

직류전기철도의 누설전류 간섭대책(3)
누설전류 포집시스템

하윤철, 배정효, 하태현, 이현구, 김대경
한국전기연구원

Mitigation of Stray Current Interference from DC Electric Railroad(3)
Stray Current Confinement Method

Yoon-Cheol Ha, Jeong-Hyo Bae, Tae-Hyun Ha, Hyun-Goo Lee, Dae-Kyeong Kim
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract - For over 25 years, the stray currents from DC electric railroads have caused serious interference problems with underground metallic infrastructures in Korea. The most serious interference is reported at the pipelines near the depot areas. Our field survey proves that this phenomena is mainly due to the missing of dedicated rectifiers for mainline, depot and/or workshop areas. Because it takes so much time and costs too much to replace the traction power system, we consider a stray current confinement method which collects the stray currents and drains them to the negative terminal of the rectifier. This can be realized by installing a stray current collecting wire along the depot boundary. Moreover, we found the stray current collecting reinforcement bar located beneath the rails of concrete slab tracks. Using this bar, we are going to draining the stray currents from mainline rails. In this paper we show the result of field survey on railroad facilities and present the stray current confinement method under field test.

1. 서 론

지금까지의 전식과 전식대책에 관한 연구는 대부분 피간섭시설물의 입장에서 누설전류의 영향이 어느 정도이고 어떻게 누설전류를 영향 하에서 배관의 전위를 전기방식 기준에 맞게 유지할 수 있을까에 초점이 맞춰져 왔다. 이러한 노력의 결과로 피간섭 시설물측에서 배류를 설치하여 누설전류를 배류시키는 방법이 국내에 널리 보급되어 있다[1-3]. 그러나 이 방법은 근원적인 대책이 되지 못할 뿐만 아니라 여러 가지 부가적인 문제점을 안고 있어, 지금까지 간과되어 왔던 직류 전기철도측에서 문제 해결의 실마리를 찾기 위한 노력이 진행되었다. 서울과 부산, 대구, 인천 등 도시철도 공사의 적극적인 협조 아래 현장조사와 자문을 통하여 현재 문제의 근원을 찾아가고 있으며, 어느 정도 대책을 강구해가고 있다.

직류 전기철도의 누설전류의 문제는 설계단계에서 대책을 적용하지 않으면 운행 시점에서는 근원적인 해결이 어려운 것이 기저의 사실이다. 특히, 가장 큰 누설전류가 유출입되고 있는 차량기지 인근에서의 대책도 많은 비용과 시간을 들여 급전시스템을 교체해야하는 까닭에 현재의 시스템을 크게 변경하지 않으면서 누설전류에 의한 인근 지중금속시설물의 간섭문제를 최소화하려는 시도가 진행 중에 있다.

본 논문에서는 현재까지의 조사 결과를 토대로 직류 전기철도측에서 누설전류의 외부유출을 저감시킬 수 있는 방안과 이러한 대책의 현장 실증실험 계획을 간략히 서술한다.

2. 본 론

2.1 현장조사 결과

2.1.1 본선 구간

국내의 직류 전기철도는 도시철도와 경전철로 대별되며 현재까지는 경전철이 개통된 도시가 없고, 한국형 경전철 사업에서 고무차륜을 채택함으로써 경전철에 의한 누설전류의 크게 발생하지 않을 것으로 보인다. 도시철도의 본선은 서울의 1·4호선과 부산 1호선에 적용된 자갈도상 궤도구조와 그 이후에 보급된 콘크리트도상 궤도구조로 나누어 볼 수 있다. 콘크리트도상을 채택하게 된 많은 이유들 중에 간과되고 있는 부분 중 하나가 바로 전식방식 대책인데, 레일의 절연이 열화되어 누설전류의 유출입이 발생할 때 이를 포집할 수 있도록 콘크리트 도상 내에 전식방지용 철근을 시공하고 있음에도 전식에 대한 인식이 아직도 충분히 이루어지지 않아 이를 활용하기보다는 피간섭시설물에 배류를 설치하도록 허가해주는 수준에 머물고 있다. 외국의 경우 비단 레일 아래의 도상뿐만 아니라 터널 구조에서는 급전 애자 상부 콘크리트 내부와 콘크리트 방수 절연 외부에도 전식방지용 철근을 설치하고 있음을 볼 때 누설전류 방지를 위한 인식에 현격한 차이가 있음을 알 수 있다. 현재 기존의 자갈도상을 콘크리트 도상화하는 작업이 진행 중인데, 전식 측면에서의 충분한 고려가 이루어지고 있는지는 추가적인 조사가 필요하다. 그림 1은 콘크리트 도상에 설치된 전식방지용철근의 접속선을 보여준다. 일반적으로는 변전소 컨버터 인근까지 케이블로 인출되어 있다.



