직류철도에서의 접지 유지보수 방안

Management of the effects caused by stray currents in DC Traction Systems

한문섭† 김형철* 나재두**

Han, Moonseob Kim, hyungchul Na, Jae-Du

ABSTRACT

D.C. traction systems can cause stray currents which could adversely affect both the railway concerned and outside installations, when the return circuit is not sufficiently insulated versus earth. As experience for several decades has not shown evident corrosion effects from a.c. traction systems and actual investigations are not completed, stary currents flowing from a d.c. traction system is issued. D.C. traction systems can cause stray currents can be corrosion and subsequent damage of metallic structures, where stray currents leave the metallic structures. There is also the risk of overheating, arcing and fire and subsequent danger to persons and equipment.

Any provision employed to control the effects of stray currents be checked, verified and validated. Direct measurement of stray current is difficult and a provision employed to control the effects of stray currents is proposed.

---

1. 서 론

전기철도는 레일을 귀선로로 사용하기 때문에 레일이 대지를 따라 긴 거리로 설치되므로 대지에 전류가 흐르게 되어 선로변 인근의 철구조물 등에 표류전류(Stray Current)에 의한 부식을 발생시킨다. 교류급전의 경우 실제로 부식이 발생되지 않아 직류급전에서만 고려된다. 직류급전계통에서의 귀선회로는 주로 절연방식을 사용하지만 완전하게 대지와의 절연이 되어있지 않아 표류전류에 의해 타 시스템에 표류전류에 의한 영향을 줄 수 있다. 표류전류는 주로 철구조물에 부식을 발생시켜 철구조물에서 표류전류가 나오는 곳에서 손상을 일으키며 역시 과열 및 아크로 인한 화재를 일으키기도 한다.

표류전류에 의한 부식을 관리하기 위해서는 전력, 신호 및 궤도분야 전문가들이 공동으로 관리되어야 하나 설계, 시공 및 관리의 책임이 서로 나뉘어져 있고 표류전류의 발생에 따른 부식의 이해부족으로 시스템적으로 관리되기 어려운 분야이다.

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 책임연구원
E-mail : mshan@krri.re.kr
TEL : (031)460-5420 FAX : (031)460-5459
* 정회원, 한국철도기술연구원, 집전전력연구실, 선임연구원
** 비회원, 인하공업전문대학, 교수

본 논문에서는 표류전류의 영향을 관리하기 위한 점검, 검증 및 인증절차가 필요하나 표류전류는 직접적으로 측정하는 것은 곤란하므로 표류전류를 관리하기 위한 적절한 측정에 의한 방안을 제시한다.

2. 본 문

2.1 전기철도의 대지누설

전기철도는 전기방식에 따라 직류와 교류급전방식으로 나눌 수 있다. 철도는 레일을 귀선전류가 흐르는 경로로 사용하기 때문에 레일의 접지가 중요하다. 국내에서는 직류의 경우 레일을 대지와 절연을 시키고 있으나 교류의 경우 레일을 대지와 절연하던 방식을 고속철도가 도입되면서 레일과 대지를 연결하는 공용접지방식을 사용하고 있다. 하지만 레일을 통하여 흐르는 귀선전류는 긴 거리를 대지와 평행하게 흐르기 때문에 대지로 귀선전류가 흘러 인근 설비에의 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 검토가 요구된다.

