

전력케이블과 가스배관의 병행구간에 대한 교류부식 영향 검토 연구(II)

論 文

51C-2-4

A Study on The Effects of AC Corrosion on Underground Gas Pipeline Running Parallel with High Power Cables (Case II)

裴 廷 孝* · 河 泰 鉉* · 李 鉉 求* · 金 大 景*

(Jeong-Hyo Bae · Tae-Hyun Ha · Hyun-Goo Lee · Dae-Kyeong Kim)

Abstract - We have been analyzed the interference problems already in steady state, especially AC corrosion when the gas pipeline is buried with power cable in the same submarine tunnel. In the next stage, we analyze the induced voltage in a fault condition of 154[kV] underground T/L. This paper presents the results of them which are limitation of safety voltage, modeling of power cables, gas pipeline and grounding systems, analysis of induced voltage in a fault condition, and protection of power line system.

Key Words : AC Interference, Induction, Conduction, AC Corrosion

1. 서 론

최근 국가 기간 시설들의 증가로 부지난은 더욱 심각해지고 있다. 특히, 도심지역에는 전력선과 이웃하는 시설물(가스배관, 송유관, 상하수도관 등)들이 혼잡하게 시설되고 있는 실정이다. 이 때 필연적으로 발생하는 문제가 각 시설물 사이의 간섭 문제이다.[1,2,3] 즉, 가공 전력선 또는 지중 전력선과 지중 매설물 사이의 교류간섭은 그 시설물과 작업자의 안전성 측면에서 매우 중요하게 고려되어야 한다. 실제로 전력케이블과 가스배관이 병행하는 경우에, 가능하면 유도에 의한 간섭이 최소가 되도록 시공하는 것이 안전을 고려할 때도 반드시 필요하며, 향후 전력케이블의 부하증가 등의 주변환경 변화에 대처하기 위해서도 유도전압이 작게 설계하는 것이 바람직하다.

국내에서는 세계 최초로 건설될 예정이며 송·배전선로와 가스배관이 동시에 해저터널 내에 포설되는 경우에 대하여 정상상태에서의 유도전압을 해석하고 인·축의 안전과 시스템의 보안 측면에서 검토한 바 있다.[4] 이러한 해저터널은 공사비가 막대하므로 가능하면 한번 시공으로 많은 시설물이 동시에 포설되면 획기적으로 경비를 절감할 수 있으므로 최근 많이 채택하려는 시도가 이루어지고 있다. 그리고 공기 중에 노출된 공동구 형태의 터널에는 시설물이 병행하는 사례는 많으나, 같은 터널 내에 몰타르(Mortar)로 충전되어 있으면서, 전력케이블과 가스배관의 최소 이격거리가 64[cm])로 매우 가깝게 병행하는 경우는 세계 최초이다. 그러나 이러한 시공법은 정상상태 뿐만 아니라 154[kV] 송전선로의 1선 지

락 사고시에도 병행하는 가스배관의 안정성이 보장되어야만 현장에 적용될 수 있다.

따라서 본 논문에서는 그 동안의 교류간섭에 대한 연구와 정상상태에서의 유도전압해석 결과를 바탕으로 154[kV] 송전선로의 지락 사고시 병행하는 가스배관에 유도되는 전압을 해석하고 인·축의 안전 및 시스템의 보안과 전력계통의 안전성에 대하여 분석하였다.

2. 과도(고장)상태에서의 교류유도 전압 제한치

일반적으로 교류에 의한 간섭은 인·축의 안전한 측면과 시스템의 보안적인 측면이 함께 고려되어야 한다. 이때 시설물에 유도되는 전압이 각각의 제한치를 넘지 않아야 된다.

2.1 인·축의 안전

인·축의 안전측면에서 지하배관에 고장전류 등의 과도상태에서 순간적으로 유도되는 교류전압에 대한 규정은 ANSI/IEEE Std 80-1986 규정에 의하면 보폭 허용전압이 587[V], 접촉 허용전압이 422[V]로 되어 있다.[5]

2.2 시스템의 보안

과도상태에서 순간적으로 유도되는 교류전압은 코팅을 파괴시킬 수 있으므로 이에 대한 규정을 살펴보면, NACE에서 인용한 미국 전력연구소(EPRI; Electric Power Research Institute) 보고서에서 3~5[kV]로 규정하고 있으며 용융 결합에폭시(Fusion Bonded Epoxy)인 경우에는 이 값보다 상당히 높다고 보고되고 있다.

