

직류급전계통에서 레일전위상승제한장치의 동작제어기법

논 문
61-3-21

A Control Technique for the Rail Potential Limit Device in DC Feeding System

민 명 환* · 정 호 성[†] · 박 영** · 창 상 훈*** · 신 명 철[§]

(Myung-Hwan Min · Hosung Jung · Young Park · Sang-Hoon Chang · Myong-Chul Shin)

Abstract - Nowadays, in metropolitan railroad, DC feeding system is being generally applied. In order to reduce damage of electro-chemical corrosion caused by stray current and leakage current, in DC feeding system, rail is used as negative-polarity return conductor for traction load current. However, it has problem of rail potential increase and there are no adequate measures to prevent it in domestic. The rise of rail potential leads to damage for human and equipments. To solve the problems, this paper presents fundamental theory and related standards about rail potential increase. And then, we analyzed field testing data and simulated a variety of operations by using PSCAD/EMTDC as an analysis program of power system. In addition, this paper suggests rail potential limit device and addresses how to the device. To verify the effect, simulation of DC feeding system before and after the application of the device is carried out in various cases.

Key Words : DC feeding system, Rail potential, Stray current, Rail potential limit device

1. 서 론

오늘날 도시철도나 경전철의 경우 일반적으로 직류급전시스템을 채용하고 있으며 레일을 운행전류의 귀선로로 사용하고 있다. 또한 누설전류로 인한 지하매설물의 전식 피해를 감소시키기 위해 비접지시스템(floating system)을 적용하고 있다. 하지만 비접지시스템에서는 레일전위상승으로 인한 위험이 상존하고 있고, 레일전위상승과 관련한 감전사고가 증가하고 있지만 아직 국내 도시철도에서는 레일전위상승에 대한 대책이 없는 실정이다. 따라서 높은 레일전위 발생에 따른 위험을 방지하기 위한 기법의 연구 및 적용으로 도시철도를 이용하는 승객과 전력설비의 보호 대책을 마련해야 한다.

이를 위해 본 논문에서는 먼저 레일전위 상승의 원리와 국제규격의 안전범위를 제시하고 현장시험에서의 레일전위를 측정하고 분석하였다. 또한 전력계통해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 활용하여 다양한 상황에서의 운전 시뮬레이션을 수행하고 레일전위 상승 요인을 분석하였다. 그 결과 레일전위는 변전소 간격, 차량의 부하 전류 및 레일의 절연

상태 등에 따라 수시로 변하고 상황에 따라 안전전압범위를 초과하는 높은 레일전위가 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 본 논문에서는 인체에 피해를 줄 수 있는 위험전위 발생 시 레일전위상승제한장치의 사용으로 사고를 방지하는 기법을 제시한다. 또한 누설전류의 최소화 및 제한장치의 지속시간을 고려한 레일전위상승제한장치의 운용기법과 알고리즘을 제시하고 시뮬레이션을 통해 실제 적용의 유용성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 레일전위

직류급전 계통에서는 운행레일을 전동차 부하에 공급된 전류의 귀선도체(negative conductor)로 사용하여 별도의 귀선도체 설치비용을 절감하고 있다. 하지만 선로를 따라 대지 위에 설치된 레일은 대지와 절연시키기는 하지만 완전 절연은 불가능하여 대지로 전류가 누설되며, 이러한 누설전류(leakage current or stray current)는 레일 주변에 설치된 가스관이나 수도관 같은 지하매설물에 전기화학적 부식(전식)을 일으킨다. 전식이 누적될 경우 가스관 파손 및 수도관 파손 등의 치명적인 피해를 초래하고, 이러한 피해를 방지하기 위해 직류급전계통에서는 레일과 대지를 절연시키는 비접지방식을 사용하고 있다[1].

하지만 비접지방식의 적용은 누설전류의 감소라는 큰 장점을 가지고 있는 반면 레일전위상승으로 인한 인명피해와 전기 철도 설비 손상의 단점도 가지고 있다. 따라서 전위상승으로 인한 피해를 방지하기 위해 레일전위 발생의 특성을 확인할 필요가 있고, 그림 1은 병렬급전 시 직류급전방식에서의 레일전위 분포를 나타낸다.

