성된 자계의 영향으로 인근 도체에 전위가 발생하는 현상을 말한다.

## 3. 교류부식

### 3.1. 교류부식 개요

1980년대 중반까지도 교류가 강(鋼)의 부식 원인이 될 수는 있지만 부식률은 직류에 비해서 아주 적을 뿐만 아니라, 전기방식설비를 갖추면 완벽하게 부식을 방지할 수 있다고 알려졌다.

그러나 Kulman은 염화나트륨, 황산나트륨, 50[Hz], 100[A/m<sup>2</sup>] 조건의 실험에서 강의 AC부식률은 0.4[mm/a](16[mpy])으로 나타났으며, 토양비저항 1000[Ω·cm], AC 10[V] 환경 하의 코팅 배관에 2.5[cm] 직경의 코팅 결함부가 발생할 때에 부식이 발생하였다고 보고하고 있다.

Bruckner는 60[Hz], steel, 4종류 토양, 75~750[A/m<sup>2</sup>]의 조건에서 실험을 통해 부식률은 전류밀도의 증가에 따라 2~6배까지 증가한다고 했다.

독일에서는 16·2/3[Hz]의 15kV AC전원 레일시스템과 병행하는 1980년에 준공된 폴리에틸렌 코팅이 된 배관의 두 곳에 부식으로 인해 구멍이 발생했다. Prinz는 부식원인을 단상 전철시스템(Single Phase Traction

System)으로부터 유입된 교류전류라고 보고했다. 그러나 그곳의 Instant-Off 전위는 -1.0[V/SCE]였으며, 부식 생성물의 pH는 10이었다. 즉, 6년 동안 독일 DIN 30676 표준 음극방식기준인 -0.850[V/CSE]를 만족시킴에도 불구하고 0.8[mm/a]의 부식률로 부식이 진행되었다는 것이다.[2]

1987년 스위스에도 16·2/3[Hz]의 전철선과 병행하는 폴리에틸렌 코팅된 천연가스 배관이 교류에 의해 부식이 발생하였다.

1993년 프랑스, Ragault에서도 400[kV], 50[Hz]의 전 원선과 3[km] 구간 병행하는 폴리에틸렌 코팅된 100[mm] 직경, 6[km] 연장 배관의 31군데에서 AC부식을 발견했다고 보고했다.

북미, 캐나다에서도 Wakelin에 의해 매설한지 4년밖에 되지 않은 배관이 교류부식에 의해 평균 부식률이 1.4[mm/a]였다고 보고되었다.[3, 4]

따라서 상기와 같이 교류부식은 초창기에는 직류에 비해 부식률이 매우 낮고 무시되었으나, 최근 그 중요성이 부각이 되고 있어 이에 대한 연구가 활발해지고 있는 추세라고 할 수 있다.

### 3.2. 교류 전류밀도에 따른 부식률

Helm과 Pinz는 실험결과 교류 전류밀도에 따른 부식 가능성을 아래와 같이 정리하였다.

- 20[A/m<sup>2</sup>] 미만 : 부식가능성 거의 없음
- 20~100[A/m<sup>2</sup>] : 예측하기 어렵지만, 발생가능성 있음
- 100[A/m<sup>2</sup>] 이상 : 부식

Gustav Peez도 20~100[A/m<sup>2</sup>]에서의 부식률이 1.3[mm/a]라고 보고하였으며, Hartmann은 현장조사 보고서에서 모래흙의 토양비저항이 20,000[Ω·cm], 코팅손상부면적이 74~165[A/m<sup>2</sup>] 조건에서 시공한지 6개월에서 2년 된 배관의 부식률이 0.4[mm/a]라고 보고함으로써 Helm과 Pinz의 주장을 증명하였다.

### 3.3. 코팅결함부의 영향

AC부식률은 AC전류밀도와 직접적으로 관계가 있는 것으로 나타나기 때문에 AC부식에서 코팅결함부의 크기와 토양비저항은 아주 중요한 요소가 된다.

Peez와 Prinz는 코팅결함부의 면적에 따른 부식성을 아래와 같이 정리하였다.