상기 내용을 종합하면 과도(고장)상태에서의 교류유도 전압 제한치는 표 1 과 같이 정리할 수 있다.

* 正 會 員 : 韓國電氣研究院 地中시스템연구그룹

接受日字 : 2001年 9月 19日

最終完了 : 2001年 12月 19日

표 1. 유도전압 제한치(고장 발생시)

Table 1. The limitations of induction voltage in fault condition

구분	대상	유도지속시간	규정치	비고
간섭	인·축의 안전	과도/고장 상태	587[V]	IEEE Std 80, Step Voltage
			422[V]	IEEE Std 80, Touch Voltage
	시스템 보안	과도/고장 상태	3~5[kV]	EPRI

3. 유도전압 해석과 상정조건

3.1 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.[6]

수치해석법의 경우, 전력케이블과 배관 사이의 병행거리가 길어질 경우 컴퓨터 성능, 시간에 많은 제약이 따르며 정확한 해석이 어렵다. 이에 반해 π 형 집중 등가회로 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 해석법을 이용하여 전력계통에 의한 교류 간섭을 해석하는 프로그램인 TACLINK[®], CONIND[™]라는 상용 프로그램을 이용하여 유도전압을 해석하였다.[7]

3.2 해석 상정조건

3.2.1 해석모델

본 논문에서는 그림 1 과 같이 총연장 200[m] 길이의 해저터널 구간에서 가스배관과 송·배전선로가 병행할 경우를 모의하였다. 해저터널의 제원은 표 2 와 같으며, 가스배관에 유도되는 전압을 해석하기 위하여 그림 2 와 같이 100[m] 간격으로 나누어 각각의 절점에서 π 형 집중등가회로 임피던스 행렬을 계산하였다. 즉 터널 내부에서 병행하는 154[kV] 지중 T/L 2회선(6개 도체, 6개 Sheath), 22.9[kV] 지중 D/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.

3.2.2 해석에 사용된 파라미터

배관의 등가회로 계산에 사용된 파라미터를 요약하면 표 3 과 같다. 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]