* 정 회 원 : 성균관대 전기전자 및 컴퓨터학과 석사과정
[†] 교신저자, 정회원 : 한국철도기술연구원 광역도시철도연부분부선임연구원
 E-mail : hsjung@krii.re.kr
 ** 정 회 원 : 한국철도기술연구원 고속철도인터페이스연구원 선임연구원
 *** 정 회 원 : 한국철도기술연구원 광역도시철도연부분부장
[§] 펠로우회원 : 성균관대 전기전자 및 컴퓨터학과 교수
 접수일자 : 2012년 1월 6일
 최종완료 : 2012년 2월 7일

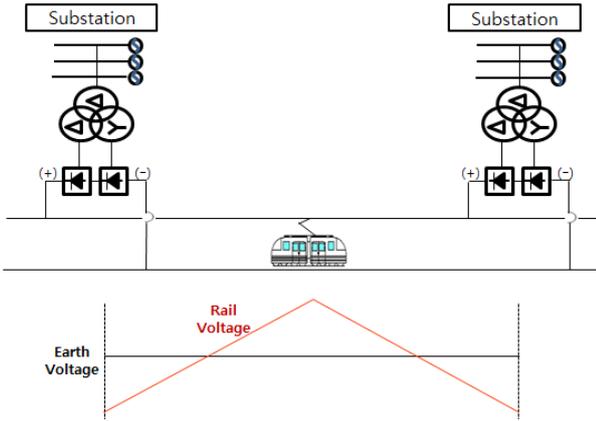


그림 1 비접지방식의 레일전위 분포
Fig. 1 Distribution of rail potential in floating system

실제 직류급전계통에서 적용하고 있는 병렬급전방식에서는 차량위치에서 대지전위(earth voltage)를 기준으로 양(+) 전위가, 변전소 위치에서는 음(-)전위가 발생한다. 전동차의 전류는 레일을 통해 변전소로 흐르지만 레일과 대지 사이의 누설저항으로 인해 대지로의 누설전류가 발생하고, 누설되는 지점의 레일전위는 대지의 전위보다 높은 +전위가 된다. 또한 변전소와 차량 사이의 중간지점을 지나면 대지로 누설되었던 전류가 레일로 흐르고 그 지점의 레일전위는 -전위가 된다[2][3]. 특히 승객이 승하차하는 플랫폼 부근이나 차량을 점검하는 차량기지 부근에 차량이 위치할 경우, 높은 전위로 인한 접촉전압사고나 아크사고로 인체 및 장비에 피해가 발생한다. 이러한 레일전위는 다음 식으로 정의된다[4].

$$V_p = \frac{I}{4} \cdot \delta(1 - \exp^{-\alpha l})^2 \tag{1}$$

$$V_m = \frac{I}{2} \cdot \delta(1 - \exp^{-\alpha l}) \tag{2}$$

$R (\Omega)$: 레일의 저항

$G_R (S)$: 레일의 대지 컨덕턴스

$\alpha = \sqrt{RG_R}$: 레일의 감쇠정수

$\delta = \sqrt{\frac{R}{G_R}}$: 레일의 특성저항

$I (A)$: 부하전류

$l (km)$: 변전소에서 부하지점까지의 거리

레일전위는 부하전류량, 레일의 저항 및 변전소와 부하 사이의 거리 등 여러 요소에 의해 순간적으로 변한다. 또한 부하전류는 차량의 시격과 승객의 수에 영향을 받고, 레일의 저항 및 누설 저항은 레일시스템의 절연상태나 노후 상태에 영향을 받는다. 수도권 도시철도의 경우 승객이 매우 많고 차량의 시격도 짧아 부하전류량이 크다. 또한 레일시스템이 설치시기가 오래되고 절연상태가 열악하여 레일의 특성저항이 설치 초기의 기준 값보다 더 크다. 이로 인해 높은 레일전위가 발생하고 인체나 장비에 대한 피해를 야기한다.

높은 전위발생으로 인한 인체 위험사고를 방지하지 위해 IEC 62128-1(railway applications - fixed installations -

part 1 : protective provisions relating to electrical safety and earthing)에서는 지속시간에 따른 전위(접촉전압, 신체 허용전압)의 크기한도를 제시하고 있으며 표 1에서와 같이 지속시간을 세 가지 조건으로 규정하고 있다. 여기서 짧은 시간은 고장조건을, 일시적 영구적 시간은 정상조건일 때를 의미한다.

