

배전선로 접지저항 및 누설전류 실태조사

·이현구, 하태현, 배정효, 하운철, 김대경
한국전기연구원 지중시스템연구그룹

Investigation for Earth Resistance and Leakage Current of D/L

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

Abstract - The sharing of common corridors by electric power transmission lines and pipelines is becoming more common place. However, such corridor sharing can result in undesired coupling of electromagnetic energy from the power lines to the near facilities. This causes induced voltages on underground metallic pipelines due to the power line currents. This could cause AC corrosion in the pipeline, which could in turn lead to disastrous accidents, such as gas explosion or oil leakage.

This paper investigates for the limitation of induced voltage on the buried metal structures which is used in the inside and outside of the country. And then we measure the earth resistance and leakage current of 22.9kV distribution lines and pipe to soil potential of near pipelines in Seoul Korea. Hereby we can see the leakage current flowing through the earthing electrode have an effect on near pipelines.

1. 서 론

산업화, 도시화의 영향으로 전력과 가스 등의 에너지 수요가 기하급수적으로 증가하고 있으며, 이로 인해 가스배관과 같은 지하에 매설된 금속구조물이 송배전선로와 근접한 거리에서 병행 또는 교차하는 구간이 서울을 비롯한 도심지를 중심으로 점차 많아지고 있다. 그리고 다중접지 방식을 사용하고 있는 국내의 경우 부하불평형이나 고장 발생 시 접지를 통해 대지로 흘러 들어가는 전류가 인근에 매설된 배관에 유입되어 교류부식을 발생시킬 수 있으며, 교류부식에 의한 배관손상은 가스폭발 사고와 같은 대형사고를 일으킬 수 있다.[1]

본 논문에서는 국내외에서 사용되고 있는 배관의 교류 전압 제한치를 알아보고, 서울지역을 대상으로 가스배관과 인접한 22.9kV 배전선로 전주 300개소에 대하여 전주의 접지저항, 누설전류 그리고 인근 배관의 P/S전위를 측정하였다. 이를 통해 배전선로 접지를 통해 대지로 흐르는 누설전류가 인근 매설배관에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 배관의 교류전압 제한치

2.1 인체의 안전

우리나라는 산업안전기준에 관한 규칙 제5편 전기로 인한 위험방지에 관한 기준이 있으며, 대지전압이 30V 이하인 전기기계·기구·배선 또는 이동전선에 대하여는 보호조치를 적용하지 아니한다고 규정하고 있다.[2]

유럽의 건축전기설비기술위원회(IEC-TC-64)에서는 통전시간을 무제한으로 할 때, 인체가 건조하거나 습기가 있는 장소에 서 있는 상태와 인체가 젖은 상태이거나 습기가 있는 장소에 서 있는 경우에 대하여 허용전압을 규정하고 있다. 여기서 최악의 조건인 인체가 젖은 상태이거나 습기가 있는 장소에 서 있는 경우를 가정하면,

제한치는 25[V]가 된다.

미국의 NACE International(National Association of Corrosion Engineers International)에서 발행한 RP0177-95 "Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems"와 캐나다의 The Canadian Standards Association(CSA) C22.3 No.6 M91 "Principles and Practices of Electrical Coordination Between Pipelines and Electric Supply Lines"에서는 지하배관에 유도되는 교류전압의 크기를 15[V] 이내로 제한하고 있다.[3,4]

2.2 시스템 보안

토양비저항이 낮고, 유도 전압이 높으며, 코팅결함부의 크기가 1~3[cm²]인 경우에 교류부식이 발생할 수 있다.[5,6] 즉, 유도전압이 높고 토양비저항이 낮다는 것은 유출하는 전류의 밀도가 높다는 것을 의미하며, 이 유출 전류의 밀도가 20[A/m²] 이상이면 부식이 발생할 수 있어 부식 가능성은 매우 높다고 판단할 수 있다. 금속표면을 통해 유출되는 전류밀도는 아래와 같이 유도된다.

