

틸팅열차의 차상신호시스템의 연구

The Study of Titing trains Onboard Cabsignal System

김유호* 이훈구** 이수환*** 편선호**** 백종현*****
Kim, You-Ho Lee, Hoon-Koo Lee, Soo-Hwan Pyeon, Seon-Ho Baek, Jong-Hyen

ABSTRACT

It is developed in domestic and position Tilting train's Onboard Cabsignal system at the car of the train follows in the route which comes to be applied and application environment and the scope of function and application of equipment is different applied.

The development direction of signal equipment at the domestic car must secure the maintenance conservativeness and a fundamental technique of hereafter. It will reach and to respect standardization of technical power it leads and must be applied development or. Consequently, Domestic it is developed tilting it investigates the application scope of the train.

It investigates the development direction of signal equipment at the hereafter car.

Currently it researches the signal equipment of top of head of a family enemy conditions grudge. Also, It was improved the scope of application function in following and it considered it researched the quality thing and the signal equipment at the car.

1. 서 론

국내에 개발되어진 틸팅열차의 차상신호시스템은 적용되어지는 노선 및 적용환경에 따라 장비의 기능 및 적용의 범위가 다르게 적용될 수도 있다. 또한 국내 차상신호설비의 개발방향은 향후의 유지보수 및 국내의 기초기술의 확보를 위하여 기술력의 표준화를 통하여 개발 또는 적용되어야 한다. 따라서 국내의 개발되는 틸팅열차의 적용범위를 검토하고 향후 차상신호설비의 개발방향을 검토하여 현재시점에서의 가장 적절한 차상신호설비를 연구하고 또한 사용되는 기능의 범위를 추후에 개량되어질 것을 고려하여 가장 적절한 차상신호설비를 연구하였다.

2. 본 문

2.1 틸팅열차 적용현황

세계적으로 적용되어진 틸팅열차에 대하여 간략하게 조사하고 각 시스템별 특징 및 성능을 검토하여 국내에 적용되는 차상신호와 그에 따른 관계를 검토하도록 한다.

(1) 독일

독일의 철도기술 발전은 장기적으로 지속되어왔으며 고속선중심의 노선을 구성하고 간선은 대량의 틸팅열차를 투입하여 속도향상을 추진하였다.

1970년대 초에 교통부의 철도인프라 구축계획에 따라 진행하였으며, 틸팅차량은 크게 세 가지 형태로 구분하여 ICE-T, ICE-TD, ICE-VT로 구분된다.

-
- * 주식회사에이알텍 사 장, 정회원
 - ** 주식회사에이알텍 부사장, 정회원
 - *** 주식회사에이알텍 부 장, 비회원
 - **** 주식회사에이알텍 과 장, 비회원
 - ***** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

ICE-T(InterCity-Triebwagon)는 기존 전철화 구간의 속도향상을 위하여 투입운행을 하고, ITC-TD, ICE-VT는 전철화되어 있지 않은 재래선상에서 보다 빠른 속도를 실현하기 위해 개발된 디젤 틸팅열차로 고속철도 추가 건설에 따른 대규모 투자를 하지 않고 그와 비슷한 효과를 낼 수 있으며 현재 낙후된 구동독방면의 재래선인 프랑크푸르트~라이프치히~드레스덴 및 뮌헨~라이프치히~베를린 노선을 운행하며, 지멘스(Siemens)사에서 개발한 틸팅방식을 적용하여 최고속도 200km/h로 운행하고 있다.

가) ICE-VT: 전철화되지 않은 부분에서 속도향상을 위한 디젤형

나) ICE-T : 전철화 구간의 전기기관차로 곡선부분에서의 열차속도를 향상시킨 개량형 열차

다) ICE-TD: 전철화 구간의 디젤기관차로 곡선부분에서의 열차속도를 향상시킨 개량형 열차

도표 1. 독일의 틸팅차량

차 종	운행개시연도	형 태	틸팅 시스템	최대 틸팅각	최고 운행속도	곡선 감지센서
ICE-VT(VT612) 	1998	DMU	전기 기계식	8도	160km/h	가속도계
ICE-T 	1998	EMU	전기 기계식	8도	230km/h	자이로, 가속도계
ICE-TD 	2000	DMU	전기 기계식	8도	200km/h	자이로, 가속도계
ICE-VT(VT612) 	1998	DMU	전기 기계식	8도	160km/h	가속도계
ICE-T 	1998	EMU	전기 기계식	8도	230km/h	자이로, 가속도계

도표 1. 독일의 틸팅열차

차 종	운행개시연 도	형 태	틸팅 시스템	최대 틸팅각	최고 운행속도	곡선 감지센서
ICE-TD 	2000	DMU	전기 기계식	8도	200km/h	자이로, 가속도계

(2) 이탈리아

이탈리아의 틸팅열차는 1960년대 말에 이탈리아 철도청과 Fiat Ferroviaria사(현재 Alstom인수)는 Aln668차량에 틸팅장치를 부착하여 최초로 시험을 실시하여 Pandolino라는 ETR 틸팅열차를 개발하였다. 이 열차는 신설/개량 선로를 운행하며 동쪽으로는 Trest, 서쪽으로는 Torino, 남쪽으로는 나폴리 등 이탈리아 전역에 도달한다.