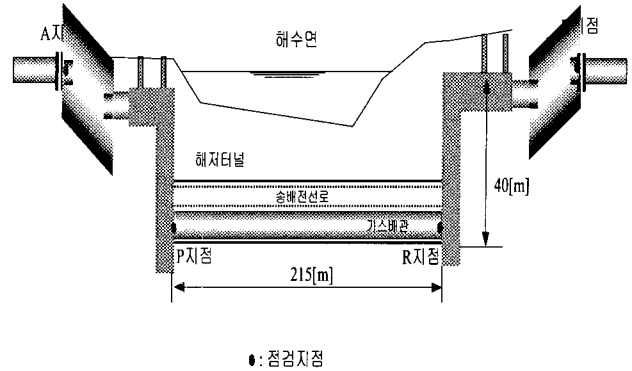


그림 1. 해저터널의 개념도

Fig 1. The schematic diagram of the submarine tunnel

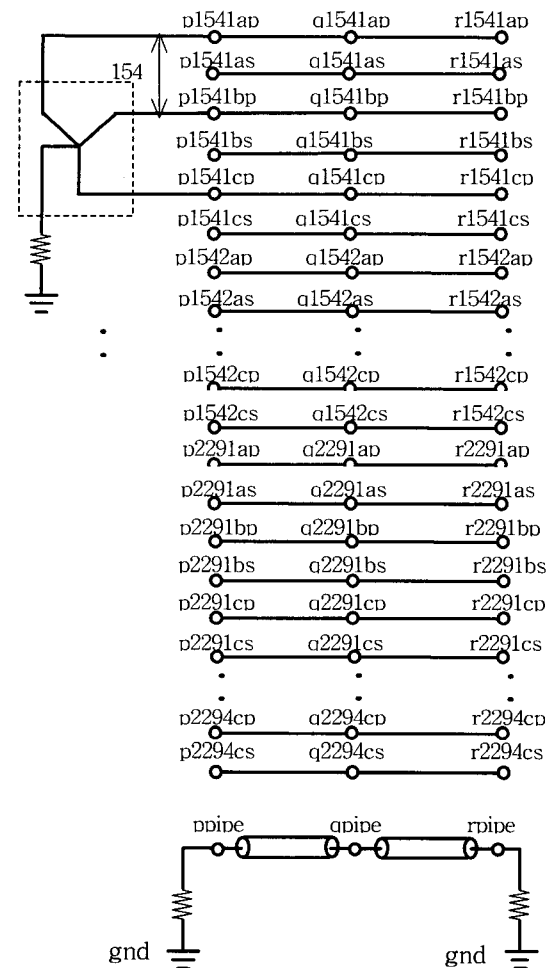


그림 2. 해저터널 병행 구간 해석모델 개념도

Fig 2. The modeling diagram of power cables and gas pipeline in submarine tunnel

표 2. 해저터널 제원

Table 2. The specifications of submarine tunnel

항 목	제 원
병행 길이	200[m]
송·배전 선로	154kV T/L 2회선 22.9kV D/L 4회선
가스 배관	PE코팅된 30[inch] 직경의 고압강관
PVC Duct	φ 200[mm] 7[hole] φ 175[mm] 7[hole]
비 고	관보호용 Air Mortar 충전

표 3. 가스배관 등가회로 계산에 사용된 파라미터

Table 3. The parameters of equivalent circuit for gas pipeline

파라미터	기 호	입력값
토양비저항		100 [$\Omega \cdot m$]
가스배관 금속 투자율	mu	300
가스배관 비저항		0.17 [$\mu\Omega \cdot m$]
코팅 저항	R _{coat}	100 [$k\Omega \cdot ft^2$]
코팅 투자율	coat_perm	2.4

4. 해석 결과 및 분석

4.1 유도전압 해석 결과

해저터널 구간에서 1선 지락이 발생하여 고장전류가 흐를 때 가스배관에 유도되는 전압의 해석 결과는 표 4 에서 표 6 까지와 그림 3 에서 그림 5 까지와 같다. 해저터널 말단의 1선 지락은 p1541bp와 p1541bs 그리고 r1541bp와 r1541bs 각각에 대하여 양단에 0.001[Ω]의 저항을 연결하여 해석하였으며, 해저터널 중앙의 1선 지락은 q1541bp와 q1541bs 양단에 0.001[Ω]의 저항을 연결하여 해석하였다. 해석조건에서 T/L, D/L 그리고 배관(ppipe, rpipe)의 ○, × 표시는 T/L, D/L 그리고 배관의 해저터널 양단과 접지와 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. 1선 지락이 발생할 경우 고장전류에 의한 유도전압 최대치는 약 386[V] 정도로 계산되었다. 송·배전선로에 접지를 하지 않은 것을 해석하기 위해 Sheath와 접지간에 T/L은 100,000[Ω], D/L은 250,000[Ω]의 저항값을 입력하였으며, 이 경우 가스배관에 유도된 전류는 대부분 변전소 접지로 흘러 나가기 때문에 실제로 가스배관에 유도되는 전압은 낮게 되는 것으로 분석되었다.

표 4. 해저터널 말단(p1541bp-p1541bs) 1선 지락 발생 시 해석결과

Table 4. Results of induced voltage when a power located at the end of submarine tunnel(p1541bp-p1541bs) is fault

해석조건				ppipe	qpipe	rpipe
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

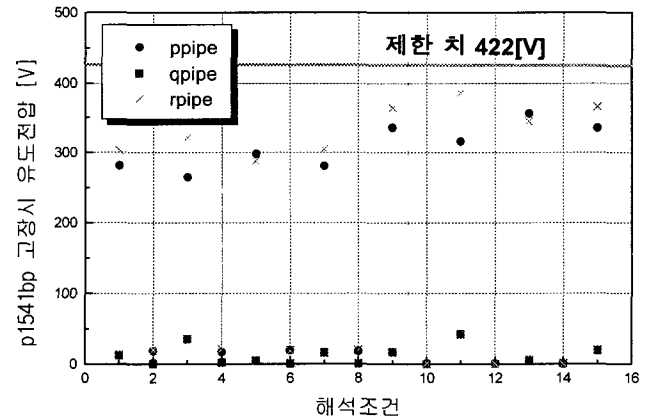


그림 3. 해저터널 말단(p1541bp-p1541bs) 1선 지락 발생 시 해석결과 그래프

Fig 3. Graph of induced voltage when a power located at the end of submarine tunnel(p1541bp-p1541bs) is fault

4.2 해석 결과 분석

4.2.1 인·축의 안전

과도상태에서의 유도전압 해석결과, 최대치가 386[V]이므로 인·축의 안전 제한치인 422[V]보다 낮다. 따라서 작업자가 가스배관을 접촉하여도 안전하다.

