틸팅열차(TTX)의 전장품 성능평가 연구

한성호*·이수길**·서승일***

A Study on Performance Evaluation of On-board Electric Device of TTX(Tilting Train Express)

Seong-Ho Han, Su-gil Lee, Sung-Il Seo

Abstract

This paper introduced an approach of improvement of performance of Electric device for EMU type Train like as TTX. The electric equipments are characterized by insulation, Noise, cooling system etc. and Their weight are decided by these factors. There are two kinds of power source in EMU train. First, DC voltage source, 1500 volt, 750 volt is used for subway system. Second, AC power source 25000 volt is applied to high speed train and existing main lines. Composite material has the protection of inrush current and high frequency noise. We can use this material to minimize weight of train. Additionally we can get energy saving when operator service TTX.

Key Words: EMU(Electric Multiple Unit), TTX(Tilting Train Express).

1. 서 론

철도차량기술은 디젤엔진을 사용하는 디젤기관차에서 환경친화적이면서도 열차의 가감속제어가 원활한 전기차량방식으로 전환되고 있다. 전기차량은 외부로 부터 직류, 교류의 고압 전원을 집전 접촉장치를 통해 차량내부로 인입을 받고 있으며, 이들 전원은 각 차량의 내부 또는 하부에 설치되어있는 전기구동장치에 전달되어 제기능을 수행하도록 되어있다. 최근에는 승객의 열차이용에 대한 다양한 질적 서비스 요구사양들이 증가되고 있는 실정이라 보다 많은 전기적 제어기능들이 탑재되고 있다. 특히, 차량의 각종 제어기술 또한 유압식제어에서 전기기계식 엑츄에이터 구동방식으로 전환되고 있어 더욱 차량내 전기장치 설계의 중요성이 대두되고 있는 실정이다.

전기차량에 사용되는 전원방식에는 도시철도와 경량전철에 주로 사용되는 직류 1500V와 750V가 있으며, 고속철도와 일반간선 철도에서 사용하는 25000V가 있다. 현재 개발중에 있는 틸팅열차는 일반 기존선에 투입될 예정으로 있어 외부로부터 25000V를 판토그래프(집전장치)를 통해 인가받아 주변압기를 거쳐 전력변환장치(컨버터, 인버터)를 거쳐 견인전동기를 구동하는 동력분산식 차량시스템이다.

또한, 차량의 경량화를 위해 차체를 카본복합소재를 사용하고 있으며, 복합소재가 갖는 전기적 열화특성, 내부식성 및 절연특성, 내노이즈성을 이용하여 전장품에도 활용할 경우 많은 잇점이 있으리라 판단된다.

따라서, 본 논문에서는 전기차량에 대한 특징과 주요 전장품의 특징들을 소개하고 전기적 성능에 대한 평가기술을 소개함으로써 향후 복합소재의 응용을 통한 경량화와 전기적 성능 향상방안을 제안하고자 한다.

향후, 이 연구의 좀더 구체적인 연구결과를 통해 틸팅열차 뿐만아니라, 경량전철시스템, 자기부상열차 시스템, 고속열차시스템 등 다양한 열차시스템에도 적용이 가능하리라 판단된다.

2. 틸팅열차(TTX)의 전장품 구성개념

2.1 틸팅열차 전기제어장치의 시스템 구성

틸팅열차는 일반 전동차와는 달리 중장거리용 여객수송을 목적으로 하므로 역간 거리가 비교적 길다. 또한 곡선주행시 차체의 기울임제어를 수행하므로 틸팅전기장치와 관련된 설비가 추가로 구성되어 있는 것이 특징이다.

그림 1은 틸팅열차의 전장품간 시스템 구성도를 나타낸 것으로 6량 1편성 4M2T의 편성구조(Mcp, M, T, Th, M, Mcp)를 갖추고 있다.

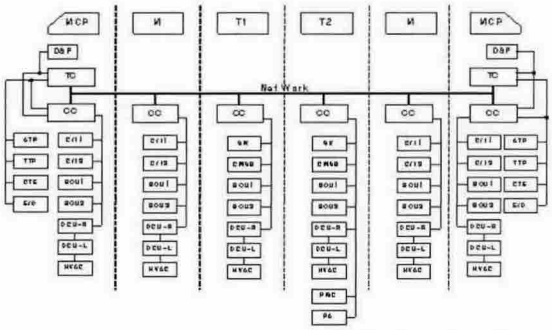

그림 1. 틸팅열차 주요 전기장치 시스템구성도

그림 1에서 각 차량은 차량제어컴퓨터(CC : car computer)를 통해 제동제어장치(BOU), 추진제어장치(C/I), 출입문제어장치(DCU), 냉난방제어장치(HVAC), 보조전원장치(SIV), 방송장치(PA), 틸팅제어장치(CTE) 등과 연계되어 있으며, 선두차량과 후부차량에는 CC뿐만아니라 편성제어컴퓨터(TC)가 있어 이들을 모두 총괄제어하고 있다. 특히, 신호장치인 ATP, 틸팅제어프로세서(TTP)모니터장치(DSP)가 추가로 연계되어 있다.