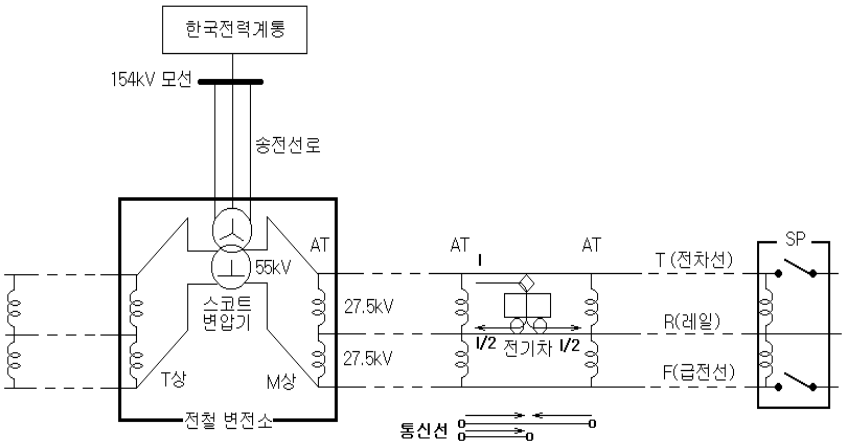

그림 1. 교류급전계통의 통신유도

$$e = \omega k M I_P l \qquad (식\ 1)$$

그림1에서와 같이 교류급전의 경우는 레일에 흐르는 누설전류에 의해 식1과 같은 대지전자유도에 의한 통신케이블 등에 영향을 미칠 수 있다. 그림1에서와 같이 AT간에 통신선이 아래와 같이 배치되어 있다면 AT간에 설치된 통신선은 전자유도전류가 상쇄되어 0이고 아래 반만 설치된 통신선은 오른쪽 방향으로 유도된다. 식1의 유도기전력 e는 주파수 w, 차폐계수 k, 대지상호인덕턴스 M, 유도기전류 Ip 및 거리 l의 곱으로 나타낼 수 있다.[2]

교류급전에서의 통신유도는 설계를 할 때 통신영향 검토를 통하여 이에 대한 대책을 세우고 있으며 대책비용을 산출하여 통신사에 제공하여 대책공사를 시행하고 있다.

직류급전의 경우 그림2와 같이 레일과 대지간 표류전류에 의한 인근 매설도체에 부식을 일으킬 수 있으며 공히 두 급전계통에서 보폭전압에 의한 인체에 전기적인 충격을 일으킬 수 있다.[3]

특히 직류급전에서는 레일과 대지 간을 절연시켜 대지누설전류를 줄이려 하지만 국내에서는 실제로 건설중에 이에 대한 공사지침 미비 및 검증체계 누락으로 그 영향을 확인할 수 없다.

본 논문에서는 직류철도에서 부식에 의한 영향을 없애기 위해 설계, 건설 및 유지보수에

필요한 관리방안을 제시한다.

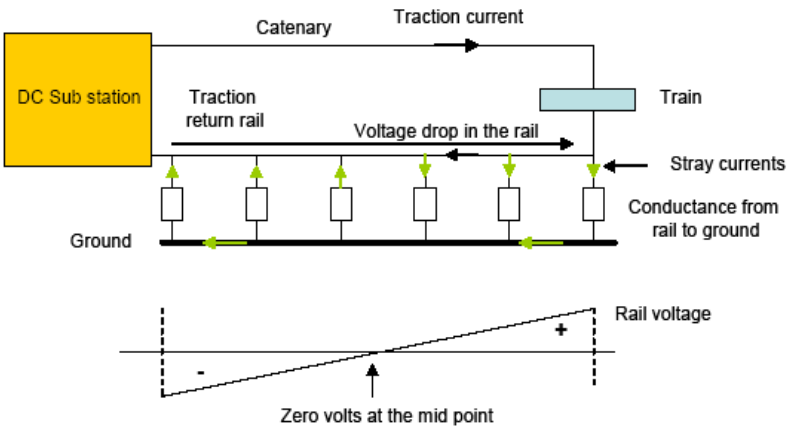

그림 2. 직류급전에서의 표류전류 및 대지전압

2.2 직류에서의 대지누설전류 관리방안[1]

귀선회로로부터 인근 철구조물의 부식피해를 방지하기 위해서는 표류전류의 상태가 성능시험으로 입증되고 운영하면서 점검되어져야 한다. 표류전류의 직접적인 측정은 어려워 귀선회로와 대지간의 컨덕턴스의 측정이나 차량 운행 중의 대지전압을 측정하여 다음과 같이 표류전류의 상태를 예측하는 것이 요구된다.