표 5. 해저터널 말단(r1541bp-r1541bs) 1선 지락 발생 시 해석결과

Table 5. Results of induced voltage when a power located at the end of submarine tunnel(r1541bp-r1541bs) is fault

해석조건				ppipe	qpipe	rpipe
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

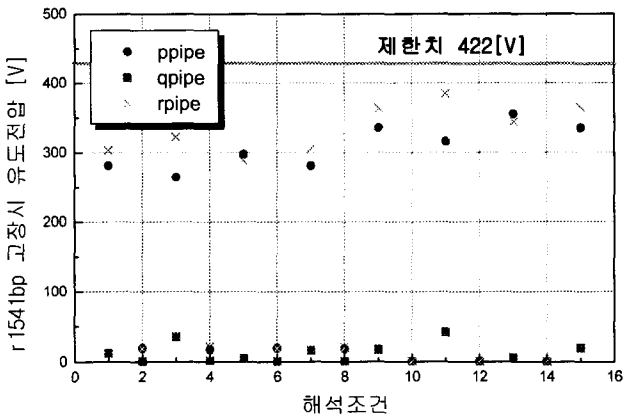


그림 4. 해저터널 말단(r1541bp-r1541bs) 1선 지락 발생 시 해석결과 그래프

Fig 4. Graph of induced voltage when a power located at the end of submarine tunnel(r1541bp-r1541bs) is fault

4.2.2 시스템 보안

유도전압은 그 크기에 따라 인-축 뿐만 아니라 주변 기기 등의 시스템에 영향을 줄 수 있으므로 시스템의 보안 측면에서의 검토가 필요하다. 본 논문에서는 가스배관 교류부식, 가스배관의 코팅, 가스배관의 용융, 절연 플랜지 등에 대하여 유도전압의 영향을 검토하였다. 이들 각각에 대한 분석결과는 다음과 같다.

표 6. 해저터널 중앙(q1541bp-q1541bs) 1선 지락 발생 시 해석결과

Table 6. Results of induced voltage when a power located at the middle of submarine tunnel(q1541bp-q1541bs) is fault

해석조건				ppipe	qpipe	rpipe
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

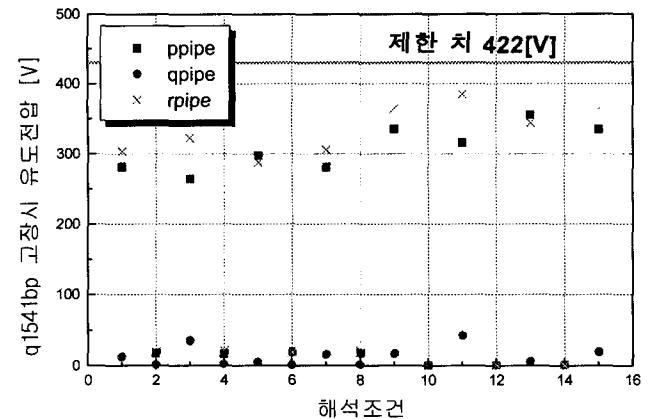


그림 5. 해저터널 중앙(q1541bp-q1541bs) 1선 지락 발생 시 해석결과 그래프

Fig 5. Graph of induced voltage when a power located at the middle of submarine tunnel(q1541bp-q1541bs) is fault

4.2.2.1 가스배관 교류부식

정상상태에서 유도전압의 최대치는 0.997[V]로써 가스배관의 교류부식 측면에서의 제한치인 7.85[V]보다 낮게 해석되었다.[4] 그리고 과도상태는 2초 이내에 발생하므로 교류부식 측면에서는 무시해도 좋으므로 가스배관은 안전하다.