- 1[cm<sup>2</sup>] 이하 : 저항이 크기 때문에 부식발생 안함
- 1~3[cm<sup>2</sup>] : 부식
- 3[cm<sup>2</sup>] 이상 : 전류밀도가 적기 때문에 부식발생 안함

### 3.4 교류부식 측면에서의 해석조건

상기의 내용을 종합해보면, 토양비저항이 낮고, 유도 전압이 높으며, 코팅결함부의 크기가 1~3[cm<sup>2</sup>]인 경우에 부식이 발생하였다. 즉, 유도 전압이 높고 토양비저항이 낮다는 것은 유출하는 전류의 밀도가 높다는 것을 의미하며, 이 유출 전류의 밀도가 20[A/m<sup>2</sup>] 이상이면 부식이 발생할 수 있어 부식 가능성은 매우 높다고 판단하는 것이 일반적이다.

따라서, 우리 나라의 경우 일반적인 토양에서 20[A/m<sup>2</sup>]의 전류가 흐를 수 있는 조건은 아래와 같다.

$$V \geq (\rho \cdot \pi \cdot d \cdot J) / 8 \quad (1)$$

여기서,  $\rho$  : 토양의 저항률  $100[\Omega \cdot m]$   
 $\pi$  : 3.14  
 $d$  : 코팅 결합부의 직경  $0.01[m]$   
 $J$  : 전류밀도  $20[A/m^2]$   
 따라서  $V \geq 7.85[V]$

즉, 우리 나라의 일반적인 환경(토양비저항  $100[\Omega \cdot m]$ )에서는 교류유도전압이  $7.85[V]$  이상이면 부식을 일으킬 가능성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

#### 4. 유도전압 제한치

일반적으로 교류에 의한 간섭은 인축의 안전적인 측면과 시스템의 보안적인 측면이 함께 고려되어야 한다. 이때 시설물에 유도되는 전압이 각각의 제한치를 넘지 않아야 된다.

##### 4.1. 인축의 안전

###### 4.1.1 정상상태

인축의 안전측면에서 지하배관에 정상상태에서 상시로 유도되는 교류전압에 대한 규정으로써 NACE International(National Association of Corrosion Engineers International)에서 발행한 RP0177-83 "Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems"이 널리 사용되고 있다. 이 규정에서는 지하배관에 유도되는 교류전압의 크기를  $15[V]$  이내로 제한하고 있다.

###### 4.1.2 과도(고장)상태

인축의 안전측면에서 지하배관에 고장전류 등의 과도 상태에서 순간적으로 유도되는 교류전압에 대한 규정은 보통 허용전압이  $587[V]$ , 접촉 허용전압이  $422[V]$ 로 되어 있다.[5]

##### 4.2. 시스템의 보안

###### 4.2.1 정상상태

정상상태에서 상시로 유도되는 교류전압에 대한 시스템의 보안문제는 교류부식의 관점에서 해석되어야 하

며, 교류부식은 직류부식에 의한 것 보다 심각하지 않다고 보고하고 있지만, 앞장의 교류부식에서 검토한 바와 같이 토양비저항이  $100[\Omega \cdot m]$ , 코팅결합부 직경이  $0.01[m]$ , 전류밀도가  $20[A/m^2]$ 인 조건에서 유도전압이  $7.85[V]$  이상이 되면 배관이 부식될 수 있는 것으로 검토되었다.

###### 4.2.2 과도(고장)상태

정상상태에서 순간적으로 유도되는 교류전압은 코팅을 파괴시킬 수 있으므로 이에 대한 규정을 살펴보면, NACE에서 인용한 미국 전력연구소(EPRI; Electric Power Research Institute) 보고서에서  $3\sim 5[kV]$ 로 규정하고 있으며 용융 결합 에폭시(Fusion Bonded Epoxy)인 경우에는 이 값보다 상당히 높다고 보고되고 있다. 상기 내용을 종합하면 Table. 1과 같이 정리할 수 있다.