직경이 $d[m]$ 이고 주변의 토양비저항이 $\rho[\Omega \cdot m]$ 인 코팅결함부의 접지저항 R 은

$$R = \frac{\rho}{2d} \tag{1}$$

이며, 직경이 $d[m]$ 인 코팅결함부의 단면적 S 는

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \tag{2}$$

이다. 이때 배관으로부터의 유출전류 I 는

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{\frac{\rho}{2d}} = \frac{2Vd}{\rho} \tag{3}$$

이며, 배관으로부터의 유출전류 밀도 J 는

$$J = \frac{I}{S} = \frac{2Vd}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{8V}{\pi \rho d} \tag{4}$$

이다. 따라서, 금속표면에 교류부식이 발생할 수 있는 유도전압 제한치 V 는 아래 식 5와 같다.

$$V \geq \frac{(\rho \cdot \pi \cdot d \cdot J)}{8} \tag{5}$$

즉, 토양비저항 $100[\Omega \cdot m]$, 코팅결합부의 직경 $0.01[m]$ 그리고 전류밀도를 $20[A/m^2]$ 로 가정할 경우 교류유도전압이 약 $7.85[V]$ 이상이면 교류부식을 일으킬 가능성이 있는 것으로 판단할 수 있다. 위에서 설명한 배관의 교류전압 제한치를 인체의 안전과 시스템 보안 측면에서 요약하면 표 1과 같다.

표 1. 배관의 교류전압 제한치

대 상	계통 운전상태	제한치 [V]	비 고
인체의 안전	정상상태	30	· 산업안전기준에 관한 규칙 제5편(한국)
		25	· IEC-TC-64(유럽)
		15	· NACE RP0177-83(미국) · CAN/CSA-C22.3 No.6-M91(캐나다)
시스템 보안	정상상태	7.85	· 토양비저항 : $100[\Omega \cdot m]$ · 전류밀도 : $20[A/m^2]$ · 코팅손상크기 : $1[cm^2]$

3. 배전선로 누설전류와 영향

3.1 개요

송배전선로의 누설전류가 인근 매설배관에 미치는 영향을 조사하기 위한 현장측정 과정은 그림 1의 흐름선도와 같다. 전력선로와 지하 매설물 간의 병행 또는 교차구간이 많은 서울지역을 대상으로 고압계통경과도와 도시가스배관 경과도를 입수하였다. 2002년 한국전력통계에 따르면 서울지역의 배전용 전주는 200,000기에 육박하기 때문에 배전선로 접지와 배관이 인접한 구간 300개소를 선정한 후 접지저항, 누설전류 및 주변 배관의 P/S 전위를 측정하였다.

전주의 접지저항과 누설전류는 SYNDC사의 Clamp-On Ground Tester(모델 SP-5600)를 사용하여 측정하였다. 그리고 배관의 P/S 전위는 Tektronix사의 오실로스코프(모델 TDS 3052)를 사용하여 측정하였으며, 기준전극은 황산동기준전극($Cu/CuSO_4$)을 사용하였다. 배관 P/S 전위는 교류성분을 조사하기 위해 고조파 분석을 수행하였다.

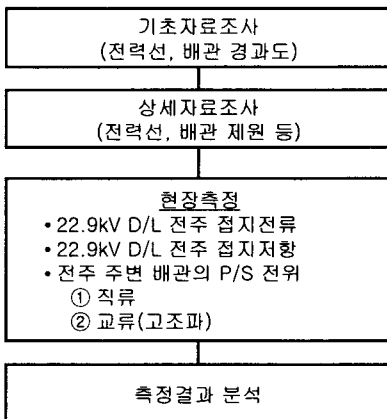
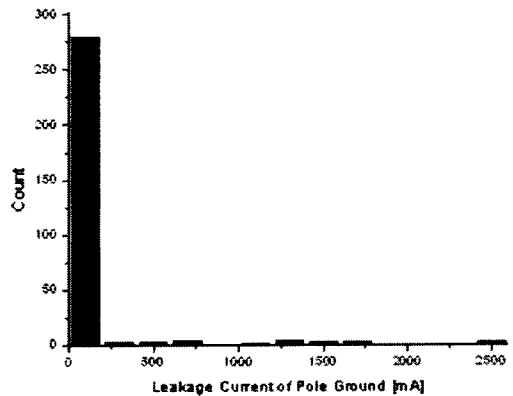