표 1 지속시간 정의

Table 1 Definition of running time

조건	t[s]
짧은 시간	$0.02 \leq t \leq 0.5$
일시적	$0.5 < t \leq 300$
영구적	> 300

그림 2는 지속시간에 따른 허용접촉전압을 나타낸다. 여기서 짧은 시간 조건(고장조건)에서의 최대허용접촉 전압은 395~940[V], 일시적 시간 조건에서의 최대신체접촉 전압은 150~310[V], 영구적 조건에서는 120[V] 까지 제한하고 특히 작업장이나 이와 유사한 장소에서는 60[V] 이내로 규정하고 있다[5].

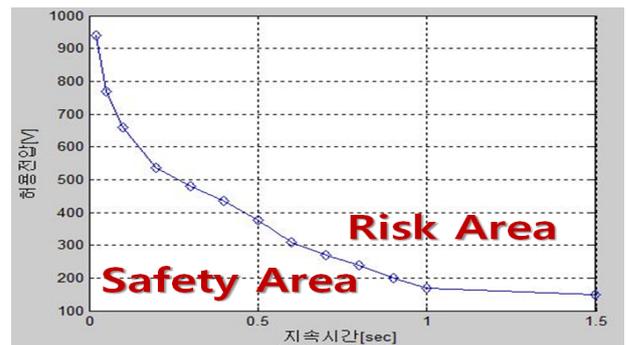


그림 2 접촉지속시간에 따른 허용전압
Fig. 2 Accessible voltage for running time

위의 허용 전압을 기준으로 정상 및 고장 시의 레일전위를 측정해야 하고, 레일전위 값과 접촉지속시간을 실시간으로 감시하여 허용레벨 초과 시 적절한 조치를 취해야한다.

2.2 레일전위상승제한장치 및 동작 알고리즘

현재 국내 도시철도에서는 레일전위상승을 방지하는 시스템이 적용되고 있지 않고 레일전위상승으로 인한 사고 사례는 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 레일전위상승으로 인한 인명 및 전력설비의 피해를 방지하기 위해 기존연구에서는 높은 레일전위가 발생하는 장소, 인명피해가 우려되는 차량기지 및 역 내에 전압을 제한하는 레일전위상승제한장치의 설치를 제안한다[6][7].

먼저 그림 3은 레일전위상승제한장치의 구성도를 나타낸다. 승객이 승하차하는 역 내에 레일전위상승제한장치를 설치하여 레일과 접지 단자를 스위치 소자로 접속하고 실시간으로 레일전위(V_r)를 감시한다.

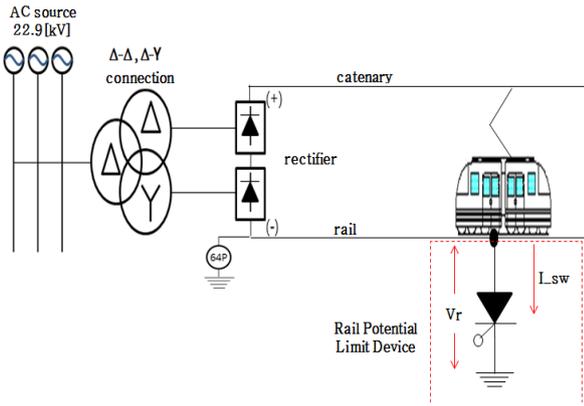


그림 3 레일전위상승제한장치 구성도
Fig. 3 Composition of rail potential limit device.

레일전위의 실시간 감시 도중 전위가 허용범위를 초과할 때 레일전위상승제한장치를 동작시켜 순간적으로 0[V]로 전위를 제한함으로써 전위상승으로 인한 인명피해나 설비의 손상을 방지할 수 있다. 하지만 레일전위상승제한장치가 동작할 경우, 순간으로 접지시스템으로 변하게 되고 차량의 전류는 레일이 아닌 대지나 인근 설비로 유출되어 원하지 않는 누설전류가 발생하게 된다. 그 누설전류는 주위의 금속 시설물이나 지하에 매설된 가스관이나 수도관에 전식피해를 야기한다. 따라서 레일전위상승으로 인한 사고를 방지함과 동시에 누설전류를 최소화할 수 있는 레일전위상승제한장치의 동작 기법이 필요하다.