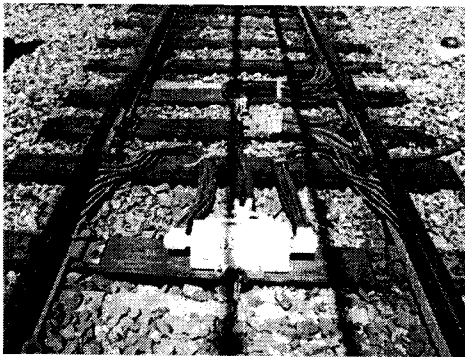
[그림 1] 전식방지용 철근 접속선

전식방지용 철근의 이용에 앞서, 누설전류의 발생을 원천적으로 억제하는 것이 더 중요한데, 급전시스템 및 궤도 시스템에 있어서 누설전류에 대한 대책은 IEC 62128-2 규격에 명기되어 있으며, 정량적으로 레일의 중방향 전기저항과 레일절연저항을 측정하는 방법과 기준 또한 제시하고 있다[4]. 귀환회로를 벗어나는 전류를 최소화시키려는 이러한 노력을 통해서 누설전류 간섭문제를 해결에 원천적으로 접근할 수 있을 것이다. 그러나

국내의 경우 이미 피간섭시설물에 배류법을 적용하는 것이 보편화되어 있어, 절연저항의 크게 감소된 상황일 것으로 판단되며, 더욱 악화되기 전에 근원적인 대책 마련에 촉각을 곤두세워야 할 것이다.

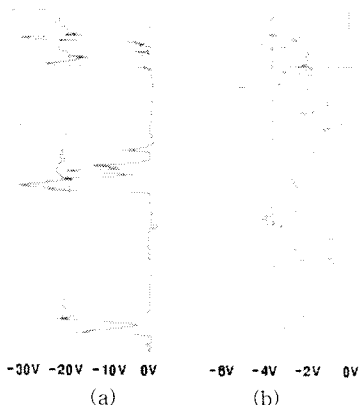
2.1.2 차량기지

비접지 시스템인 본선 레일과는 달리 차량기지와 접속고는 작업자의 안전을 위해 접지시스템으로 설계한다. IEC 규격에서는 본선 레일과 차량기지 및 검수고 레일을 절연레일조인트로 분리하고 독립적인 컨버터로 급전하도록 명시하고 있다. 그러나 국내 대부분의 도시철도에서는 하나의 컨버터로 급전하고 있어 누설전류가 차량기지 인근에서 심각하게 발생하는 원인이 되고 있다. 그림 2는 본선레일과 차량기지레일의 경계지점에서 임피던스본드를 통해 전기적으로 연결되어 있는 국내 설정을 보여준다.



[그림 2] 본선레일과 차량기지레일의 경계에서의 전기적 접속상태

이러한 상황에서는 본선에서 운행 중인 전차와 변전소 사이의 레일에서 유출된 누설전류가 차량기지 또는 검수고의 레일을 통해 귀환하는 회로가 형성되면서 인근 지중급속시설물에 심각한 누설전류 간섭을 초래하게 된다. 또한 피간섭시설물용 배류기가 차량기지 내 부극선에 연결되어 있으면 이러한 누설전류는 훨씬 크게 증가한다. 그림 3의 데이터는 매설배관과 차량기지 레일을 선택배류기로 연결한 경우(a)와 분리한 경우(b)에 배관에 유입되는 누설전류의 현격한 차이를 나타내고 있다.



[그림 3] 배류기 연결(a)과 분리(b)에 따른 차량기지 인근 매설배관의 P/S 전위변화

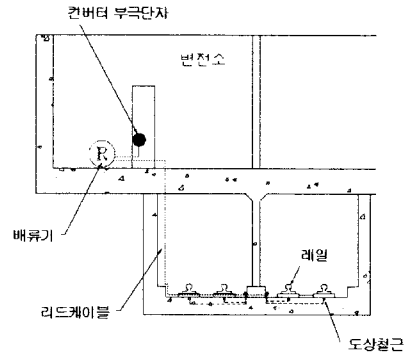
따라서 전기철도측에서는 시간과 비용이 크게 소요되더라도 장기적인 안목으로 급전시스템을 개선해 나가는 것이 필요하며 피간섭시설물측에서는 배류법의 적용에 따

른 간섭의 크기변화를 면밀히 분석하여 적용 여부를 결정해야 한다.

