

## 부극 접지방식에 따른 레일전위 상승 보호에 대한 고찰

### A Study on the Rail Potential Rise Protection according to the Earthing types of Negative Rail

정호성\*†, 박영\*, 신승권\*, 김길동\*

Hosung Jung\*†, Young Park\*, Seungkwon Shin\*, Gildong Kim\*

**초 록** 직류 전기철도는 차량의 형태 및 공급되는 전압 그리고 집전방식에 따라 레일 또는 별도의 부극회로를 만들어 차량에 전력을 공급하고 있다. 일반적으로 직류 급전계통에서는 부극에서 발생하는 레일전위(부극전위)를 이용하여 급전계통에서의 지락고장 및 인체 감전 사고를 보호하기 위한 보호 요소로 활용하고 있다. 하지만, 차량에 전력을 공급하는 급전계통의 형태에 따라 레일전위의 크기가 달라지기 때문에 이로 인한 보호조건도 달라져야 한다. 따라서 본 논문에서는 특히 4궤조방식에서의 부극의 접지형태 및 접지저항 값에 따른 부극에서 발생하는 레일전위의 크기와 레일전위에 따른 보호 조건에 대한 연관성을 제시하였다.

**주요어** : 직류 전기철도, 레일전위, 접지저항, 절연, 지락고장

#### 1. 서 론

직류 전기철도는 차량의 형태 및 공급되는 전압 그리고 집전방식에 따라 레일 또는 별도의 부극회로를 만들어 차량에 전력을 공급하고 있다. 이러한 시스템 차이로 인해 부극의 접지방식이 달라지며, 이로 인한 부극에서 발생하는 레일전위(부극전위)의 크기가 달라진다. 일반적으로 직류 급전계통에서는 부극에서 발생하는 레일전위(부극전위)를 이용하여 급전계통에서의 지락고장 및 인체 감전 사고를 보호하기 위한 보호 요소로 활용하고 있다. 하지만, 차량에 전력을 공급하는 급전계통의 형태에 따라 레일전위의 크기가 달라지기 때문에 이로 인한 보호조건도 달라져야 한다 [1-2]. 따라서 본 논문에서는 특히 4궤조방식에서의 부극의 접지형태 및 접지저항 값에 따른 부극에서 발생하는 레일전위의 크기와 레일전위에 따른 보호 조건에 대한 연관성을 제시하고 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 접지방식에 따른 레일전위 상승

직류 급전방식은 차량에 따라 크게 철체차륜방식(가공전차선, 철체차륜경전철)과 고무차륜방식(고무차륜경전철, 모노레일, 자기부상)으로 구분할 수 있다.

고무차륜 방식의 경우에는 별도의 부극회로를 구성하여 전력을 공급하고 있으며, 부극회로의 접지방식 및 접지저항 값에 따라 부극에서 발생하는 전압이 매우 달라진다. 그림 1은 공급전압 750V 고무차륜방식에서의 부극 전압의 실제 측정된 사례이다.

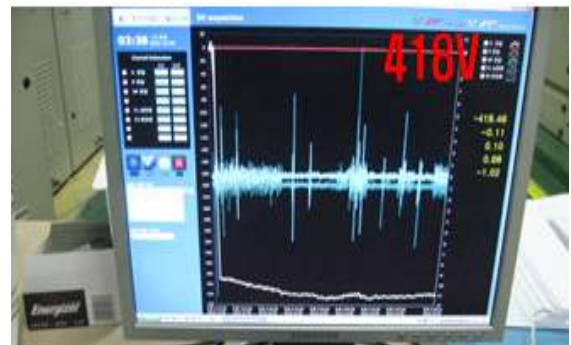


Fig. 1 An example of negative rail voltage

† 교신저자: 한국철도기술연구원 스마트전기신호본부(hsjung@krrri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 스마트전기신호본부

일반적으로 부극을 접지에 직접 연결하는 경우에는 부극의 레일전위가 거의 0V이며, 부극이 비접지인 경우에는 정극과 부극의 절연이 저하되는 경우에는 공급전압이 정극과 부극에 1/2에 분압되어 나타난다. 따라서 대부분의 경우에는 부극 전위를 감지하기 위해 부극을 저항으로 삽입하는 저항접지방식으로 운영하고 있으며 정상상태에는 레일전위는 0V 이나 지락고장, 절연저하 등 이상상태가 발생하는 경우에는 상당한 값의 전위가 발생한다. 그림 2은 저항접지방식의 직류 급전계통을 간략하게 모델링한 것이며, 식 (1)은 부극에 나타나는 전위를 나타낸 것이다[3].