2.2 틸팅열차 전기장치의 전기적 특성

틸팅열차의 전기회로는 전차선으로부터 25kV 60Hz의 전압을 열차진행 방향으로 선두차, Mcp차(역방향으로 진행시 후부차 Mcp차)의 판토그라프(Pan), 주회로 차단기(MCB)를 거쳐 편성열차의 Mcp차의 주변압기(MTr) 1차 권선에 공급된다. 추진장치의 제어를 위해 1차 변성기(HVT)와 변류기(PCT)가 1차 전압과 전류를 측정한다. 각각의 주변압기 2차 권선에서 강압된 전압은 구동차 유니트 Mcp, M차의 주변환장치로 공급된다. 주변압기 2차 권선의 교류전압은 주변환장치의 2조 PWM 컨버터(CONV1, CONV2)에 의해 정전압으로 변환되고, 정류된 직류전압은 각각의 VVVF 인버터(INV1, INV2)에 공급된다. 전위 및 후위 대차에 장착된 2대의 견인전동기(TM)는 VVVF 인버터에 의해 제어된다. (1조 VVVF 인버터 → 2대 견인전동기 제어) 따라서 각 구동차의 주변환장치는 각 2조의 PWM 컨버터와 VVVF 인버터로 구성이 되며, 주 전력소자는 IGBT를 사용한다. 그림2는 TTX열차의 주회로 구성을 나타낸 것이다.

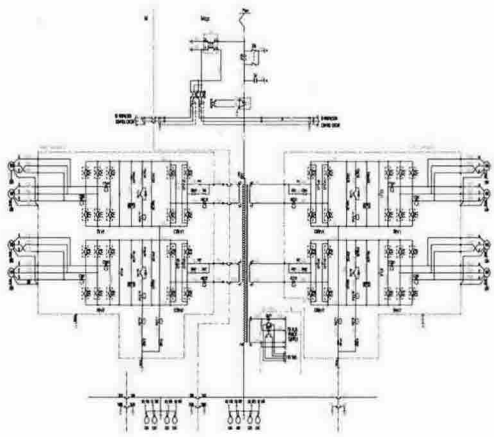

그림 2. TTX 차량 주회로 구성도

3. 전장품의 성능평가 절차 및 기준

전장품의 종류는 DC100V 저전압 수준의 제어장치와 AC 440V ~ 25000V 이상의 중고전압으로 구성되어 있다. 이들은 고압케이블과 저전압 통신선(이중 꼬임선, 동축케이블, 광케이블)으로 상호 연계되어 진다. 더욱이 궤도의 부담력을 최소화 하기 위해서는 차량의 경량화가 중요하며, 주로 차량의 언더프레임과 옥상에 장착되는 고전압 전기기기의 경우 중량의 감소는 유지보수 비용절감에 있어서 매우 중요한 설계 포인트가 된다.

주요 전장품의 중량으로 살펴보면 보조전원장치 3800kg/대, 견인전동기 600kg/대, 주변압기

3850kg, 컨버터/인버터 2400kg/대, 틸팅전력변환장치 125kg/대 등 이들만 고려하여도 전체 Mcp차의 공차중량인 52,225kg에 비하여 약 20%이상을 차지하고 있다. 이들 장치의 무게가 이처럼 커질 수 밖에 없는 것은 전기적 성능의 한계 때문이다. 즉 절연특성, 노이즈 차폐성, 냉각특성등을 장치의 설계에 고려하여야 하기 때문이며, 이로인해 장치 외함의 크기 커지게 되므로 중량의 크기를 가중화 시키는데 일조를 하게 된다.

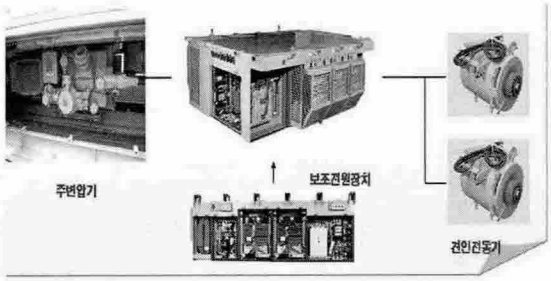

그림 3. 틸팅차량 하부에 장착되는 추진장치

틸팅열차의 전장품의 성능시험은 단품수준의 구성품 시험과, 구성품간의 연계시험인 조합시험, 완성차량에 장착한 뒤 열차의 정차상태에서 기능확인을 하는 완성차 시험, 열차속도 60km/h급 미만에서 수행하는 구내 시운전 시험, 열차의 본선에서 종합적으로 영업운행 수준의 최종성능을 확인하는 본선시운전 시험으로 구분된다.

