

전철 탑재용 DC 피뢰기의 설계 및 전계분포 특성

조한구\*, 유대훈\*\*  
한국전기연구원

Electric Field Analysis and Design of Direct current Arresters for electric Traction Vehicles

Han-Goo Cho\*, Dae-Hoon Yoo\*\*  
KERI

**Abstract** - This paper describes electric field analysis and design of direct current arresters for electric traction vehicles. Generally, DC arresters are used to protect the electric traction to limit the overvoltage invading into its inner electrical circuits. We could proposed operating voltage( $U_c$ ), the rated voltage( $U_r$ ). Finally maxwell 2D simulator based on the boundary element method was also introduced in order to verify the reliability of the DC arresters.

사이로 결과적으로 본 피뢰기의 연속사용전압은 최소 1,800V 이상은 되어야 보장된 수명을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 한편 피뢰기 정격전압의 경우 일시적 과전압의 크기로부터 결정할 수 있으며 국내 급전선로의 전동차 운행에 따른 피뢰기의 운전 상태를 분석한 결과를 참조할 때 공칭전압 DC 1,500V에 대해 일시적 발생 과전압은 대략 1,950V로 피뢰기의 정격전압은 최소 2,000V 이상의 전압값을 가져야 차량 안정성 확보가 가능할 것으로 판단된다[1].

1. 서 론

일반적으로 직류전철에 탑재되는 피뢰기는 낙뢰와 같은 외부로부터의 과도전압(transient overvoltage)과 내부 급전계통 운영에 요구되는 차단기의 동작, 팬트그래프(pantograph)와 급전선의 접촉 등의 개폐과전압으로부터 차량을 보호하는 역할을 한다. 이러한 직류 피뢰기는 일반적인 전력용 피뢰기와는 달리 과전압이 높으며 상시 인가전압의 과형 왜율이 클 뿐 아니라 개폐제지 빈도가 매우 높으므로 보다 엄격한 사양이 요구되어 진다. 특히 최근에는 기존의 자기(porcelain) 피뢰기 대신 내오손 특성이 우수하며 외부형상 설계에 우수한 폴리머(polymer) 재질의 피뢰기가 사용되고 있다. 하지만 국내 전철탑재용으로 사용되는 피뢰기의 경우 전량 외국에서 수입하는 실정으로 국내 연구개발은 매우 미미한 실정이다. 특히 대부분 교류 전원계통에서의 피뢰기 연구가 진행되어 직류 전기철도의 운전특성을 고려한 사고요인의 분석이나 피뢰기의 선정과 관리에 대한 연구는 전무하다[1].

본 연구에서는 전철 탑재용 피뢰기의 기본적인 정격 및 직류 조건에서의 서지환경을 고려한 설계안을 제시하며 모델 형상들을 설계한 후 전계해석을 통해 전계분포 거동에 대해 조사하였다.

2. 본 론

2.1 전철 탑재용 피뢰기 설계

직류 피뢰기의 정격전압 및 연속사용전압은 사용되는 운전전압의 변동에 의해 결정되어지며 직류철도 설비와 관련한 규격 EN 50163에서 정의하는 전압범위를 고려해야 한다[2]. 규격에서는 그림 1과 같이 공칭전압( $U_s$ )에 대해 전압범위 및 지속시간 등을 고려하여 다음과 같이 정의하고 있다. 일반적으로 피뢰기의 실제 연속사용전압은 시스템의 공칭 전압인 1,500V 보다 높게 설정되어 지며 비정상 동작 조건을 감안하여 최대 5~10%의 이상의 여유를 가지는 1,650V로 설계되어 있다. 하지만 실 선로에서 전동차 운행 중의 운전전압의 최대값은 대략 1,700~1,800V

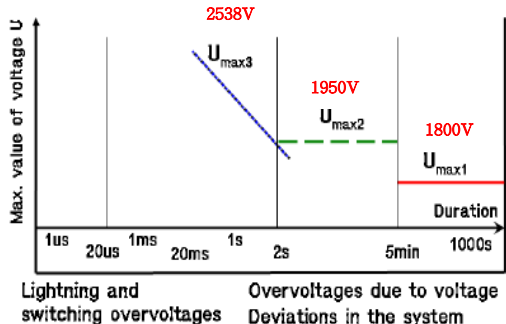
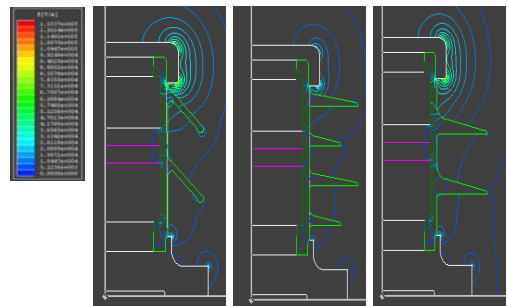


그림 1. Maximum value of voltage U according to duration

2.2 전계분포 특성

그림 2는 각 모델별 전계분포 특성을 나타내는 것으로 각 shed의 형상별 전계의 분포는 다소 차이가 있는 것으로 확인되었다. 각 모델들에 대한 전계값을 확인한 결과 모델 1, 2, 3의 최대 전계값은  $1.45 \times 10^5$ ,  $1.02 \times 10^5$ ,  $1.38 \times 10^5$  [V/m] 순으로 설계안 2의 경우가 가장 낮은 전계값을 나타내었으며 그 위치는 전극 캡과 고분자 하우징이 만나는 계면부위인 것으로 확인되었다. 또한 그림에서도 알 수 있듯이 전반적으로 전계집중이 나타나는 곳은 세 모델 모두 전극 캡 부위 그리고 피뢰기 내부 계면에서 나타나고 있으며 큰 변화는 아니지만 누설거리가 가장 긴 설계안 2의 경우 상부 캡 주위의 전계집중이 보다 완화된 것을 알 수 있다.



(a) Model 1 (b) Model 2 (c) Model 3

그림 2. 각 모델별 전계분포 특성

3. 결 론

본 연구에서는 전철 탑재용 피뢰기의 설계안 및 모델 형상들에 따른 전계해석을 통해 전계분포 거동에 대해 조사하였으며 다음과 같은 결과를 확인하였다.

- 1) DC 1,500V 전동차용 피뢰기의 운전전압은 최소 1,800V 이상이며 일시적 발생 과전압은 대략 1,950V로써 피뢰기의 정격 전압은 최소 2,000V 이상의 전압값을 가져야 차량 안정성 확보가 가능할 것으로 나타났다.
- 2) 각 모델들에 대한 전계값을 확인한 결과 모델 1, 2, 3의 최대 전계값은  $1.45 \times 10^5$ ,  $1.02 \times 10^5$ ,  $1.38 \times 10^5$  [V/m] 순으로 누설거리가 가장 긴 설계안 2의 경우 상부 캡 주위의 전계집중이 보다 완화된 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] 송재용, 남정우, 박종택, 김진표, 박남규, “ 전철용 피뢰기의 사고요인 분석”, 한국법과학지, Vol. 8, No. 1, pp 20~25, 2007.  
[2] “Railway applications - Supply voltages of traction system. European standard” EN50163, 1998.