본 논문에서는 레일전위상승제한장치의 동작 기법을 위한 알고리즘을 제안한다. 먼저 IEC 62128-1이 제시하는 짧은 시간 조건에서의 시간이 0.02~0.5[sec]이므로 레일전위의 측정 시간 단위를 0.01[sec]로 하여 레일전위를 실시간으로 감지한다. 그리고 위험전압의 초과 시 전압레벨에 따른 허용 지속시간을 감지하고 지속시간이 허용치를 초과할 경우 레일전위상승제한장치가 동작한다. 그림 4는 레일전위상승제한장치가 동작하지 않을 경우(좌), 동작할 경우(우)의 레일전위와 전류를 나타낸다.

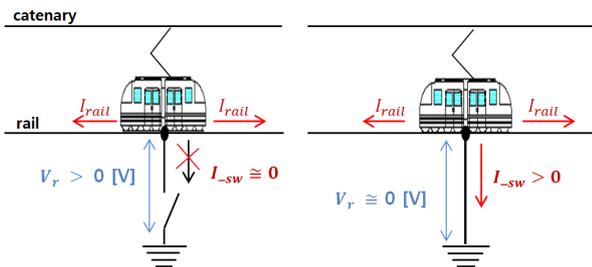


그림 4 레일전위상승제한장치 동작하지 않을 경우(좌), 동작할 경우(우)의 레일전위와 전류
Fig. 4 Rail potential and I_{sw} depending on the device

레일전위상승제한장치가 동작할 경우 차량운행 전류는 레일과 접지로 분배되어 흐르게 되고, 접지로 흐르는 전류 (I_{sw})는 대지로 누설되어 금속매설물의 전식을 발생시킨다. 따라서 누설전류를 감소시키기 위해, 레일전위가 상승하

여 위험레벨을 초과하면 레일전위상승제한 장치를 turn on 시키고, 레일전위가 안전한 범위로 다시 감소하면 레일전위상승제한장치를 turn off 하는 방식으로 동작지속시간을 최소화시켜야 한다. 하지만 레일전위상승제한장치가 동작할 경우, 레일전위는 0[V]를 유지하고 있기 때문에 전압 값으로 장치의 turn off 시기를 결정할 수 없다는 문제점이 있다. 이 문제를 해결하기 위해 다음과 같은 방법을 제시한다.

장치가 동작할 경우 부하 전류는 레일과 장치로 분배되어 흐르게 된다. 이 때, 장치가 동작하여 레일전위가 0[V]이더라도 차량에 전류는 계속 전달되고 그 전류량에 따라 장치로 흐르는 전류량도 바뀐다. 따라서 레일전위상승제한장치로 흐르는 전류를 감지하여 레일전위 값을 예측하고 장치의 turn off 시기를 결정할 수 있다. 레일전위와 장치의 전류 사이의 상관관계는 장치가 동작하지 않을 경우의 레일전위 값을 측정하고, 동일한 조건으로 장치를 동작시켰을 경우 장치로 흐르는 전류 (I_{sw})을 측정함으로써 예측할 수 있다.

앞서 제시한 레일전위상승제한장치 동작기법의 유용성을 확인하기 위해 그림 3과 같은 구성으로 직류급전시스템을 모델링했으며, 레일의 저항은 0.074[Ω/km], 급전선의 저항은 0.0203[Ω/km], 스위치의 내부저항은 0.1[Ω]로 하고, 부하의 크기를 변화시켜가며 시뮬레이션을 수행했다. 또한 장치에 흐르는 전류 I_{sw} 의 크기와 레일전위의 관계를 검증하기 위해 레일전위상승제한장치를 적용하지 않을 경우의 레일전위를 측정하고 장치를 적용하여 동작할 경우의 I_{sw} 를 측정하여 비교하였다. 그림 5는 장치의 동작 전 후의 레일전위와 I_{sw} 를 측정하여 그래프로 나타낸 것이다.

