

GCW를 이용한 가스배관 유도전압 저감대책

하태현, 이현구, 배정효, 김대경
한국전기연구원 지중시스템연구그룹

Mitigation Method of the Induced Voltage on GAS Pipelines using Gradient Control Wire

Tae-Hyun Ha, Hyun-Goo Lee, Jeong-Hyo Bae, Dae-Kyeong Kim
KERI Underground Systems Group

1. 서론

산업화의 발달로 전력과 가스 등의 에너지 수요가 기하급수적으로 증가하게 됨에 따라, 지하에 매설된 가스배관이 송·배전선로와 근접한 거리에서 병행 혹은 교차하는 구간이 서울을 비롯한 도심지를 중심으로 점차 많아지게 되었다. 따라서, 전력선에 의한 교류간섭문제가 심각하게 대두되고 있지만, 국내의 경우 이에 대한 대책마련이 미비한 실정이다. 외국의 경우에는 교류간섭에 대한 대책으로 경제성을 고려한 다양한 방법을 제안하고 있다.

본 논문에서는 대표적인 유도전압 저감대책 방법에 대하여 소개하고, 국내 현실에 맞는 적절한 유도전압 대책법을 제안하였으며, 유도전압 해석을 통해 그 특성을 입증하였다.

2. 유도전압 저감 대책 방법

2.1 집중접지(Lumped Grounding)

집중접지방식은 배관에 낮은 임피던스 접지 시스템을 연결하는 방식이다. 토양 비저항이 아주 낮은 지역(즉 $10[\Omega \cdot m]$ 이하)에서는 이 방법은 만족할 만한 보호시스템으로 될 수 있다. 접지시스템의 임피던스가 충분히 낮다면 접지 접속점에서의 배관 전위는 요구된 크기로 감소시킬 수 있다. 그러나, 적절한 전위까지 배관 전위를 낮추기 위해 요구되는 낮은 임피던스를 얻으려면 그와 비례하여 더 많은 접지시스템이 요구되기 때문에 엄청난 비용이 소모된다.

2.2 상쇄선(Cancellation Wires)

Cancellation Wire 대책법은 1980년대 후반에 EPRI/AGA 연구과제의 일부로서 개발되었다. 이 방법은 배관 반대쪽에 전력선과 평행하게 긴 전선을 묻거나, 병행구간을 벗어난 배관 위에 병행한 전력선을 따라 전선이 연속되게 하는 것이다. 따라서 각 전선의 위치를 신중하게 선정함으로써 전선에 유도되는 전압은 배관에 유도되는 전압과 180° 위상차를 갖게 한다. 그때 전선의 한쪽 끝을 배관에 연결함으로써 전선에 유도된 전압이 배관에 유도된 전압을 상쇄시키도록 하는 것이다. 그러나, 이 방법은 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- 유도성 유도전압의 저감만을 위한 대책이며, 오히려 임의의 고장지점에 대해 유도 전압을 더 상승시킬 수도 있다.
- 연결하지 않은 전선의 한쪽 끝에서 과도한 전위가 발생할 수 있다.
- Cancellation Wire는 전력선 아래를 횡단하므로 활선상태의 떨어진 전선이나 미지의 접지시스템이나 금속체 등으로부터 배관의 노출부분이 증가된다.
- 병행하는 배관 용지를 추가로 매입하거나 임대하는 것이 요구되므로 상당한 추가 비용이 소요된다.[1]

2.3 보호철판

보호철판에 의한 방법은 배관에 근접하여 보호철판을 설치함으로써 배관 주변의 접지저항을 낮추어 배관에 유도되는 전압을 저감시키는 방법이다. 이 방법은 일본의 오사카 가스엔지니어링을 비롯한 국내 일부 도시가스 회사에서 채택하고 있으며, 가스배관의 교류전류 유입을 방지할 목적으로 배관과 보호철판을 연결하지 않고 사용한다.

이 방법을 사용하면 배관의 보호대책은 가능하나, 인체의 접촉전압은 저감시키기 어렵고 설치비용이 비싼 문제점이 있다.