4.2.2.2 가스배관 코팅

정상상태 혹은 과도상태에서 순간적으로 유도되는 교류전압은 코팅을 손상시킬 수 있다. 이에 대한 규정을 살펴보면, KSD3589와 KSC2105에서는 가스배관의 PE 코팅이 절연 파괴되는 전압을 30[kV]/1±0.1[mm]로 규정하고 있다. 미국 부식엔지니어 협회(NACE)에서 인용한 미국 전력연구원(EPRI; Electric Power Research Institute) 보고서와 Southey에 의하면 3~5[kV]로 규정하고 있으며, 용융 결합 에폭시(Fusion Bonded Epoxy)인 경우에는 이 값보다 상당히 높다고 보고하고 있다. 그러나 본 논문에서는 안전을 위해 보전적 값인 3[kV]로 제한치를 설정하였다. 유도전압 해석결과, 고장전류에 의해 약 386[V]가 유기되므로 코팅 내전압의 3[kV]보다 충분히 작은 값이기 때문에 가스배관의 코팅은 안전하다.

4.2.2.3 가스배관 용융

가스배관의 용융현상은 일반적으로 드문 경우이기는 하지만 고장전류에 의해 가스배관의 용융(Melting)이 발생할 수도 있다. 만일 지중에서 전력선의 지락이 생겨 고장전류가 발생하면 토양을 통해 전도성 통로가 형성되고 이 경로를 따라 토양에서 이온화 현상이 일어난다. 이때 토양을 이온화하기 위해서는 최소 임계 전압이 필요한데, 이 임계 전압의 크기는 전력선의 전압과 토양비저항에 좌우된다.

임계 전압 이상이 되면 아크가 발생하며, 이 현상으로 생기는 섬광의 거리는 Sunde 방정식에 의해서, 비저항에 따라 아래 식과 같이 계산된다.[9,10]

$$\rho < 100 [\Omega \cdot m] \text{인 경우}$$

$$r = 0.08\sqrt{I_{ac} \times \rho} \quad (1)$$

$$\rho > 1,000 [\Omega \cdot m] \text{인 경우}$$

$$r = 0.047\sqrt{I_{ac}\rho} \quad (2)$$

여기서, r = 아크가 발생하는 거리[m]

ρ = 토양비저항 [$\Omega \cdot m$]

I_{ac} = AC 고장전류[kA]

Webster의 실험으로 증명되었듯이 강(steel)의 용융이나 관통은 전류의 지속시간, 전류의 형태, 코팅 두께, 코팅 결합부의 크기, 그리고 파이프의 두께에 영향을 받는다. 아크 발생 후에 용융된 배관은 빠른 냉각에 의해 그 지점의 강도가 강해져 균열과 수소취화에 민감하게 된다. 예를 들어 본 논문 구간의 해저터널 내에서 전력케이블과 가스배관 사이의 최단거리가 64[cm]라면 이 거리 사이에 아크가 도달할 수 있는 전류의 크기는 토양비저항이 100 [$\Omega \cdot m$]이므로 (식 1)을 사용하여 계산하면 아래와 같이 산출된다.

$$I_{ac} = \frac{\left(\frac{r}{0.08}\right)^2}{\rho} = \frac{\left(\frac{0.64}{0.08}\right)^2}{100}$$

$$\approx 0.64[\text{kA}] = 640[\text{A}] \quad (3)$$

이것은 케이블 지락사고가 발생하여 640[A] 이상의 전류가 토양으로 유입되면 가스배관까지 아크가 도달할 수 있다는 것을 의미한다. 그러나 본 논문에서는 유도전압 해석결과, 154[kV] T/L의 1선 지락이 발생하여 전류가 토양을 통해 배관으로 인입하는 가혹한 조건을 가정하더라도 640[A]를 넘지 않는 것으로 분석되었다.

더욱이 전력케이블의 각상의 외부를 PVC가 감싸고 있으며, 케이블과 PVC 사이에 공기가 있어 절연효과를 더 높이기 되므로 아크에 의한 용융 위험성은 없다고 판단된다.

4.2.2.4 절연 플랜지

가스배관의 절연 플랜지는 절연저항계(1,000[Vdc])로 측정하였을 때, 절연 플랜지 양단의 저항이 25[M Ω]이상이어야 하고, 5,000[Vac], 60[Hz]의 전압을 1분 동안 흘렸을 때 절연 플랜지 양단에 섬락(Flash Over) 혹은 파괴가 일어나지 않아야 한다.

유도전압 해석결과, 고장전류가 발생한 경우 약 386[V]가 유기되므로 절연 플랜지의 내전압인 5,000[Vac]보다 충분히 작아 절연 플랜지는 안전하다.