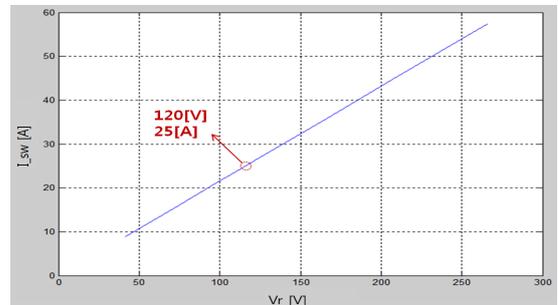


그림 5 레일전위에 따른 I_{sw}
Fig. 5 I_{sw} depending on rail potential

그림 5와 같이 레일전위와 I_{sw} 는 선형적으로 비례한다. 만약 발생된 레일전위가 IEC 62128-1에서 제시한 영구적 조건에서의 허용전압(120[V])일 경우 전류(I_{sw})가 25[A]임을 확인할 수 있고, 그 이하로 감소할 때 레일전위는 안전범위 이내로 낮아짐을 예측할 수 있다. 따라서 I_{sw} 가 25[A] 이하로 감소할 때 레일전위상승제한장치를 turn off 시키고, 다시 알고리즘의 초기상태로 돌아가게 하여 장치의 동작시간을 최소화할 수 있다. 하지만 레일시스템의 저항 값과 스위치 소자의 내부 저항 값에 따라 I_{sw} 가 다르기 때문에 실제 적용을 위해서는 장치의 설치 장소, 레일전위 절연상태 및 스위치 세부사항을 고려하여 허용전압을 설정하고 그에 따른 I_{sw} 의 기준 값을 결정해야 한다. 또한 레일전위상승제한장치의 동작시간을 결정하기 위해 장치의 동작시간과

알고리즘 연산 시간을 고려해야한다. 이를 위해 직류급전계통의 대전류(수 백 암페어) 고전압(1500±500V) 특성과 빠른 스위치 동작시간(0.01s 이하) 특성에 적용 가능한 스위치 소자 중 하나(GTO thyristor)를 선정하고 표 2에 그 세부 사양을 제시하였다.

표 2 GTO thyristor 의 사양

Table 2 Specification of GTO thyristor

Symbol	Parameter	Ratings	Unit
I_{TQRM}	Repetitive controllible on-state current	4000	A
$I_{T(AV)}$	Average on-state current	1200	A
V_{DRM}	Repetitive peak off state voltage	4500	V
t_{gt}	Turn-on time	8	μs
t_{gq}	Turn-off time	35	μs

그림 6은 레일전위상승제한장치의 동작 알고리즘 구성도를 나타낸다. 먼저 실시간으로 레일전위를 감시하고 위험전압이 발생할 경우 지속시간을 측정한다. 위험전압의 지속시간이 표 2에 제시한 IEC 62128-1의 안전범위를 초과하면 레일전위상승제한 장치가 동작하여 레일전위를 감소시키고, 동시에 장치로 흐르는 전류량을 감지하여 기준 값 보다 작아질 때 장치를 turn off시킨다.

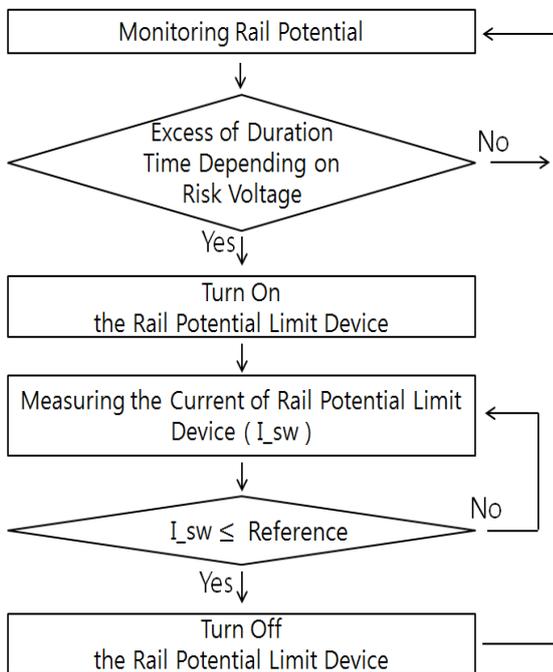


그림 6 레일전위상승제한장치 운용알고리즘
Fig. 6 The operation algorithm of rail potential limit system

이 같은 알고리즘의 적용으로 레일전위발생으로 인한 사고를 방지하고 또한 레일전위상승제한장치 동작시간을 최소화함으로써 누설전류도 감소시킬 수 있다.