#### 5. 유도전압 해석과 상정조건

##### 5.1. 개요

전력케이블을 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 전력케이블과 배관 사이의 병행거리가 길어질 경우 컴퓨터 성능, 시간에 많은 제약이 따르며 정확한 해석이 어렵다. 이에 반해  $\pi$ 형 집중 등가 회로 임피던스 행렬을 이용하는 절점망 해석법은 적은 시간으로 보다 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문에 송·배전 선로에 의해 배관에 유도되는 전압을 계산하는데 많이 활용되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 절점망 해석

Table. 1 유도전압 제한치

구분	대 상	유도 지속시간	규 정 치	비 고
간섭	인축의 안전	정상상태	15[V]	NACE
		과도(고장)상태	587[V]	IEEE Std 80, Step Voltage
	422[V]		IEEE Std 80, Touch Voltage	
	시스템 보안	정상상태	7.85~39.25[V]	토양비저항: $100[\Omega \cdot m]$ 전 류: $20[A/m^2]$ 코팅손상직경: $1[cm]$
과도(고장)상태		3~5[kV]	EPRI	

법을 이용하여 전력계통에 의한 교류간섭을 해석하는 프로그램인 TACLINK<sup>®</sup>라는 상용 프로그램을 이용하여 유도전압을 해석하였다.[6]

##### 5.2. TACLINK<sup>®</sup>

교류간섭 해석용 프로그램은 1979년 EPRI/AGA에서 수행한 "Mutual Design Considerations for Overhead AC Transmission Lines and Gas Transmission Pipelines"란 연구결과를 토대로 개발되고 있다. 본 연구의 유도전압 해석에 사용된 프로그램 역시 EPRI 연구의

기본방정식에서 얻어진 알고리즘을 사용하여 개발한 것이며, 토양비저항의 변화 및 고장전류가 흐를 경우 변전소 접지에 의한 토양전위 상승 등을 해석할 수 있는 장점을 가진 최신 버전이다.[7] 가스배관에 유도되는 전압 해석에 사용된 TACLINK<sup>®</sup>의 개요는 Table 2와 같다.

Table 2. 유도전압 해석에 사용된 프로그램의 개요

프로그램	TACLINK <sup>®</sup>
사용언어	C++
제조사	Ground-it.com Consulting Ltd.
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력선에 의한 지중 가스배관의 유도전압 해석</li> <li>- 유도성 결합(Inductive Coupling)</li> <li>- 도전성 결합(Conductive Coupling)</li> <li>- 토양비저항을 고려한 유도전압 해석</li> <li>- 다양한 상(相)배치에 따른 유도전압 해석</li> <li>- 전력선 고장 시 유도전압 해석</li> </ul>

5.3. 해석 상정조건

5.3.1 해석모델

본 연구에서는 총연장 200[m] 길이의 해저터널 구간을 가스배관과 송배전선로가 병행할 경우에 가스배관에 유도되는 전압을 해석하였다. 해저터널의 제원은 Table 3과 같으며, Fig. 1과 같이 100[m] 간격으로 나누어 각각의 절점에서  $\pi$ 형 집중등가회로 임피던스 행렬을 계산하였다. 즉 터널 내부에서 병행하는 154[kV] 지중T/L 2회선(6개 도체, 6개 Sheath), 22.9[kV] 지중D/L 4회선(12개 도체, 12개 Sheath)과 지하배관 등 총 37개 도체에 대하여 각각의 절점에서 임피던스를 계산하였다. 154[kV] 지중 T/L의 케이블 임피던스는 200[MW] 용량에 역률 0.9일 경우에, 22.9[kV] 지중 D/L의 케이블 임피던스는 10[MW] 용량에 역률 0.9일 경우에 계산한 값을 사용하였다. 고장전류는 50[kA]로 상정하여 해석하였다.