5. 결 론

본 논문에서는 해저터널 병행구간에서 154KV 송전선로의 1선 지락 시에 가스 배관에 유도되는 전압을 해석하였다. 해저터널 내 고압전력케이블에 의한 가스배관의 안전성 측면에서 연구결과를 요약하면 아래와 같다.

- (1) 정상상태 시 유도전압 해석결과, 유도전압 최대치가 0.973[V]로 해석되었다. 따라서, 이 값은 가스배관의 교류부식측면에서의 제한치인 7.85[V]보다 충분히 낮으므로 가스배관은 안전하다.
- (2) 고장상태 시 유도전압 해석결과, 유도전압 최대치가 386[V]로 해석되었다. 따라서 이 값은 인·축의 안전적인 측면에서의 제한치인 422[V]보다 낮으므로 배관 작업자는 안전하며, 가스배관의 코팅 내전압인 3[kV]보다도 충분히 낮으므로 가스배관도 안전하다.
- (3) 가스배관 용융 측면에서 살펴보면, 유도전압 해석결과에서 배관말단에 접지를 연결한 경우에 약 30[A]정도의 전류가 흐른다. 따라서 154kV T/L의 1선 지락이 발생하여 토양으로 유입되는 전류의 크기는 가혹한 조건을 감안하더라도 640[A]를 넘지 않을 것이므로 가스배관은 안전하다.
- (4) 절연 플랜지 측면에서 살펴보면, 유도전압 해석결과에서 고장전류가 386[V]로 유기되므로 절연 플랜지의 내전압인 5,000[Vac]보다 충분히 낮으므로 가스배관은 안전하다.

본 논문의 연구결과는 송·배전선로에 의해 가스배관에 유도되는 전압계산에 활용될 것이며, 지하에 매설되는 금속배관과 송·배전선로 상호간의 간섭에 의해 유도되는 전압을 고려한 설계와 시공뿐 만 아니라, 해저터널 내부의 가스배관과 지중 송·배전선로의 병행시공을 가능하게 함으로써 막대한 터널공사비 절감과 부지난 해소에 이바지 할 것으로 사료된다. 또한 향후 유사한 현장 시공에 중요한 기초자료로 활용 될 것이다

참 고 문 헌

- [1] DIN 30676: Planung und Anwendung des Kathodischen Korrosionsschutzes für den Auenschutz, Ausg. Okt. 1985
- [2] Stalder, F., "Pipeline Failures, Materials Science Forum", Vol. 247 (1997) pp. 139-146.
- [3] Ragault, I., "AC Corrosion Induced by VHV Electrical Lines on Polyethylene Coated Steel Gas Pipelines", NACE International, Corrosion '98, Paper No. 557, 1998
- [4] 배정효외 2인 "전력케이블과 가스배관의 병행구간에 대한 교류부식 영향 검토 연구", 대한전기학회지 49C권 10호 pp. 577-582. Oct., 2000
- [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[®], CONIND[™] 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
- [10] Wakelin, R.G., Gummow, R.A.I, and Segfall. S.M., "AC Corrosion-Case Histories, Test Procedures, and Mitigation", NACE International, Corrosion '98, Paper No. 565, 1998

저 자 소 개



배 정 효 (裵 廷 孝)

1964년 1월 6일생. 1986년 경북대 전자공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 2001년 해양대 대학원 기관공학과 졸업(박사). 1989년~현재 한국전기 연구원 선임연구원(전력연구단지중시스템연구그룹)
Tel : 055-280-1362
E-mail : jhbae@keri.re.kr



하 태 현 (河 泰 鉉)

1962년 12월 20일생. 1987년 동아대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 해양대 대학원 기관공학과 박사과정. 1989년~현재 한국전기연구원 선임연구원(전력연구단지중시스템연구그룹)



이 현 구 (李 鉉 求)

1971년 8월 8일생. 1995년 충남대 전기공학과 졸업. 1997년 충남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년~현재 한국전기연구원 연구원(전력연구단지중시스템연구그룹)



김 대 경 (金 大 景)

1958년 2월 20일생. 1981년 부산대 전기기계공학과 졸업. 1983년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 영국 UMIST 박사과정. 1987년~현재 한국전기연구소 책임연구원(전력연구단지중시스템연구그룹 그룹장)