2.3 레일전위상승제한장치 운용 시뮬레이션

순간적인 높은 위험전압이 발생하더라도 지속시간이 매우 짧은 경우에는 인체에 큰 피해를 주지 않는다. 또한 매우 높은 전압이 발생 시에는 짧은 지속시간에도 위험하기 때문에, IEC62128-1에서 제시하는 지속시간에 따른 위험전압을 고려하여 레일전위상승제한장치를 동작시켜야 한다.

그림 7은 레일전위상승제한장치 적용 전의 레일전위를 나타낸다. 레일전위상승제한장치의 유용성을 검증하기 위해 레일의 특성저항과 부하전류의 양을 레일전위가 안전레벨을 초과하는 열악한 조건으로 설정하여 시뮬레이션을 수행했다 [8].

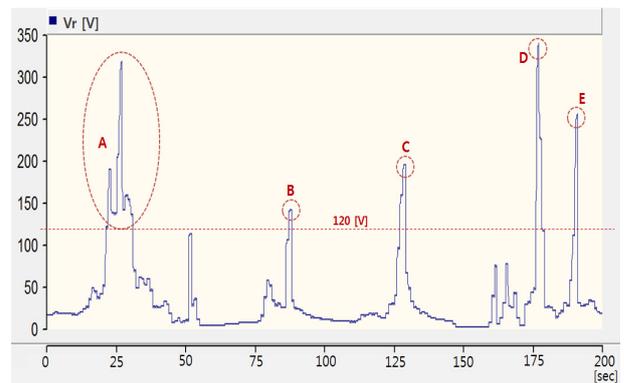


그림 7 레일전위제한장치 적용 전 레일전위
Fig. 7 Rail potential before applying rail potential limit device

레일전위상승제한장치 적용 전에는 점선으로 표시한 부분(A,B,C,D,E)에 120[V](영구적 조건의 위험전위)를 초과하는 위험전위가 나타나는 것을 알 수 있다. 표 3은 위험전위의 지속시간과 그에 따른 스위치의 동작여부를 나타내며 위험전위의 지속시간이 IEC 62128-1에서 제시하는 안전범위를 초과하는 부분에서는 스위치가 동작한다. 하지만 B부분에서와 같이 위험전위를 발생하더라도 그 지속시간이 짧은 경우 스위치가 동작하지 않은 것을 확인할 수 있다.

표 3 위험전위발생과 지속 시간

Table 3 risk potential occurrence and duration time.

	Rail potential [V]	Duration time [s]	Result
A	180~320	8.42	non safety
B	140	1.21	safety
C	158~194	2.17	non safety
D	224~325	1.86	non safety
E	191~254	0.93	non safety

그림 8은 위험전위가 지속시간을 초과할 때의 레일전위제한장치 동작파형(switch)과 그 때의 전류 I_{sw} 를 나타낸다.

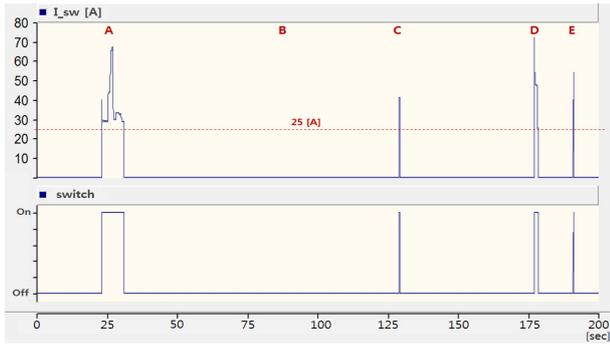


그림 8 레일전위제한장치 동작 및 I_{sw} 파형
 Fig. 8 Operation of rail potential limit device and current of switch

평상시 장치는 turn off 상태를 유지하고 있으므로 I_{sw} 는 0[A]를 나타낸다. 하지만 레일전위제한장치가 동작할 경우 장치에 전류가 흐르게 되고, 그 전류량은 레일전위에 따라 변한다. 레일전위가 감소할 때 I_{sw} 도 감소하고 25[A] 이하로 감소할 경우 장치가 turn off 된다. 안전범위 이내가 되면 바로 장치가 turn off 되어 레일전위상승으로 인한 피해를 방지함과 동시에 누설전류의 양도 감소시킬 수 있다.

