

# 차세대 전동차 기술개발 동향

## The Technology Trend of Advanced EMU

김철근\*                      김재학\*\*                      송홍종\*\*\*                      손인석\*\*\*\*                      오재형\*\*\*\*\*  
kim, Cheol Geun      Kim, Jae Hak      Song, Hong Jong      Sohn, In Suk      Oh, Jae Hyung

---

### ABSTRACT

The purpose of the Development of the Advanced Urban Rail Transit is development of new technologicities that can resolve the system problems of conventional EMU, for reducing vehicle maintenance, improving passenger's service using IT and providing environmental friendly. The necessity of technology development of the Advanced urban transit is to secure especially our own intelligence on the design, system interfaces, and to satisfy passenger's needs and operator's demands. Futhermore, the technology development of the Advanced urban transit can improve our technology level against the advanced country and apply the developed technology to the new EMU in the near future.

---

### 1. 서론

차세대 첨단 전동차 시스템 기술개발은 승객에게는 편의성과 안전성을 제공하고 운영자에게는 경제적이고 신뢰성이 확보된 시스템을 제공하며, 국가적으로는 차세대 철도기술에 대한 기반기술을 확보하여 국가경쟁력을 강화시키는 의의를 가진다.

향후 도시철도의 수송능력 향상과 환경친화적이며 안전한 교통서비스를 향상시키는 차세대 전동차를 개발함으로써 해외 기술의존을 탈피하고 도시철도 선진기술을 조기에 확보하고 선도할 수 있으며, 도시철도의 운행속도와 수송능력을 향상시키고 핵심장치 예방진단, RAMS system 구축 등으로 안전성을 향상시켜 안전하고 편리한 교통서비스를 제공하여 기존의 철도에 대한 새로운 이미지를 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

---

\* (주)로템 기술연구소 책임연구원

\*\* (주)로템 기술연구소 선임연구원

\*\*\* (주)로템 기술연구소 선임연구원

\*\*\*\* (주)로템 기술연구소 선임연구원

\*\*\*\*\* (주)로템 기술연구소 연구원

## 2. 차세대 전동차의 장치별 기술개발 동향

### 2.1 차체

우리나라 철도차량에서 초기의 전동차는 연강(Mild Steel)을 적용한 차체에 한정하여 설계/제작해 왔으며, 이는, 재료의 부식과 차량 중량의 증가 측면과 관련하여, 차량의 유지 보수비용 및 선로 보수비용 등이 증가하는 문제점 때문에, 부식 문제의 해결과 차량의 경량화 요구 조건에 부응하여 내식성이 뛰어난 Stainless Steel을 적용한 차량으로 대체 되고 있으며, 현재는, 알루미늄 차체의 적용을 확대해 가고 있고, 부분적으로 복합소재 차량의 개발을 추진 중인 상태이다.

#### (1) ALUMINUM 합금 차체 기술 동향

- 알루미늄 차체의 개발은 산자부 표준화 자동차, 건교부 중점과제를 통한 Proto Type 차량 제작을 시작으로 하여, 광주시 전동차 설계 및 제작에 독일의 DIAC사(구MSG)의 Consulting으로 설계, 제작의 완성도를 높였으며, 알루미늄 차체의 자체 설계, 제작기술을 보유하고 이를 발전시키고 있다.

#### (2) STAINLESS STEEL 차체 기술 동향

- 국내 Stainless 차체의 적용은 1985년경 새마을 동차를 개발하면서 304계열의 재질을 적용한 것에서 출발하여, 1988년경 태국객차 31량 수출차량에 Stainless steel 301L계열의 재질을 적용하여 제작/납품하면서 시작 되었다. 이후, 1991~1992년에 국내 철도차량 제작 3사가 공동 설계를 통하여 설계기술과 제작기술을 발전시켜 왔으며, 현재, 대다수의 전동차 차체의 재질로 각광을 받고 있으며, 그동안 설계와 제작측면에서 많은 성과를 거두었고, 경량화, 평탄도 향상을 위한 노력, 경량화, 조립방법 개선 등에 의한 조립 JIG개선, 자동화등을 진행 발전시켜 왔다.

결론적으로, 스테인리스강을 적용한 차체는 그동안 설계 및 제작에 대단히 많은 경험이 있기 때문에, 이를 바탕으로 하여 부품 표준화 및 제작 표준화를 통하여 경쟁력을 향상해 가야할 것으로 판단되고, 알루미늄 차체는 광주전동차, 대전전동차, 신공항전동차 등의 제작을 통하여 축적된 기술을 바탕으로 해외 기술 의존에서 탈피하여, 기존의 차량보다 개선된 설계/제작 기술을 발전시켜 가야 하겠으며, 향후, 우수한 용접품질과 차량 경량화를 위하여, 레이저 빔을 활용한 제작기술을 획득하여 차세대 전동차의 제작에 활용해야 할 것이다.