(1) 레일전위의 연속 감시

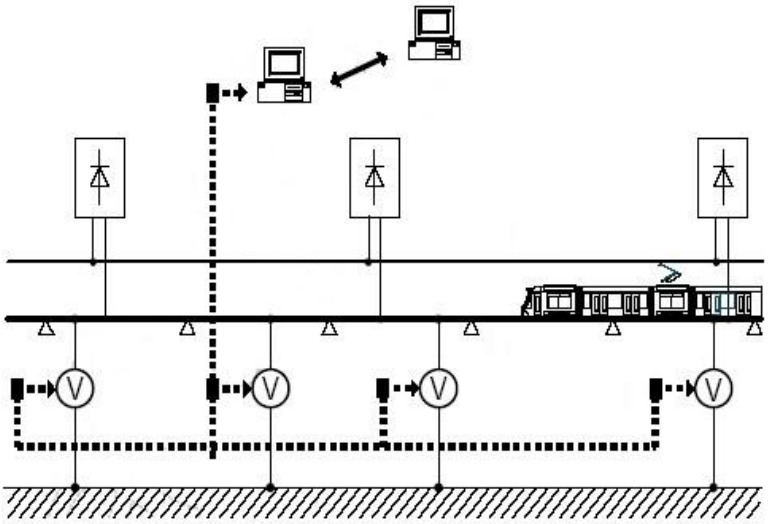

그림 3. 레일전위의 연속감시시스템

레일전위가 변화하면 귀선회로와 대지 간에 저저항의 전기적 연결이 이루어진 것과 같이 콘덕턴스의 큰 변화가 일어났다는 것을 나타낸다. 차량운행 중의 레일전위는 기준 상태와 비교되어지며 그 변화는 표류전류에 영향을 미치는 콘덕턴스의 문제점이 있음을 암시한다. 연속적인 레일전위의 감시는 귀선회로의 연속성, 귀선회로와 대지 간의 연결 및 레일 체결

의 상태를 알려준다. 레일전위는 그림3과같이 주로 변전소와 역 등에서 측정한다. 하루 동안 교통량의 변화와는 별게로 24시간 동안 측정하여 평균값을 사용한다. 변전소의 위치, 열차운행시간 및 열차의 운행특성에 따라 레일전위의 형태가 특성화되므로 레일과 대지간의 접촉이 있는 위치를 알 수 있다.

(2) 정기적인 측정 ; 연속감시의 적용이 어려울 경우 사용되며 레일과 대지간의 콘덕턴스 및 레일전위를 주기적으로 측정하여 관리한다.

1) 레일과 대지간의 콘덕턴스 측정

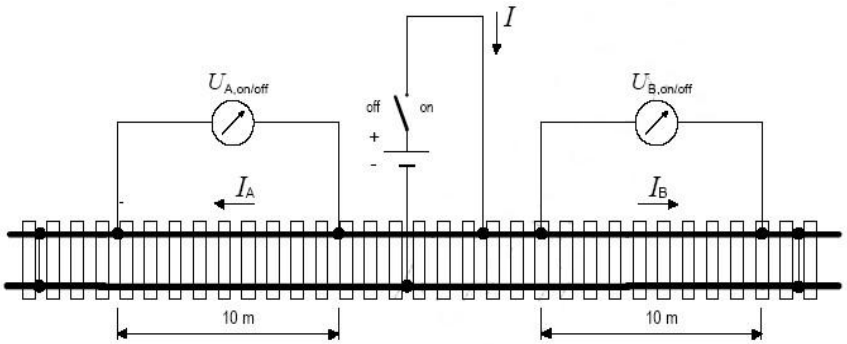

그림 4. 레일과 대지간 콘덕턴스 측정

그림4는 구조물이 없는 레일의 콘덕턴스를 측정방법을 나타내고 있으며 콘덕턴스는 식2와 같이 전원 On/OFF에 의한 차전압으로 구해진다.

$$G_{R\ 10m} = \frac{(U_{A\ on} - U_{B\ off}) + (U_{A\ on} - U_{B\ off})}{I} \qquad (식\ 2)$$

2) 레일전위 측정 ; 견인전류와 차량운행이 크게 변화하지 않은 상태에서 같은 위치와 측정방법으로 계속적인 측정이 요구된다.

3. 결 론

직류급전은 대지와 절연을 시키는 방식을 주로 사용하지만 레일과 대진간이 긴 거리를 평행하게 위치해 있고 절연물의 절연 상태 저하로 인해 대지로의 귀선전류가 흘러 표류전류에 의한 인근 철구조물의 전기적인 부식이 야기된다. 또한 누설전류로 인해 대지전위가 상승하여 인체에 전기적인 쇼크를 줄 가능성도 있다.

레일은 차량이 운행하기 위한 수단 궤도분야, 차량운행을 제어하기 위한 신호분야 및 급전계통의 귀선회로로 이용하는 전력분야 등이 공통으로 사용하나, 주로 건설은 궤도분야에서 주로 이루어지고 있어 취약한 분야이기도 하다.

본 논문에서는 최근에 이루어지고 있는 EN50122-2 규격을 수정하는 작업을 근간으로 하여 운영 중에 표류전류의 관리를 위하여 제안되어지고 있는 측정방안을 소개하였으며 국내에서도 이에 대한 관심과 적용이 이루어졌으면 한다.

참고문헌

1. Draft prEN50122-2, Railway applications-Fixed installations-Electrical safety, earthing and bonding-Part2:Provisions against the effects of stray currents

caused by d.c. traction systems, 2008.5
2. 한문섭 외, 급전시스템 파라미터의 통신유도영향분석, 대한전기학회 하계학술대회, 2001
3. 한문섭 외, 직류급전시스템에서의 누설전류 고찰, 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회, 2008