그림 9는 레일전위상승제한장치를 적용할 경우의 레일전위를 나타내고 표 4는 장치적용 시 위험전위와 지속시간을 나타낸다. 위험전위가 발생한 모든 시점(A,B,C,D,E)에서 발생전압에 따른 지속시간이 짧아서 항상 안전범위를 유지함을 확인할 수 있다.

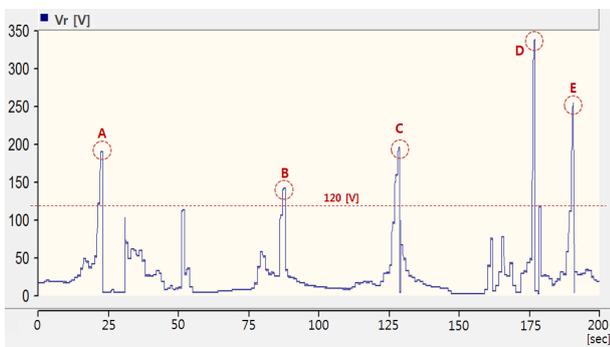


그림 9 레일전위제한장치 적용 후 레일전위
 Fig. 9 Rail potential after applying rail potential limit device

표 4 장치 적용 후의 위험전위의 지속 시간
 Table 4 Duration time of risk potential after applying the device

	Rail potential [V]	Duration time [s]	Result
A	186~190	0.84	safety
B	140	1.21	safety
C	158~194	1.25	safety
D	224~325	0.63	safety
E	191~254	0.74	safety

2.4 결과고찰

전압레벨에 따라 레일전위상승제한장치를 적용할 경우, 레일전위가 순간적으로 높게 발생하더라도 인체에 위험이 없을 정도의 짧은 지속시간이라면 스위치가 동작하지 않도록 하여 스위치의 불필요한 동작을 줄이고 누설전류의 양도 감소할 수 있다. 또한 매우 높은 위험전압이 발생하면 즉시 스위치가 동작하고 레일전위가 안전범위 이내로 감소할 때 까지 turn on 상태를 유지하도록 설계하여 안전성을 더욱 높일 수 있다. 하지만 레일의 저항이 및 누설저항이 구간마다 다르기 때문에 I_{sw} 의 기준 값은 레일 저항과 누설 저항, 그리고 레일전위상승제한장치의 내부저항 값을 고려하여 결정해야 한다.

3. 결론

최근 직류전기철도시스템을 적용하는 도시철도에서 레일 전위상승으로 인한 사고의 위험이 농후하다. 하지만 그에 대한 대책이 없는 실정이다. 레일저항이 클수록, 레일과 대지의 절연상태가 불량할수록, 부하의 크기(승객 수, 전동차의 시격)가 불안정할수록, 레일전위는 상승하고 허용전압을 초과하는 위험전위는 인체 및 전력 장비에 피해를 준다. 현재 수도권 전철의 경우, 건설시기가 오래되어 레일의 절연상태가 매우 불량한 곳이 많고, 출퇴근 시간에는 혼잡율이 매우 높아 지하철이 아닌 지옥철이라 일컬을 정도로 부하의 부담률이 상당히 크다. 또한 열차의 시격 또한 매우 짧기 때문에 부하전류의 양이 매우 많고 그로 인해 많은 양의 누설전류와 높은 레일전위가 발생하여 허용전위레벨을 초과하는 구간이 다수 존재할 것으로 판단된다.