Table 3. 해저터널 제원

항목	제원
병행길이	200[m]
송배전선로	154kV T/L 2회선 22.9kV D/L 4회선
가스배관	PE코팅된 30[inch] 직경의 고압강관
PVC Duct	$\phi$ 200[mm] 7[hole] $\phi$ 175[mm] 7[hole]
비고	관보호용 Air Mortar 충전

5.3.2 해석에 사용된 파라미터

가스배관 등가회로 계산에 사용된 파라미터는 Table 4에 정리하였다. 여기서 토양비저항 값은 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 100 [ $\Omega \cdot m$ ]를 입력하였으며, 배관 금속의 상대투자율과 비저항은 각각 300과 0.17 [ $\mu\Omega \cdot m$ ]

로 하였다. 그리고 코팅저항은 배관의 사용기간에 따라 1부터 1.000까지의 값을 가지며, 본 해석에서는 100 [ $k\Omega \cdot ft^2$ ]로 하였다. 기타 GMR (Geometric Mean Radius)과 Rac 등의 전력케이블 도체 파라미터들은 EPRI에서 발간한 "Transmission Line Reference Book"의 데이터를 사용하였다.[8]

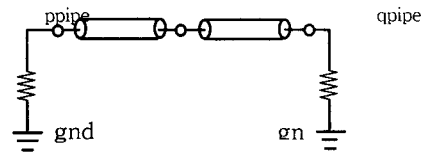
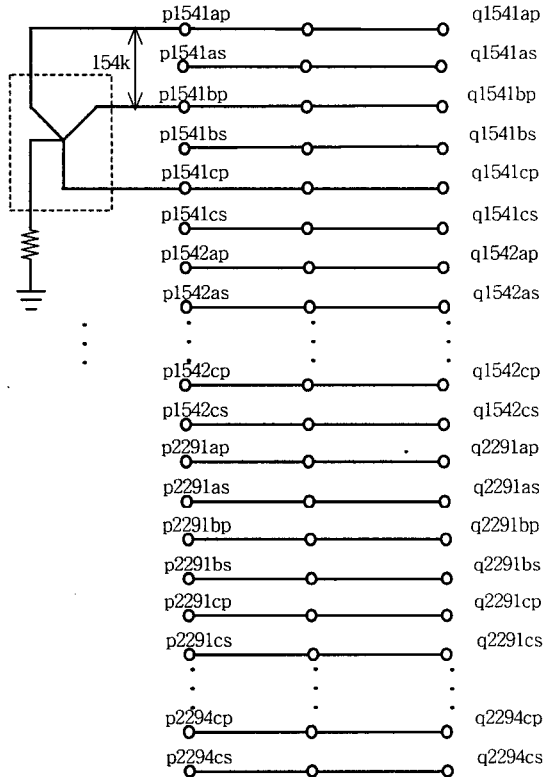


Fig. 1. 해저터널 병행 구간 해석모델 개념도

Table 4. 가스배관 등가회로 계산에 사용된 파라미터

파라미터	기호	입력값	비고
토양비저항		100 [ $\Omega \cdot m$ ]	
가스배관 금속 투자율	mu	300	
가스배관 비저항		0.17 [ $\mu\Omega \cdot m$ ]	
코팅 저항	R <sub>coat</sub>	100 [ $k\Omega \cdot ft^2$ ]	
코팅 투자율	coat_perm	2.4	

6. 해석결과

6.1. 정상상태 해석결과

TACLINK<sup>®</sup>를 이용하여 지중전력케이블에 흐르는 전류에 의해 지하에 매설된 가스배관에 유도되는 전압을 해석한 결과는 Table 5와 같다. 정상상태에서의 해석결과로써 해저터널에서 유도전압 크기는 창원 G/S 측 가스배관 말단지점인 P 지점에서 0.997[V]로 나타났다. 창원 G/S에서 사천G/S 구간 중 유도전압의 최대치는 마산 G/S 인근에서 4.656[V]이었다. 해석조건에서 ○, ×는 해저터널 양단에서 T/L, D/L 그리고 배관(ppipe, rpipe)과 접지와의 연결 유무를 나타낸 것이며, 유도전압이 가장 작은 상배치로 해석하였다. 지중케이블 Sheath와 접지를 Open시킬 경우 Floating Error가 발생하므로 154kV T/L의 경우 100,000[Ω], 22.9kV D/L의 경우 250,000[Ω]을 입력하여 해석하였다.