2.4 전위억제선(Gradient Control Wires)

배관전위의 과도한 증가를 막을 수 있는 가장 효과적인 방법으로 전위억제선(Gradient Control Wire ; GCW)을 이용한 방법을 들 수 있다. 이 방법은 한 개 이상의 나 아연 도체를 배관 근처에 평행하게 매설하여 적절히 배관에 연결하는 것이다. 이 방법을 이용하면 유도성 유도전압과 저항성 유도전압을 동시에 감소시킬 뿐만 아니라, 전기방식까지도 가능하다. 유도성 유도전압에 대해 GCW는 배관의 접지역할을 하므로 배관의 유도전압을 감소시키고, 동시에 국부대지전위를 상승시켜 접촉전압과 코팅 양단에 걸리는 전압의 침투치를 감소시킨다. 저항성 유도전압의 경우 GCW는 배관 부근의 대지전위상승을 억제함과 동시에 배관 전위를 상승시켜 접촉전압과 코팅 스트레스 전압을 감소시킨다

또한 GCW와 독립적인 전기방식시스템을 운영하고자 할 때는 배관과 GCW 사이에 CI(Cathodic Isolator)와 써어지 보호기(Surge Protector)를 설치하면 된다.[2]

2.5 제안한 방법

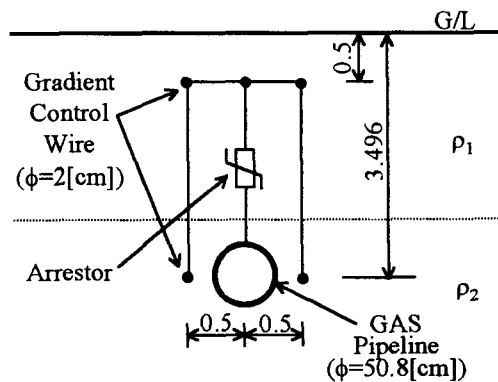
일반적으로 교류간섭에 의한 유도전압 대책은 인체의 안전전압 측면(접촉전압, 보폭전압)과 시스템의 보안적인 측면(배관 코팅 양단에 걸리는 전압)이 고려되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 (그림 1)과 같이 동북강연선의 GCW와 피뢰기를 이용한 방법을 제안한다. 이 방법은 정상상태의 낮은 전압에서는 GCW와 배관이 분리되어 배관으로 교류 및 직류전류의 유입을 차단하고, 고장발생시 높은 전압이 유도되어 피뢰기 방전전압 이상이 되면 GCW와 배관이 연결되어 접촉전압과 코팅 스트레스 전압을 감소시킨다.

3. 유도전압해석

3.1 해석 모델

345kV 송전선로에 1선 지락사고가 발생하였을 때, 인근의 가스배관에 미치는 GCW의 영향을 해석하기 위한 해석 모델은 (그림 1)과 같다. 직경이 50.8[cm]인 가스배관이 지표면으로부터 3.496[m] 깊이에 매설되어 있으며, 직경이 2[cm]인 GCW 5개를 배관과 평행하게 배열하였다. 토양은 2층 구조의 대지를 모델링하여 사용하였으며, 토양비저항값 ρ_1 은 150.83[$\Omega \cdot m$], ρ_2 는 67.169[$\Omega \cdot m$] 그리고 ρ_1 의 깊이는 2.951[m]이다. 가스배관으로부터 최근접거리가 6.3[m]인 철탑의 접지저항은 1.4695[Ω]이며, 탑각에서 대지로 유입되는 전류는 8.1109[kA]로 가정하였다.

유도전압해석은 상용프로그램인 KWIKGRID[®]를 사용하였다. KWIKGRID[®]는 접지해석프로그램으로써 철탑 접지를 통해 고장전류가 토양에 유입될 때 지표면 뿐만 아니라 토양 속 임의지점의 대지전위와 전극의 저항 및 전위를 계산하는데 사용된다.[3]



