

# 고무차륜트램의 위험도분석

## Hazard Analysis of Rubber Tired Tram

\*장세기, 김연수

\*S. Chang(seky@krri.re.kr), YS Kim  
한국철도기술연구원

Key words : Hazard, Bimodal, Rubber Tired Tram

### 1. 서론

고장이란 기능, 시스템 등이 기능장애를 일으키는 것으로 고장모드는 고장을 일으키는 원인이라고 할 수 있다. 바이모달 트램은 전기, 전자, 기계분야가 종합된 기술집약적 첨단화된 차량으로서 다양한 기능을 수행하기 위한 주요부품들이 기존 차량에 비해 그 수가 월등하고 차량이 정상적으로 주행되기 위한 부품상호간의 의존성도 매우 높다. 이러한 환경 하에서 고장모드는 보다 다양하게 발생하고 복잡한 형태를 지닐 것이라는 것은 당연하다.

바이모달 트램을 설계·제작하여 시험하는 과정에서 고장모드는 초기에 단순한 형태를 보이다가 차량의 주행거리가 길어지면 길어질수록 복잡한 형태를 지니게 된다. 차량제작 후 커미셔닝을 진행하는 초기에는 차량이 정지된 상태에서 시험되므로 고장모드는 주로 전기·전자적 고장모드로 나타나고 고장의 발생빈도는 높으나 고장모드의 종류는 부품불량, 배선불량, 소프트웨어 오류, 센서 불량등과 같이 제한된 형태를 보여주게 된다.

초기에 발생하는 고장들의 고장모드는 작업자의 실수 및 잘못된 부품 선정 등으로부터 기인하는 것이 대부분으로 차량에는 큰 영향을 주지 않으나 공정의 단축을 위해서는 신속히 해결되어야 하는 사항들이다.

차량 커미셔닝 시 바이모달 트램의 기계적인 조립상태는 각 기관별로 사전에 철저한 검사를 통해 확인된 부분으로 고장이 일어날 소지는 매우 적다고 보아도 무방하다. 초기에 발생된 고장모드가 모두 해소되고 차량이 정상화되어 차량이 시험선을 주행하게 되면 차량 정지 시 나타났던 전기·전자적 고장모드보다는 주행과 관련된 보다 더 복잡한 형태의 고장모드가 발생하게 되므로 고장원

인을 파악하는데 있어 어려운 경우가 다수이다. 차량주행이 진행되고 주행거리가 길어짐에 따라 고장의 발생빈도(건/일)는 적으나 그 영향은 매우 크게 나타난다.

### 2. 차량 커미셔닝 고장모드

차량 커미셔닝시 발생하는 고장에 대한 고장모드로는 크게 4가지로서 전기·전자적인 측면에서 배선불량, 부품불량, 소프트웨어 오류, 센서불량을 선택할 수 있다. 이들 고장모드는 작업자의 실수, 설계자의 부적절한 판단, 운반과정에서의 파손 등으로부터 발생하는 것으로서 커미셔닝 기간 중 반드시 확인되어 해결되어야 할 사항들이다.

### 3. 차량주행시 고장모드

차량주행시에는 전기적, 전자적, 기계적 요소들이 복합적으로 작용하여 고장을 일으키는 경우가 많고 고장이 발생하면 차량의 운행에 영향을 주어 돌발 상황을 만들어 내거나 아예 차량의 동작을 정지시키는 상황도 발생시킬 수 있다. 이러한 고장은 차량에 중대한 손상을 입힐 수도 있고 인명피해도 야기할 수 있을 정도의 위험성을 내포하고 있다.

차량주행에 따른 고장은 경미한 고장과 중대한 고장으로 나누어 볼 수 있다. 경미한 고장은 차량의 운행에 영향을 줄 정도는 아니나 운전자의 확인이 필요한 것이고 중대한 고장은 차량의 운행에 심각한 영향을 주어 차량주행이 더 이상 불가능하고 반드시 차량기지로 들어가야 하는 고장을 말한다.