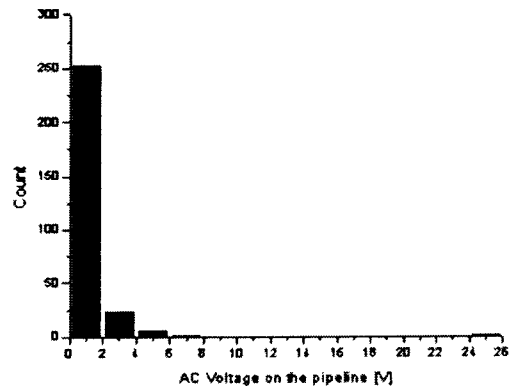
그림 1. 실태조사 흐름선도

표 2. 서울지역 배전선로와 인접한 가스배관의 누설전류 영향 측정 결과

누설전류 [mA]	측정개소	배관 교류전압 [VRMS]	측정개소
0~200	280	0~2	253
200~400	2	2~4	23
400~600	2	4~6	6
600~800	4	6~8	1
800~1,000	0	8~10	0
1,000~1,200	1	10~12	0
1,200~1,400	4	12~14	0
1,400~1,600	3	14~16	0
1,600~1,800	2	16~18	0
1,800~2,000	0	18~20	0
2,000~2,200	0	20~22	0
2,200~2,400	0	22~24	0
2,400~2,600	2	24~26	1
합계	300	합계	284



(a) 전주의 누설전류



(b) 배관의 교류전압
그림 2. 현장 측정결과

3.2 측정 결과

배전선로 전주의 접지를 통해 대지로 흘러 들어간 전류가 인근에 매설된 금속배관에 미치는 영향을 조사하기 위하여 전주의 누설전류와 인근 배관의 교류전압을 측정 한 결과를 표 2와 그림 2에 나타내었다.

표 2와 그림 2에서 알 수 있듯이 제한치 초과구간은 300개소 중 2개소에서 나타났다. 그리고 배관 P/S 전위의 고조파 분석 결과는 표 3과 같다.

표 3. 배관 P/S 전위의 고조파 분석

기본파 주파수 [Hz]	측정개소
60	290
120	2
180	4

4. 결 론

지하에 매설된 배관의 교류전압 제한치를 인체의 안전 과 시스템 보안 측면에서 알아본 결과 인체의 안전을 위한 제한치는 15[V]였으며, 시스템 보안을 위한 제한치는 7.85[V]로 조사되었다.

배전선로 접지를 통해 대지로 흐르는 누설전류가 인근 매설배관에 미치는 영향을 조사하기 위하여 전력선로와 지하 매설물 간의 병행 또는 교차구간이 많은 서울지역을 대상으로 고압계통경과도와 도시가스배관 경과도를 입수하여 배전선로 접지와 배관이 인접한 구간 300개소를 선정 한 후 전주의 접지저항, 누설전류 및 주변 배관의 P/S 전위를 측정하였다. 그 결과 배관의 교류전압 제한치를 초과하는 구간이 2개소에서 나타났다.

제한치를 초과하는 배관에서는 교류부식이 발생하여 대형사고를 일으킬 수 있으므로 누설전류가 유입되지 않도록 적절한 조치가 이루어져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] "Guide on the Influence of High Voltage AC Power Systems on Metallic Pipelines", CIGRE, 1995
- [2] 산업안전기준에 관한 규칙, 제5편 전기로 인한 위험방지에 관한 기준, 개정 97.1.11
- [3] "Mitigation of Alternating Current and Lighting Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems", NACE International, RP0177-95
- [4] "Principles and Practices of Electrical Coordination Between Pipelines and Electric Supply Lines", The Canadian Standards Association, CAN/CSA C22.3 No. 6-M91
- [5] W. Prinz, "AC Induced Corrosion on Cathodically Protected Pipelines", UK Corrosion '92, Vol. 1, 1992
- [6] G. Peez, "AC Corrosion of Buried Cathodically Protected Pipelines", Gas Erdgas 134, No. 6, 1993, pp. 301-303.