#### (3) 레이저 용접에 의한 차체구조 제작

##### ① 레이저 용접이란?

- Laser beam welding으로 표현되는 용접 방법은 열원을 레이저를 이용하는 용접 방법으로, 레이저

빔을 직광하여 에너지 밀도를 더욱 더 높은 집중 열원으로 모재를 직접 용융하면서 용접하는 방법으로, 특히, 탄산가스 레이저가 많이 이용된다. 에너지 밀도가 높기 때문에 재료에 주는 열 영향이 작아 변형이 적고, 세라믹스 등, 비금속 용접도 가능하며 출력제어 등도 정확하게 행해지는 점 등이 특징이다. 레이저 용접은 높은 고밀도의 레이저 광원을 사용한 용접으로 용접부에 집중적인 빛 에너지를 가하여 용융하는 용접 방법이다. 따라서 타 용접방법에 비해 적은 에너지가 소요되며, 열 영향부가 작기 때문에 용접에 의한 변형을 크게 줄일 수 있으며, 또한, 별도의 용가재가 필요 없으며 우수한 용접품질, 정밀한 용접이 가능하다.

② 레이저 용접의 기술 동향

- 현재 철도차량의 전동차 차체 제작 시 용접방법으로 Arc용접과 저항용접을 적용하고 있는데, 이는 현재, 차량의 생산측면에서 한계점에 도달했다고 판단이 되어, 이를 극복하고자 차세대 용접방법인 레이저 용접 기술을 stainless steel 및 Aluminum차량 제작에 적용하는 방안을 검토하려고 한다. 기존의 Arc용접과 저항용접은 외관 표면의 미려도가 저하되는 본질적 문제 외에도 구조강도와 피로강도가 상대적으로 떨어지며, 따라서 이러한 기술은 최근의 에너지 절감 및 경량화의 추세에 미흡한 생산기술이다. 이를 극복하기 위해 최근에 유럽, 일본 등 철도차량 선진국에서 stainless steel으로 제작된 전동차 객차나, 선박 및 버스 등의 차체 패널 등에 레이저 용접을 적용하여 고품질의 경량패널을 적용하는 연구를 진행 중이고 일부는 현재 양산에 적용중이다. 차체제작에 있어 기술 확보와 함께 선진국과의 철도차량 수주 경쟁에 유리한 위치를 선점하기 위해 독일 Alstom 공장과 일본의 Kawasaki 만이 적용하고 있는 레이저 용접기술을 시급히 개발하여야 할 필요가 대두되고 있다.

**2.2 의장설비**

- 차세대 전동차는 차량이 운행하는 노선특성에 맞게 디자인되어야 하며 이용하는 승객의 특성 및 운행노선의 주변 환경, 운행시간대별 또는 첨두시간과 비 첨두시간대별 승객의 행동 패턴도 주요 고려 요소이다. 차량에서 승객이 접하고 이용하는 부분은 객실이며 이 객실의 효율적인 공간배치는 직접적인 설계비용, 승객의 쾌적감 및 만족도에 따른 선호도 또는 인지도라는 측면에서 매우 중요하다.

쾌적감은 차량을 이용하는 승객의 입장에서 고려되어야 하며 쾌적감에 영향을 주는 요인으로는 진동, 소음, 공기청정도등 물리적인 요인과 의자의 크기 및 피치, 승차감 등의 좌석에 따른 요인, 객실내 디자인, 차량디자인, 외부에 대한 조망 등의 요소에 따른 감상적인 요인이 있다. 이러한 요인들 중 물리적인 요인과 좌석적인 요인에 따른 쾌적감 향상은 비교적

많이 연구되고 있으나, 감상적인 요인은 상대적으로 연구가 미흡한 실정이다.

승객의 안락한 공간 확보를 위한 최적 실내 배치를 위해서는 승객의 안락도 및 승객 수송 능력 또는 경제성 제고라는 상호 대치적인 설계개념의 최적화가 강조되어야 할 것이다. 이는 객실내부 최적 공간 배치 디자인 안의 제시를 통하여 경제성이 급격히 저하되지 않는 범위 내에서 승객의 쾌적성을 최대화하며, 승객의 쾌적성이 크게 저하되지 않는 범위 내에서 최대의 경제성을 추구하는 디자인의 적정 범위를 도출할 수 있는 연구가 선행되어야 할 것이다.