본 논문에서는 직류전기철도에서의 레일전위 상승에 대한 구체적인 보호방법을 제시하고 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 레일전위상승으로 인한 사고를 방지하기 위해 레일전위상승제한장치를 제안했으며 위험전압레벨과 허용시간을 고려한 동작제어 알고리즘을 제시했다. 위험전압과 관련하여 IEC 62128-1에 제시된 접촉 시간에 따른 허용전압을 초과하는 경우 레일전위상승제한장치는 turn on 되며, 장치에 흐르는 전류량을 판단하여 turn off 된다. 따라서 높은 위험전압이 발생하더라도 인체에 위험을 끼치지 않을 정도의 시간만 지속되면 장치는 동작하지 않고, 반대로 비교적 낮은 전압이 발생하더라도 허용지속시간을 초과하면 장치가 동작하여 역 내의 감전 사고를 방지할 수 있다. 또한 위험전압 이내로 감소할 경우 turn off 되어 스위치의 수명 및 누설전류의 양을 감소시킬 수 있다.

하지만 레일의 저항이 및 누설저항이 구간마다 다르기 때문에 I_{sw} 의 기준 값은 레일 저항과 누설저항, 그리고 레일 전위상승제한장치의 내부저항 값을 고려하여 결정해야 할 것으로 판단된다. 또한 장치가 동작할 경우 발생하는 누설전류에 대한 분석과 연구가 계속 수행되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 도시철도표준화2단계연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화A01)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] 철도청, "전기업무자료", pp. 239-252, 2004
- [2] 김정철, "급전계통 해석과 한국철도전기의 이해", 기다리, pp. 265-266, 2008
- [3] 김성길, "도시철도기술자료집(7) 전기", 서울특별시 지하철 건설본부, pp. 59-64 2005
- [4] 강인권, "전기철도시스템공학", 성안당, pp. 237-301, 2004
- [5] 한국표준협회, "KS C IEC 62126-1 철도용 고정설비-제1부: 전기 안전 및 접지에 관련된 보호 조치", 2006
- [6] M.Niasati, A.Gholami, "Evaluation of Rail Potential Control Devices Performance for Control of Rail Potential of DC Electrified Railway Systems", International Conference on Railway Engineering, march 2008.
- [7] 민명환, "직류급전계통에서의 레일전위 상승 분석 및 억제 방안 연구", 대한전기학회 논문지, 제60권 제3호, 680-685p, 2011.3
- [8] 민명환, "직류급전계통에서의 레일전위상승으로 인한 사고 분석", 2010 대한전기학회 전기설비부문회 추계학술대회 논문집, 2010.11, page(s): 1-590

저 자 소 개



민 명 환 (閔 明 煥)

1981년 2월 8일생. 2010년 숭실대학교 전기공학과 졸업(학사). 2010년~현재 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 석사과정.

Tel : 031-290-7161

E-mail : mhmin@skku.ac.kr



정 호 성 (鄭 澣 聖)

1971년 10월 4일생. 1998년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2002년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 현재 한국철도기술연구원 전철전력연구실 선임연구원

Tel : 031-460-5116

Fax : 031-460-5459

E-mail : hsjung@krii.re.kr



박 영 (朴 暎)

1973년 11월 3일생. 2000년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부졸업(공학석사). 2004년 동대학원 동학과 졸업(공학박사). 현재 한국철도기술연구원 고속철도인터페이스 연구실 선임연구원

Tel : 031-460-5424

Fax : 031-460-5459

E-mail : ypark@krii.re.kr



창 상 훈 (倉 相 勳)

1961년 3월 28일생. 2002년 홍익대 대학원 전기정보제어공학과 졸업(공학박사). 1992년~1994년 철도청 기술연구소. 2004년~2005년 고려대 차세대전력연구센터 객원연구원. 2002년~서울산업대 철도전문대학원 겸임교수. 1994년~2011년 현재

한국철도기술연구원 광역도시철도연구본부부장

Tel : 031-460-5424

Fax : 031-460-5459

E-mail : ypark@krii.re.kr



신 명 철 (申 明 澈)

1970년 성균관대 전기공학과 졸업.

1978년 연세대학교 대학원

전기공학과졸업(박사). 1975년~1978년

충북대학교 전기공학과 조교수.

2000년~2001년 미국펜실바니아

주립대학교 방문교수.

1978년~현재 성균관대학교 전기전자 및

컴퓨터공학부교수.

2005년~2007년 대한전기학회장.

2005년~2007년 성균관대학교 자연과학캠퍼스 부총장

Tel : 031-290-7103

FAX : 031-290-7168

E-mail : mcshin@yurim.skku.ac.kr