### 4. 시나리오 개발 및 분석

바이모달 트램을 구성하는 다양한 장치는 상호 복합적으로 연계되어 동작하므로 한 장치의 고장은 다른 장치의 동작에 영향을 줄 수 있다.

고장은 앞서 살펴본 바와 같이 경고장과 중고장으로 나누어 볼 수 있고 경고장은 A class, 중고장은 B class 또는 C class와 같이 연결 지을 수 있다.

경고장(등구류 점등불량, 냉난방기 동작이상, 방송 및 영상표출장치 동작이상 등)은 운전자가 노선에서 즉시 조치할 수 있거나 차량주행에 영향을 주지 않는 고장으로 운전자는 고장정보를 운영센터에 전달하고 고장종류에 따라 노선 주행이 완료된 후 기지로 복귀하여 점검을 받게 된다.

중고장은 고장의 정도가 심하여 더 이상의 정상적인 운행이 불가능하다고 판단되는 경우로서 대응방안은 고장상태에 따라 크게 세 가지로 분류할 수 있다.

첫 번째는 엔진모드 또는 배터리모드 중 어느 하나의 모드에 문제가 발생하여 하이브리드 운행이 불가능한 경우로 이때 운전자는 운영센터와 협조하여 기지복귀가능여부를 판단하고 기지복귀가 가능하다고 판단되면 가장 빠른 기지복귀방법에 따라 기지로 복귀하여 고장상태를 점검받는다.

두 번째로 차량을 기지까지 주행이 어렵다고 판단되는 상황에서는 해당 정비담당자와의 교신 또는 현장에 정비담당자를 파견하여 차량을 정상화 시킨 후 기지로 복귀한다.

세 번째로 고장사항이 엄중하여 차량 스스로의 이동이 매우 제한적인 경우로 현장에서 해결되지 않는다고 판단될 시는 견인차량을 통한 구원운전이 실시되어야 한다. 이러한 세 가지 대응방안과 함께 반드시 고려되어야 할 사항은 운영자는 반드시 대체차량을 투입하여 승객들의 차량이용에 문제없도록 하여야 한다 것이다.

중고장으로 차량이 정지되어 기지복귀가 어렵다고 판단되는 앞의 두 번째와 세 번째의 경우에는 비상운전으로 노선에서 빠져나와 대피장소로 피신을 함으로써 노선을 운행 중인 다른 차량에 방해가 되지 않도록 하여야 한다.

비상운전은 추진시스템 중 배터리모드 또는 엔진모드에서 MDC(Motor Driving Controller)와 견인전동기만으로 차량을 주행하는 것으로 속도제어는 0 또는 100%만이 가능하고 주행속도는 20km/h 이하로 제한된다. 비상운전이 필요한 경우에는 차량제어장치 동작불능, 자동운전시스템 동작불능, 전차량조향장치 동작불능, 추진시스템 중 TPLC동작이상 또는 MVB통신불능과 같이 차량의 주요장치 중 어느 하나 또는 둘이상의 고장이 발생할

때이다.

차량의 비상운전도 불가능한 경우(C class)는 노선전체가 마비될 수 있으므로 운영자는 사전점검을 철저히 하여 이러한 경우의 발생확률을 거의 제로가 되도록 하여야 하며 만약 발생된다 하더라도 모든 상황에 우선되어 신속히 처리하여야 한다.

비상운전에 의해 대피장소에 도달되면 견인차량이 현장에 도달할 때까지 노선을 운행 중인 차량에 방해가 되지않도록 주의하여야 한다. 견인차량에 의해 구원운전시 운영센터와 연계하여 차량주행에 지장을 주지 않도록 하여야 한다.

### 후기

본 연구는 국토해양부의 교통체계효율화사업을 통하여 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. 한국철도기술연구원 연구결과보고서, “신에너지 바이모달 수송시스템 개발”, 2010