(그림 1) 제안한 Gradient Control Wire Method 단면도

3.2 해석 결과

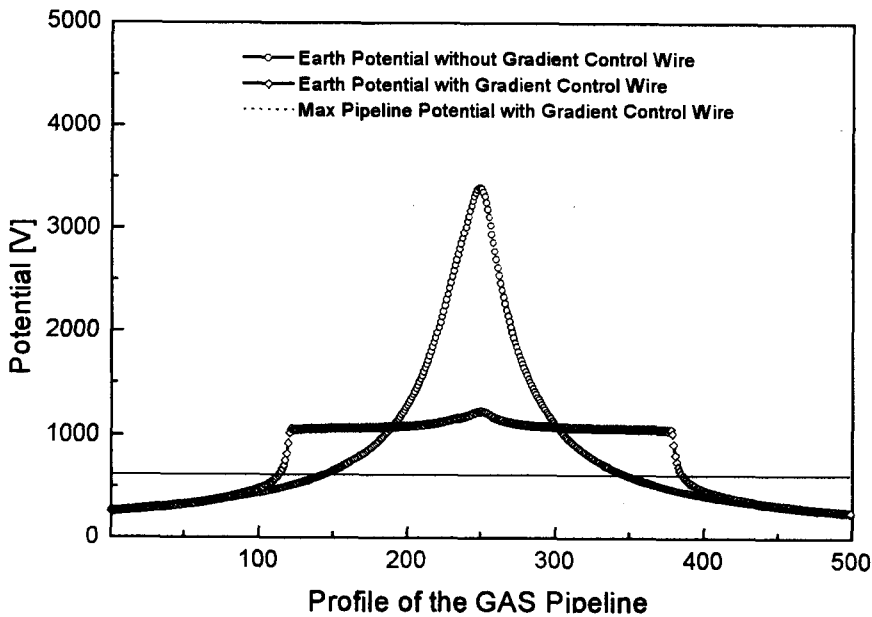
가스배관에 대하여 유도전압 저감대책이 없는 경우와 (그림 1)과 같은 유도전

압 저감 대책을 한 경우에 대하여 가스배관 코팅 양단에 걸리는 전압, 접촉전압 및 보폭전압을 해석하였다.

유도전압저감 대책이 없는 경우, 가스배관 코팅 양단에 걸리는 전압은 3,905[V]이었으며, 접촉전압은 3,998[V] 그리고 보폭전압은 209[V]로 계산되었다. 그리고 제안한 유도전압 저감 대책을 한 경우, 코팅 양단에 걸리는 전압과 접촉전압은 각각 485[V]와 617[V]로 경감되었으며, 보폭전압은 209[V]로 계산되었다.

(그림 2)는 배관 직상부 지표면의 대지전위를 GCW를 설치하지 않은 경우와 설치한 경우에 대하여 그래프로 나타낸 것이며, <표 1>은 제안한 유도전압 저감 대책법의 사양 및 특성을 나타낸 것이다.

해석 결과 제안한 유도전압 대책방법을 사용하였을 경우 유도전압 제한치인 가스배관 코팅 양단에 걸리는 전압 5[kV], 접촉전압 636[V] 및 보폭전압 988[V]를 만족하였다.



(그림 2) 제안한 Gradient Control Wire Method 해석결과

<표 1> 제안한 Gradient Control Wire Method 사양 및 특성

구 분		사양 및 특성
Gradient Control Wire	길이[m]	260
	접지저항[Ω]	0.4447
	최대전위[V]	1,082
Arrestor	저항[Ω]	1.6
	전압[V]	471
	전류[A]	294
배관 최대전위[V]		611
지표면 최대전위[V]		1,228

4. 결론

교류간섭에 의한 유도전압 저감대책으로 동북강연선의 GCW와 피뢰기를 이용한 방법을 제안하였으며, 제안한 방법을 가스배관에 적용하였을 경우, 가스배관 코팅 양단에 걸리는 전압, 접촉전압 및 보폭전압이 유도전압 제한치 이하로 저감되는 결과를 얻었다.

향후에는 이 대책법에 대한 실증시험을 통해 이론적인 해석결과의 검증이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] R.D. Southey, F.P. Dawalibi, "Computer Modelling of AC Interference Problems for the Most Cost-Effective Solutions, NACE International, Paper No. 98-564, 1998
- [2] R.D. Southey, F.P. Dawalibi, "Recent Advances in the Mitigation of AC Voltages Occurring in Pipelines Located Close to Electric Transmission Lines", IEEE Transaction Power Delivery, Vol. 9, No. 2, 1993
- [2] GROUND-IT.COM CONSULTING Ltd., Computer Software for Grounding Analyses, KWIKGRID[®] Reference Manual