도표 2. 이탈리아의 틸팅열차

차 종	운행개시연 도	형 태	틸팅 시스템	최대 틸팅각	최고 운행속도	곡선 감지센서
ETR401 	1975	EMU	유압식	10도	250km/h	자이로, 가속도계
ETR480 	1997	EMU	유압식	8도	250km/h	자이로, 가속도계

(3) 스웨덴

ABB사에서 개발한 틸팅기술이 적용된 X-2000 틸팅차량이 기존선로 및 개량선로에 운행되며 특히 북부 삼각점이라는 스톡홀름/괴테보르크/코펜하겐을 연결하는 노선과 북부 스웨덴의 중심지인 Sundsvall 과 중부지역의 Mora 및 Karlstad를 연결하는 선로를 최고속도 200km/h로 운행하고 있다. X2000은 비틸팅기관차와 틸팅 객차로 구성되어 운행한다.

고속 틸팅차량 도입으로 노반과 선로 상부구조물, 궤도 부설상태, 분기기 및 승강장의 일부가 개선되었으며 특히 신호시스템(총 투자의 30%)에 가장 많은 투자가 이루어졌다. 또한 건널목 안전시설도 개량 및 신설되었다.

도표 3. 스웨덴의 틸팅열차

차 종	운행개시연 도	형 태	틸팅 시스템	최대 틸팅각	최고 운행속도	비 고
X2000 	1990	EMU	유압식	8도	200km/h	

(4) 미국

프랑스의 알스톰과 캐나다의 봄바르디에 컨소시엄이 제작한 아셀라(Acela) 틸팅열차가 보스턴-뉴욕-워싱턴 D.C 구간을 운행 중이며 기존선을 최고 250km/h의 속도로 주행한다. 암트랙의 아셀라는 기존 보스턴-뉴욕간의 주행시간을 4시간 30분에서 3시간으로 단축하여 운행하고 있다.

도표 4. 미국의 틸팅열차

차 종	운행개시연 도	형 태	틸팅 시스템	최대 틸팅각	최고 운행속도	비 고
Acela 	1999	EMU	유압식	8도	240km/h	

(5) 스페인

스페인에 적용되어진 틸팅열차인 알라스(Alaris)는 Alstom과 이탈리아 Fiat가 합작하여 제작된 차량으로 마드리드~발렌시아구간을 운행하고 있다. 또한 스페인은 기존선에는 광궤도를 고속선에는 표준궤도를 함께 혼합하여 적용하고 있어 이 두개의 궤도를 함께 운행할 수 있는 Talgo(차축궤간 변환장치, 지멘스개발) 시스템을 적용하여 운행하고 있다. 또한 차량의 관리를 Alstom에 외주 관리하도록 운영하는 특징을 가지고 있다.

도표 5. 스페인의 틸팅열차

차 종	운행개시연 도	형 태	틸팅 시스템	최대 틸팅각	최고 운행속도	비 고
Alaris 	1999	DMU	유압식	8도	220km/h	

(6) 기타

핀란드에서는 1996년에 처음으로 S 220(Fiat Pendolino, 최대속도 220km/h) 2편성을 도입하여 투르쿠(Turku)~헬싱키(Helsinki) 노선에서 운행 중이며 2001년 10월부터는 헬싱키~탐페레(Tampere)~Jyvskyl노선에도 S220 열차서비스를 제공하고 있으며 영국의 버진철도는 West cost Main Line(런던과

맨체스터 구간)에 ETR-390(Fiat Pendolino, 최고속도 225km/h)를 2004년부터 운행하고 있다. 또한 프랑스는 Alsthom사의 TGV-Pendu 틸팅차량을 일본도 Fuzi사의 Series 틸팅차량을 각각 운행하고 있으며 세계적으로 적용되어진 차량 및 제작사는 아래의 표 1.6과 같다.