Table 6부터 Table 8과 같다. 해저터널 말단의 1선지락은 p1541bp와 p1541bs 그리고 r1541bp와 r1541bs 각각에 대하여 양단에 0.001[Ω]의 저항을 연결하여 해석하였으며, 해저터널 중앙의 1선지락은 q1541bp와 q1541bs 양단에 0.001[Ω]의 저항을 연결하였다. 해석조건에서 T/L, D/L 그리고 배관(ppipe, rpipe)의 ○, × 표시는 T/L, D/L 그리고 배관의 해저터널 양단과 접지와의 연결 유무를 나타낸 것이다. 예를 들어 p(T/L, D/L)의 ○표시는 p1541as, p1541bs, ..., p2294bs, p2244cs가 접지와 연결되었음을 의미하고, ppipe와 rpipe의 ○표시는 가스배관에 CI가 설치되었음을 의미한다. 1선지락이 발생할 경우 고장전류에 의한 유도전압 최대치는 약 386[V] 정도로 계산되었다. 송배전선로에 접지를 하지 않은 것을 해석하기 위해 Sheath와 접지간에 T/L은 100,000[Ω], D/L은 250,000[Ω]의 저항값을 입력할 경우 변전소 접지로 대부

Table 5. 정상상태 해석결과

해석조건				ppipe	qpipe	rpipe	비 고
p(T/L, D/L)	ppipe	rpipe	r(T/L, D/L)				
○	○	○	○	0.850919	0.618298	0.403189	
○	○	○	×	0.890907	0.689698	0.532572	
○	○	×	○	0.938648	0.713076	0.509039	
○	○	×	×	0.908852	0.713022	0.563985	
○	×	○	○	0.972708	0.747161	0.541001	
○	×	○	×	0.943665	0.747014	0.592223	
○	×	×	○	0.996385	0.774396	0.574166	
○	×	×	×	0.964667	0.774280	0.628453	
×	○	○	○	0.827142	0.618237	0.453646	
×	○	○	×	0.890903	0.689698	0.532578	
×	○	×	○	0.908852	0.713022	0.563985	
×	○	×	×	0.908849	0.713022	0.563992	
×	×	○	○	0.943665	0.747014	0.592223	
×	×	○	×	0.943662	0.747014	0.592229	
×	×	×	○	0.964667	0.774280	0.628453	
×	×	×	×	0.964663	0.774280	0.628460	

6.2. 고장상태 해석결과

해저터널 구간에서 1선지락이 발생하여 고장전류가 흐를 때 가스배관에 유도되는 전압의 해석 결과는

본의 전류가 흘러 나가기 때문에 배관에 유도되는 전압은 작다.

Table 6. 해저터널 말단(p1541bp-p1541bs) 1선지락 발생 시 해석결과

해석조건				ppipe	qpipe	rpipe	비 고
p(T/L, D/L)	ppipe	rpipe	r(T/L, D/L)				
○	○	○	○	281.455451	12.857713	303.176604	
○	○	○	×	18.361877	0.893521	20.110513	
○	○	×	○	264.579762	35.427765	322.480134	
○	○	×	×	17.210587	2.118558	21.296721	
○	×	○	○	297.762343	5.132235	288.006020	
○	×	○	×	19.449254	0.901548	19.082449	
○	×	×	○	280.855489	16.218876	305.662914	
○	×	×	×	18.267523	0.999976	20.249850	
×	○	○	○	335.488918	17.316541	363.774321	
×	○	○	×	0.822525	0.619004	0.441752	
×	○	×	○	315.726727	42.408885	385.238530	
×	○	×	×	0.909035	0.715087	0.550530	
×	×	○	○	355.361667	5.977057	344.087902	
×	×	○	×	0.941014	0.746788	0.578865	
×	×	×	○	335.120366	19.468324	365.143988	
×	×	×	×	0.964861	0.775268	0.614278	