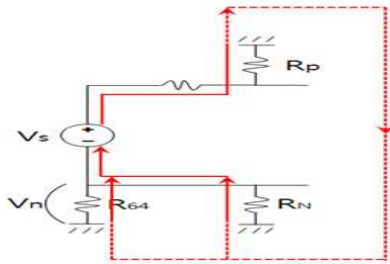


Fig. 2 An equivalent circuit

$$V_N = \frac{\frac{R_{64} \cdot R_N}{R_{64} + R_N}}{\frac{R_{64} \cdot R_N}{R_{64} + R_N} + R_P} V_S \quad (1)$$

## 2.2 절연상태에 따른 레일전위 보호

부극에 발생하는 전위는 지락고장 검출 및 레일전위 상승시 인체 감전보호를 위한 보호 요소이다. 표 1은 정상상태, 지락고장시 그리고 절연저하시의 식 (1)에 따라 부극에 발생하는 전압을 제시한 표이다.

Table 1 Rail Potential Rise in various situation

	정상상태	지락 고장시	절연저하시
절연 저항	$R_p = \text{수 M}\Omega$	$R_p \approx 0\Omega$	$R_p \approx 0.01M\Omega$
등가 식	$V_N = \frac{750}{750 + R_p} V_S$	$V_N \approx V_S$	$V_N = \frac{750}{750 + 0.01M} V_S$
부극 전위	$V_n \approx 0V$	$V_n \approx 1,500V$	$V_n \approx 100V$

표 1에서와 같이 정상상태와 지락고장상태에서는 전압의 크기가 명확하지만 절연저항의

변화에 따라서도 일정 크기의 전압이 발생할 수 있는 구조이다. 다만 절연저항은 영구적인 절연저하뿐만 아니라 기후조건 및 특정 부분의 절연저하로 인해 일시적으로 발생할 수 있기 때문에 이를 고려한 보호시스템의 운영이 요구된다. 현재 저항접지 방식에서의 저항값의 크기 및 보호값 설정은 “KS C IEC 62128-1 철도용 고정 설비-제1부: 전기 안전 및 접지에 관련된 보호 조치”를 만족하도록 설계 운영되고 있다. 또한 절연저하로 인한 인체 감전에 대한 보호를 위해서 승강장에 차량이 진입하는 경우 부극을 접지에 연결하여 부극 전위를 0V로 만들어 보호하고 있다. 표 2는 국내 적용 중인 사례를 제시한 것으로 관련 국제기준을 만족하도록 설정 운영되고 있다.

Table 2 The operation example of rail potential protection

	D 3호선	B 4호선	I 자기부상
차량방식	모노레일	고무차륜	자기부상
정격전압	1,500V	750V	1,500V
저항값	180 ohm	2,000 ohm	750 ohm
트립값	자동 설정 (안전전압)	300V, 1s	450V, 100ms

## 3. 결론

직류 급전시스템은 부극의 접지방식 및 접지 저항값에 따라 발생하는 전압의 크기가 달라지므로 이러한 시스템을 고려한 보호방식의 운영이 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 국내 대부분 적용 중인 저항접지방식에서의 저항 변화와 레일전위 상승에 대한 연관성을 살펴보고 국내 적용 중인 보호방식에 대한 사례를 검토하였다.

## 참고문헌

- [1] Myung-Hwan Min (2011) An Analysis on Rise of Rail Potential And A Study on Control Method for It in DC Feeding System, KIEE, 60(3) pp.680-685.
- [2] Chien- Hsing Lee, Chien - Jung Lu (2006) Assessment of Grounding Schemes on Rail Potential and Stray Currents in a DC Transit System, IEEE Transactions on power delivery, 21(4).
- [3] Hosung Jung (2013) An Analysis of Influence Between the Power Feeding Line Insulation and Negative Rail Potential for the DC Ground Fault Protection in the Rubber Wheel System, KIEE, 62(4), pp. 577-583.