따라서 차세대 전동차의 경우 승하차의 용이성, 차량 승차 시에 승객이 느끼는 실내공간의 안락감이 중요하며, 이를 위해 실내배치는 인간공학적인 실내배치와 감성공학적인 접근이 동시에 이루어져야 한다. 이를 위해서는 승하차가 용이하도록 출입문의 위치와 좌석의 배치, 운행 중 파노라마적인 외부 풍경을 즐길 수 있도록 창문의 크기를 최대한 크게 하여야 하고 안락감을 줄 수 있도록 실내조명, 실내 색상 등을 운행노선의 환경에 따라 달리 적용하여야 하며 한국인의 정서에 맞는 실내배치가 되어야 할 것이다.

## 2.3 Air Conditioner

### (1) 분산형과 집중형의 비교

#### ① 분산형

- 개별 독립적인 냉방기 여러 개를 차량의 실내공간에 알맞게 설치하여 적절히 냉방공기가 공급되도록 차량의 지붕에 설치하는 형식이다. 신선한 공기 유입 및 배기장치는 냉방기와 별도로 운영되며, 겨울철 신선한 공기를 유입할 경우에는 공기 예열 히타가 필요하게 된다. 별도의 냉방덕트가 없어 덕트저항 손실이 없으므로 일반적으로 전차 냉방기에 적용되는 증발기와 냉기공급 겸용팬 대신 증발기 전용팬만 필요하다. 따라서 소음이 적다. 주로 출입문의 여단음이 적어 별도의 냉방 덕트가 없어도 냉방기의 확산이 충분히 가능한 증장거리 열차에 적용된다.

#### ② 집중형

- 차량당 냉방기 설치수량을 한대 또는 두 대 정도 제한하고 냉방기에서 냉방덕트를 연결하여 냉방공기를 공급하는 형식이다. 냉방기가 장착되는 위치에 따라 옥상장착 집중형, 상하장착 집중형, 상면장착 집중형 등이 있다. 국내 전차에 적용된 형식은 냉방기의 하중분포를 고려하여 두개정도를 균등하게 장착하는 옥상 장착 반집중형으로 분류된다.

## (2) 차세대 전동차 Air Con. 개발 방향

- 차세대 전동차에서는 옥상 상면에서 차량한계까지는 650mm의 공간이 있고 DUCT 공간도 250mm가 확보된 상태이므로 옥상에 설치하는 것이 최적의 방안이고, 필요 냉방용량은 42,000kcal/h.car 정도가 적절하므로 42,000kcal/h × 1set를 설치해야 할 것이다.

## 2.4 제동장치

### (1) 제동장치 개발 방향

#### ① 최신의 성능 및 다양한 기능을 가진 제동시스템 적용

- 추후업체와 ECU내 Function & Software 개발을 수행하여 최신의 성능과 기능을 발휘하는 제동장치를 적용함.

#### ② 제동성능 향상 방안

- 완전 전기 제동방식 적용

- 전동차 직접 구동 방식에 의한 완전 전기제동 방식을 적용키 위해선 M-car에 해당하는 제동력을 완벽하게 만족 시킬 수 있는 전기 제동력 발생 가능성 및 적용성 검토가 필요하다. 즉, 완전한 전기 회생제동 방법 연구 및 타당성 검증과 시뮬레이션 수행을 통한 제동 성능 확인이 우선적으로 이루어져야 적용이 가능할 것이다.

- 유압식 제동방식 적용

- 유압제동 장치의 일반 통근형 전동차 적용 타당성, 제동력을 고려한 제동 용량, 유압장치 개념, 유압제동 지령 방식 및 장착성 등이 검토되어야 차세대 전동차에 적용이 가능할 것이다.

## 2.5 일반 전기장치

### (1) PLC

#### ① PLC의 정의

- 종래에 사용하던 제어반 내의 릴레이 타이머, 카운터 등의 릴레이 제어반 기능을 LSI, 트랜지스터 등의 반도체 소자로 대체시켜, 기본적인 시퀀스 제어기능에 수치 연산 기능을 추가하여 프로그램 제어가 가능하도록 하며 메모리에 있는 프로그램의 시작과 끝을 순환(SCAN)하며 로직을 수행하면서 자율성이 높은 제어장치이다.

#### ② PLC의 장점/단점

- 보수의 용이성

- 생산 현장에서의 조작 및 취급성이 고려된 프로그래머에 의해 쉽게 내부 동작 프로그램을 변경 할 수 있고 그 실행상태를 종래의 시퀀스 제어기술로 쉽게 파악할 수 있는 것이다. 이 처럼 프로그래머는 PLC와 시퀀스 제어 기술을 연결시키는 것으로서 PLC의 본질적인 특징이다.