도표 6. 세계 각국의 틸팅열차

국 가	대 차	제작사	속도 (km/h)	틸팅 방식	액츄에 이터	적용 차종	상용 년도
이탈리아	ETR460	Fiat	250	강제링크	유압식	ETR, ICT, S220	1995
스웨덴	X2000	ABB	210	강제링크	유압식	X2000	1990
미국	Acela	Bombardier	240	강제링크	유압식	Asela,LRC	2000
독일	VT611	Adtranz	160	강제링크	전기식	VT611, VT612	1997
독일	ICT-VT	Siemens	200	강제링크	전기식	ICT-VT	2000
프랑스	TGV -Pendul	Alsthom	220/320	강제링크	전기식	TGV -Pendular	2002
이탈리아	ICN	Flat-SIG	200	강제롤러	전기식	ICN, Virgin Rail	2001
일본	Series283	Fuzi	130	강제베어링	공압식	Series283	1997
핀란드	S220	Fiat	220			S220	1996
영국	ETR	Fiat	225			ETR-390	2004

2.2. 국내 틸팅열차의 성능

(1) 틸팅차량의 성능

- (가) 최대 출력 : 2,400kW 이상(M1+M2)
- (나) 설계 최고속도 : 200km/h(최고 운행속도 180km/h)
- (다) 가속도 : 0.50m/s²이상
- (라) 감속도: 1.0m/s² 이상(비상)
- (마) 최대 틸팅각도 : 8°

(2) 차량 외형

도표 7. 차량별 주요 형태비교

분 류 (단위 :mm)	차량 길이	차량 폭	상면높이 (레일로부터)	차량높이 (상면으로부터)	차량높이 (레일로부터)	틸팅열차의 형태
무궁화 객차	23,030	3,120	1,108	2,585	3,693	
1호선 전동차	19,500	3,123	1,125	2,626	3,751	
새마을 객차	23,030	3,000	1,100	2,600	3,700	
TGV-K(객차)	18,700	2,904	-	-	-	
G7 고속전철(객차)	18,700	2,967	1,125	2,565	3,690	
틸팅차량	23,030	3,000	1,125	2,565	3,690	

(3) 주요기기배치

틸팅차량은 기본편성 6량으로 구성되며, 차량의 배열은 Tc-M1-M2- M2-M1-Tc의 차량순서로 구성된다. 차량의 실내 편의 공간은 객차 형태의 설비로 이루어지고, 추진 및 제동 방식은 EMU 형태의 동력 분산식이다. 기기배치는 각 차종에 따라 공통으로 취부되는 장치들은 가급적이면 차량 전체에서

동일위치에 있게 하여 관련 취부 브라켓의 제작을 용이하게 하며, 또한, 정비시 취급 및 보수가 편리하도록 구성된다. Tc 차량에는 제동작용장치와 공급공기통, 활주 방지 밸브, 보안제동 등이 하나의 랙으로 구성, 모듈화되어 상하에 취부를 간편하게 하였고 또한, 기기의 집중화로 관련정비가 편리하도록 구성되어 있다.

(4) 틸팅차량의 차상신호설비의 검토

국내에서 시험 제작되는 틸팅열차의 제원 및 해외적용 사례에 따른 신호체계를 검토하였으며, 차량의 차체부분은 전두부인 Tc 차량에 차상신호설비가 장착이 되며, 차체의 각 부위별 특징 및 장치에 따라 신호설비를 장착하도록 한다. 또한 틸팅에 의한 건축한계 및 차량접촉한계에 문제가 되지 않도록 설치하여야 하고 설치가 예상되는 신호설비는 위에서 검토되어진 적용노선 및 현재 철도공사에서 추진 중인 사업을 고려하여 자동열차정지장치(ATS)와 ATP차상신호설비를 반영하여야 한다.

2.3 틸팅열차의 차상신호시스템 장비종류 및 기능

(1) 장비의 종류

차상신호시스템의 종류는 각 회사의 특징에 따라 다르며, 도입하고자 하는 기존 시스템에 따라 다를 수 있으므로 여기서는 해외 규격에 따라 필수적으로 구성되는 장치와 선택적으로 구성되어지는 장비로 구분하여 검토하며, 기본적인 장비선정은 ERTMS/ETCS에서 적용되어진 장비 및 차상신호(ATP) 설치 타당성 조사 및 기본계획 수립(철도청) 최종보고서에서 검토되어진 장비의 종류를 토대로 차상시스템의 장비를 선정 검토하도록 하였다. 또한 해외시스템의 선정에 따라 그 형태와 기능이 다를 수 있으므로 최종적으로 틸팅에 도입되는 차상신호시스템이 확정되면 그에 따른 상세 설치 엔지니어링이 진행되어야 한다.