표 1. 전장품 주요 성능시험 항목

시험항목	형식시험	전수시험
외관구조검사	◎	◎
중량측정시험	◎	◎
온도상승시험	◎	
특성시험	◎	◎
과속시험	◎	◎
소음시험	◎	
절연저항시험	◎	◎
내전압시험	◎	◎
진동시험	◎	◎
전자파장애시험	◎	
방수시험	◎	

그림 4. 컨버터/인버터 외함설비

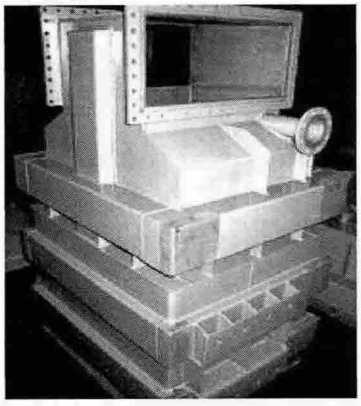

그림 5. 주변압기의 외함설비 구조

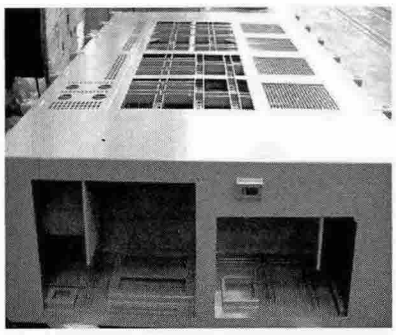

그림 6. 보조전원장치(SIV) 외함설비 구조

4. 결 론

기존노선의 속도향상을 위한 최고운행속도 180km/h급 틸팅열차를 개발함에 있어서 궤도의 부담력을 최소화하며 주행안전성을 확보하는데는 열차의 경량화기술이 매우 중요하다. 이미 개발된 틸팅열차에는 이를 위하여 기존의 금속재 차량의 틀을 벗어나 복합소재를 적용한 차체제작기술을 적용하였다. 그러나 복합소재를 이용한 열

차의 경량화는 차체, 내장재 뿐만아니라 대차, 판토그래프를 포함한 차량전기시스템으로 확장 또한 가능하리라 판단된다.

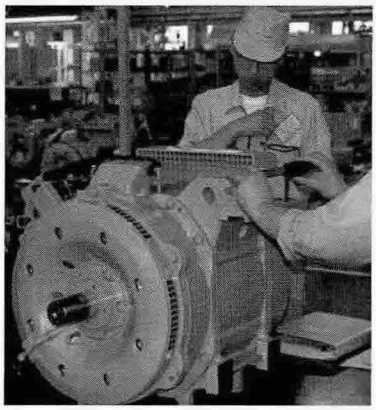

그림 7 견인전동기(T/M) 외함측정

이는 복합소재의 특성이 열차의 전장품의 전기적 특성인 내부식성, 내절연성, 내노이즈성에 강점을 갖추고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 주요 전장품인 주변압기, 주변환장치, 견인전동기, 보조전원장치, 판토그래프의 절연재료로 복합소재를 적용할 경우 전기적 성능의 향상뿐만 아니라 경량화에 따른 에너지소비 최소화 기술까지 얻을 수 있는 방안을 검토하였다. 타 전력산업에서는 이미 폴리머 절연애자와 에폭시 변압기를 사용하고 있는 실정이므로 기술적인 한계 또한 충분히 극복할 수 있으리라 판단된다. 그러나 본 연구는 우선 단계적으로 외함의 재질부터 전환하는 것을 제안하고자하며, 복합소재 노트북, 자동차 언더프레임, 엔진등에 적용되고 있는 기술은 머지않아 철도차량 부품의 전반적인 항목으로 확대될 것으로 여겨진다.

참고문헌

(1) 2차년도 시스템통합 및 총괄 보고서, 철도기술연구원, 2003

(2) 4차년도 추진제어장치 실용기술개발 보고서, 우진산전, 2003

(3) 호남선 전철화 타당성 조사 및 기본 계획, 한국철도기술연구원, 2001

(4) 기존선 고속틸팅열차 차량시스템 요구사항, 한국철도기술연구원, WBS No : 2100-D001 Rev.A