- 배선 및 설치의 용이

- 릴레이 제어반 제작시 납땀이나 결선 작업 등 많은 공임이 소요되나 PLC에서는 이것들이 프로그램으로 간단히 처리되며 동일한 사양일 경우 프로그램을 Tape나 디스켓, ROM등에 저장하여 두었다가 Copy가 가능하다.

- 설치 면적이 작다

- 반도체를 사용하였으므로 종래의 제어반 보다 설치면적을 줄여 제어반을 작게 할 수 있다.

- 수명이 반영구적이다

- 무접점 회로를 택함으로써 유접점 릴레이에 비해 신뢰성이 높고 수명이 길다.

- 호환성의 결여

- 표준화가 되어 있지 않고 생산 회사마다 다른 프로그램 언어를 사용하여 호환성이 없다.

- 가격이 비싸다

- 소규모 제어 회로에서는 릴레이 제어 방식보다 가격이 비싸다.

## (2) 집전장치

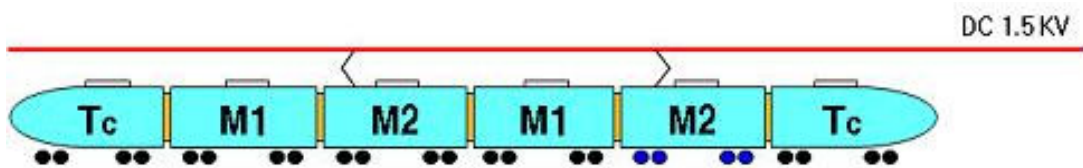
### ① 싱글암 판토티그래프와 더블암 판토티그래프의 비교

- 유럽고속전철(TGV, ICE)의 경우 판토티그래프의 구조가 싱글암의 구조를 채택하고 있는데 이는 신간선에 비해 동력차 지붕에서 가선까지의 작용높이가 커 관절구조의 싱글암 판토티그래프를 사용하는 반면, 일본 신간선의 경우 더블암(Crossed arm type)구조를 채택하고 있다. 그 이유는 유럽의 선로조건인 경우 동력차의 지붕에서부터 가선까지의 작용범위가 크기 때문에 차량의 높이를 키우는데 한계가 있어(차량의 높이가 커질 경우 차량단면적이 커지므로 주행저항이 커져 고속주행에 불리 한다.) 판토티그래프의 작동범위를 크게 함으로서 그 한계를 극복하였다. 반면 신간선의 경우 동력차의 지붕으로부터 가선까지의 작용범위가 작기 때문에 굳이 싱글암 판토티그래프를 사용하지 않더라도 그 작동범위가 충분히 만족되었다. 싱글암 판토티그래프의 경우 구조적으로 베이스 프레임이 작아 고속 주행 시 바람을 가르면서 생기는 공력소음의 영향이 적지만, 더블암 판토티그래프의 경우 그 작동범위는 작아 고추종성에는 유리하며 베이스 프레임 위의 구조가 복잡하고, 구조물이 많아 공력소음의 영향이 크게 나타난다. 이러한 이유 때문에 현재 신간선의 경우 차량의 고속화에 따라 심각하게 대두되는 소음저감을 위하여 더블암 판토티그래프의 주위에 차단막을 설치하여

공력소음의 저감을 획득하고 있다. 또한 싱글암 판토티그래프 또한 개발하여 운행 중에 있으며 새로운 개념의 익형(Wing-Shape) 판토티그래프를 개발하고 있는 중이다. WIN350, 500Series의 경우 이러한 새로운 타입의 판토티그래프가 장착되어 운행되고 있다.

차세대 전동차의 판토티그래프에 있어서는 크로스암 형태의 판토티그래프 보다는 고속 운전에도 양호한 싱글암 형태의 판토티그래프가 유리하다고 판단되며 또한 소음저감의 문제에 있어서도 싱글암 형태가 유리하다고 판단된다.

차세대전동차의 집전장치는 [그림 1]에서 보는바와 같이 M2 차량에만 설치될 것이다.