2.2 누설전류 포집시스템 설계

2.2.1 전식방지용 철근을 이용한 포집시스템

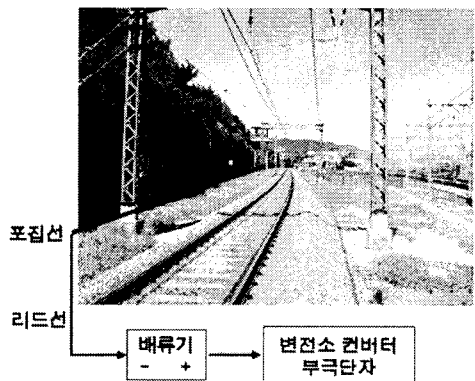
전식방지용 철근과 컨버터 부극단자를 연결하면 그 자체가 누설전류 포집시스템으로 작용하게 된다. 우선은 이러한 포집시스템의 효과를 검증하는 것이 선행되어야 하므로, 피간섭시설물에 연결된 배류기를 분리시키고, 선택배류기 또는 강제배류기를 변전소 컨버터 인근에 설치하면 실증실험을 통하여 외부로의 간섭을 최소화하는 최적 배류전압을 결정할 수 있다. 그림 4는 전식방지용 철근을 이용한 포집시스템의 설치도이다. 이런 방법이 효과가 있으면 현재 레일절연에 악영향을 미치는 피간섭시설물측 배류기를 철거할 수 있을 것이다.



[그림 4] 전식방지용 철근을 이용한 포집시스템 설치도

2.2.2 차량기지 누설전류 포집시스템

많은 실례를 통하여 차량기지 인근에 병행하는 두 개의 매설배관이 있을 때 한쪽 배관에 배류법을 적용하면 인근 배관으로 유출입되는 전류가 줄어드는 현상을 보여왔다. 이러한 현상에 착안하여 차량기지와 매설배관 사이에 누설전류 포집선을 매설하여 누설전류를 차폐하고 하하는 것이 차량기지용 포집시스템의 개념이다. 이러한 방법은 차량기지의 급전시스템을 건드리지 않고도 수행할 수 있어 효과가 있을 경우 차량기지의 웬스를 따라 집지체(나동선 및 접지봉)를 매설하고 변전소 내에 배류기를 설치하는 방법으로 누설전류에 의한 간섭을 저감할 수 있다. 그림 5는 현장조사를 통해 포집선 매설을 설계한 일례이다.



[그림 5] 포집선을 이용한 차량기지 누설전류 포집시스템 설계예

3. 결 론

지금까지 국내 직류 전기철도측에 적용할 수 있는 누설전류 포집시스템에 대해 간략히 기술하였다. 이러한 포집시스템은 현재 설계가 완료되어 실증실험 공사 준비 중이며 향후 몇 개월 내에 그 효과를 검증할 수 있을 것이다. 전기방지용 철근을 이용한 누설전류 포집시스템은 배류기만 조달하면 전기철도측에서 지금도 적용해볼 수 있는 방안이나 간섭크기의 변화를 측정하기 위해서는 인근 피간섭시설물측과의 협조가 반드시 이루어져야 한다. 아울러 차량기지 누설전류 포집시스템의 경우도 독자적으로 수행할 수 없으므로 전기철도 관련 전문가와 전기방식 관련 전문가 및 시설물 소유자들의 협력이 선행되어야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 하운철,배정효,하태현,이현구,김대경, "지하철 직류 급전시스템의 표유전류 실태조사", 2003 대한전기학회 전력기술부분회 추계학술대회 논문집, 373-375, 2003
- [2] 하운철,배정효,하태현,김대경,이현구, "지하철 직류 급전시스템의 표유전류 실태분석(I) 서울지역", 2004 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B권, 1364-1366, 2004
- [3] 하운철,배정효,하태현,김대경,이현구, "지하철 직류 급전시스템의 표유전류 실태분석(II) 부산지역", 2004 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B권, 1367-1369, 2004
- [4] IEC International Standard 62128-2, "Railway Applications - Fixed Installations Part 2: Protective Provisions against the Effects of Stray Currents caused by D.C. Traction Systems", IEC, 2003.