Table 7. 해저터널 말단(r1541bp-r1541bs) 1선지락 발생 시 해석결과

해석조건				ppipe	qpipe	rpipe	비 고
p(T/L, D/L)	ppipe	rpipe	r(T/L, D/L)				
○	○	○	○	281.234740	12.845897	302.935025	
○	○	○	×	19.460552	0.901777	19.092781	
○	○	×	○	264.372660	35.397763	322.222949	
○	○	×	×	17.220652	2.119478	21.308321	
○	×	○	○	297.529041	5.130346	287.776120	
○	×	○	×	19.460552	0.901777	19.092781	
○	×	×	○	280.635643	16.203997	305.418915	
○	×	×	×	18.278206	1.000076	20.260814	
×	○	○	○	335.429983	17.312341	363.707865	
×	○	○	×	0.822538	0.619004	0.441741	
×	○	×	○	315.671381	42.400098	385.168146	
×	○	×	×	0.909047	0.715085	0.550519	
×	×	○	○	355.299235	5.977274	344.024910	
×	×	○	×	0.941028	0.746788	0.578856	
×	×	×	○	335.061614	19.463607	365.077135	
×	×	×	×	0.964873	0.775267	0.614268	

Table 8. 해저터널 중앙(q1541bp-q1541bs) 1선지락 발생 시 해석결과

해석조건				ppipe	qpipe	rpipe	비 고
p(T/L, D/L)	ppipe	rpipe	r(T/L, D/L)				
○	○	○	○	281.345255	12.851812	303.055984	
○	○	○	×	18.367209	0.893565	20.115988	
○	○	×	○	264.476361	35.412783	322.351722	
○	○	×	×	17.215619	2.119017	21.302520	
○	×	○	○	297.645860	5.131294	287.891231	
○	×	○	×	19.454903	0.901662	19.087614	
○	×	×	○	280.745725	16.211445	305.541085	
○	×	×	×	18.259930	1.001299	20.244955	
×	○	○	○	335.459558	17.314447	363.741209	
×	○	○	×	0.822532	0.619004	0.441747	
×	○	×	○	315.699155	42.404505	385.203461	
×	○	×	×	0.909041	0.715086	0.550525	
×	×	○	○	355.330565	5.977167	344.056516	
×	×	○	×	0.941021	0.746788	0.578860	
×	×	×	○	335.091097	19.465972	365.110678	
×	×	×	×	0.964867	0.775268	0.614273	

7. 결 론

터널 내부에서 병행하는 154[kV] 지중T/L 2회선과 22.9[kV] 지중D/L 4회선에 의해 배관에 유도되는 전압을 정상운전 시와 1선지락 발생 시에 대하여 해석하였다.

본 연구결과는 송배전선로에 의해 가스배관에 유도되는 전압계산에 활용될 것이며, 지하에 매설되는 금속배관과 송배전선로 상호간의 간섭에 의해 유도되는 전압을 고려한 설계와 시공뿐 만 아니라, 해저터널 내부의 가스배관과 지중 송배전선로의 병행시공을 가능하게 함으로써 막대한 터널공사비 절감과 부지난 해소에 이바지 할 것으로 사료된다.

향후에는 가공 송배전선로와 병행하는 지하 매설 금속배관에 유도되는 전압과 고장전류 발생 시 유도전압 해석이 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국전기연구소 “음극방식시스템의 전압, 전류분포 연구” 한국가스공사 연구개발원, 1995.

[2] DIN 30676: Planung und Anwendung des Kathodischen Korrosionsschutzes für den Aubenschutz, Ausg. Okt. 1985.  
 [3] Stalder, F., "Pipeline Failures, Materials Science Forum", Vol. 247 (1997) pp. 139-146.  
 [4] Ragault, I., "AC Corrosion Induced by VHV Electrical Lines on Polyethylene Coated Steel Gas Pipelines", NACE International, Corrosion '98, Paper No. 557, 1998.  
 [5] IEEE Guide for Satety in AC Substation Grounding, ANSI/IEEE Std 80-1986  
 [6] "Principles and Practices of Electrical Coordination Between Pipelines and Electric Supply Lines", CAN/CSA-C22.3 No. 6-M91  
 [7] "TACLINK<sup>®</sup>, CONIND<sup>™</sup> Reference Manual", Ground-it.com Consulting Ltd., 2000  
 [8] EPRI, "Transmission Line Reference Book", Second Edition, Revised, 1987  
 [9] "Cathodic Protection considerations for Pipelines with AC Mitigation Facilities" PRC International Corrosion Supervisory Committee. Jan. 1999.