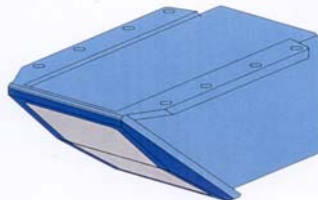
위에서 언급된 내용과 같은 기준으로 장비의 종류를 검토하였으며, 장비의 기능에 따라 필수장비와 선택장비로 구분하였다. 장비의 종류는 운영자의 요구사항이나 선정된 시스템에 따라 달라질 수 있으며 앞으로 검토되어진 장비의 종류는 아래 표와 같다.

도표 8. 틸팅열차의 차상신호시스템 장치

구분	국문명칭	영문명칭
1	차상컴퓨터	Vehicle Control Unit
2	발리스정보전송모듈	Balise Transmission Module
3	발리스정보수신용안테나	
4	특수인터페이스모듈	Specific Transmission Module
5	ATS 차상자	
6	진단시스템	
7	속도및거리연산장치	Speed and Distance Unit
8	타코미터	Tachometer
9	속도검지용레이더	
10	입출력장치	Train Interface Module
11	차상기록장치	Juridical Recoder Unit
12	MMI현시장치	Man-Machine Interface

(2) 장비의 기능

도표 9. 틸팅열차 차상신호설비

구 분	장비명	장비 형태	장비 기능	비 고
1	차상컴퓨터		차상컴퓨터 유닛은 차상설비의 핵심장치로 신뢰성을 높이기 위해 2중계로 구성한다.	
2	발리스 정보 수신용 안테나		차상 안테나는 안테나 쉘, 전기 커넥터로 구성되며, 지상의 정보전송장치의 정보를 정보전송장치 차상변환모듈로 전송하도록 한다.	
3	발리스 정보 전송모듈		차상장치가 열차의 안전 이동을 감시할 수 있도록, 발리스 정보전송 모듈은 현장 상태 정보를 수신, 해석 및 감시를 수행한다.	
4	MMI 표시장치		MMI 표시장치는 화면접촉(터치스크린) 방식의 그래픽 표시장치로 차량 운전실 내에 설치된다.	
5	속도 및 거리연산장치		속도 거리연산장치는 열차정지 감지, 열차 주행속도 및 주행거리를 연산하는 장치이며, 속도 감지기(타코메터)의 출력정보와 속도감지용 레이더의 출력정보를 비교 연산하여 정확한 속도 및 거리를 보정한다.	
8	타코메타		속도 감지기(타코메터)는 대차 축 끝단에 설치하여 차륜 회전수를 전기적 펄스수로 변환하여 차량속도 및 거리를 측정하는 기능을 가진다.	
9	속도감지용 레이더		속도감지용 레이더는 다양한 인터페이스 제공, 호환성이 우수하며, 열차의 특성에 맞게 통신속도, 주파수 출력, 속도한계를 조정 가능하여 우수한 성능 및 정확한 속도 검출이 가능하다.	

3. 결 론

본 연구를 통하여 검토되어진 바와 같이 국제적인 틸팅차량의 신호장치는 설비의 확장성 및 타 선로와의 연계성을 고려하여 차상신호시스템으로 추진되어지고 있다. 또한 국내의 틸팅차량 적용가능노선의 검토결과 및 현재 추진하고 있는 틸팅차량의 적용예상 구간이 경부선 및 중앙선이라는 점을 고려할 경우 기존의 신호체계인 자동열차정지장치에서 운행이 가능한 시스템이어야 하며, 또한 확대적용을 위하여 현재 국내 철도구간의 대부분의 신호설비를 차지하고 있는 자동열차정지장치를 이용하여 열차운행이 가능하여야 할 것으로 사료되며, 현재 철도공사에 추진 중인 차상신호(ATP) 구축사업의 대상이 경부선 및 호남선이므로 추후 중앙선의 투입 및 신호설비의 개량 등을 고려하여 현재 철도공사에 추진 중인 차상신호설비를 장착할 수 있는 기본적인 설비를 구축하여야 할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] ERTMS/ETCS, “System Requirements Specification – Class 1”, (Ver 2.0.0, Ver 2.2.2)
- [2] 철도청, “차상신호 ATP 설치 타당성조사 및 기본계획 수립(기본계획)”, 2003년 4월
- [3] 철도기술연구원, “틸팅차량 운행에 따른 기존선 속도향상 효과분석”, 2004년
- [4] 철도청고속철도본부, “세계의고속철도”, 2003년
- [5] 철도기술연구원, “차량시스템과 차상신호간의 인터페이스 연구”, 2005년
- [6] 철도기술연구원, “차상신호시스템 엔지니어링 사양분석 최종보고서”, 2004년