[그림 1] 차세대전동차의 집전장치 위치

② 선진 각국 판토티그래프의 특성 비교

구분	GPU25	DSA350S	TPS203
사용열차	TGV	ICE	신간선300계
형식	Single-arm형	Single-arm형	Cross-arm형
정격용량	25KV 500A	25KV 1000A	25KV 300A
최대속도	300Km/h	350Km/h	300Km/h
제어방식	공기식	공기식	공기식
공기압력	5~10bar	4~10bar	4.6~8.3bar
동작범위	0.1~2.7m, 최대 2.8m	0.9~2.8m, 최소 0.7~최대 3.0m	평균 0.57m, 최소 0.37~최대 0.92m
무게	335Kg	106Kg	145Kg
평균압상력	70N	80±5N	최소 54N 평균 78~88N
집전판	강관틀에 탄소판	알루미늄틀에 탄소판	소결합금
비교	고장진단장치 시험속도 515.3Km/h 4개의 절연체 상부 습동면 경량화 원통형 플런치	고장진단장치 시험속도 406.9Km/h 3개의 절연체 상부 습동면 경량화 공기 벨로우즈 사용	시험속도 345.2Km/h 4개의 절연체

## 2.6 주전장품

### (1) 견인전동기 기술 동향

- 철도차량용 견인전동기는 전력전자 소자 개발과 제어 기술의 발전에 따라 직류전동기 방식에서 교류 유도전동기로 그 주류가 이동하게 되었다. 교류 유도전동기는 세계 각국의 철도차량용 견인전동기의 대표 모델로 현재까지 절대적인 위치를 차지하고 있으나, 소형·경량화, 고효율과 유지보수의 편리성을 요구하는 시대적인 흐름에 따라 차세대 전동차용 견인전동기의 개발의 필요성이 대두되었다.

교류형 견인전동기는 동력 구동방식에 따라 직접구동형과 간접구동형으로 구분할 수 있으며, 회전자 특성에 따라 유도기와 PMSM 으로 구분된다. 또한 냉각방식에 따라 개방형과 전폐형으로 각각 구분된다.

이에 따라 세계 각국의 철도차량용 견인전동기 제작사들은 자신들의 목적에 부합하는 모델을 개발하여 시험 중이며, 상용화를 위한 지속적인 연구 활동에 매진하고 있다.

현재 각국에서 개발 중인 차세대 전동차용 견인전동기 모델은 크게 직접구동형 견인전동기 (Direct Driving Motor), 전폐형 유도전동기 (Totally-Enclosed Induction Motor), 전폐형 영구자석형 동기전동기 (Totally-Enclosed Permanent Magnet Synchronous Motor)를 들 수 있다.

### (2) 보조전원장치 기술 동향

- 보조전원장치는 여타의 주전장품들과는 달리 전 세계적으로도 그 기술의 성숙도가 일정 수준 이상에 도달하였으며, 국내에서 제작되어 국내의 전동차에 적용되는 보조전원장치도 그 기술 수준이 국내외의 기술 규격을 달성하고 있다.

차세대 전동차에 적용되는 보조전원장치를 기술 개발의 측면에서 본다면 새로운 방식의 전력변환용 반도체를 사용한 보조전원장치를 개발하거나, 새로운 회로구조에 의한 보조전원장치의 개발, 그리고 새로운 제어기법을 적용한 보조전원장치의 개발이 가능하다고 볼 수 있다.

우선 새로운 방식의 전력변환용 반도체는 현재 대부분의 전동차용 보조전원장치에 IGBT가 적용되고 있는데 IGBT의 개발 이후에 전동차의 보조전원장치에 적용되는 전압 및 전류 정격에 적합한 새로운 반도체는 아직 시장에 등장하지 않은 상태이다. IGBT의 진일보된 형식인 IPM(Intelligent Power Module)의 경우 시장의 수요 때문에 추진제어장치에 적합한 방식의 IPM 이거나 600V나 1200V 급의 산업용에 적합한 IPM은 출시가 되어 있으나 보조전원장치에 적합한 용량의 IPM은 아직도 샘플제작 수준에 머물러 있다. 따라서 새로운 전



력변환용 반도체의 적용은 추후 시장상황의 변화에 의해서만 가능할 것으로 보인다.

## 2.7 주행장치

차세대 전동차에 적용될 주행장치는 핵심 개념을 LCC(life cycle cost)로 두고 있으며, 이 핵심 개념에 적합한 주행장치 개념설계를 위해 기존시스템의 이해를 바탕으로 신개념의 주행장치의 개발이 필요하다.

### (1) 관절대차 기술 동향

- 일반적으로 1량의 차량에 2대의 대차를 타 철도차량과 달리, KTX형 차량에서는 차량과 차량 사이를 1개의 대차로 지지, 연결하는 관절형 구조를 채택하고 있다.

관절대차를 사용함으로써 대차 및 차륜의 수량이 거의 반으로 줄어 차량의 중량을 대폭 줄일 수 있을 뿐만 아니라 저항이나 진동도 감소되는 등 주행성능이 향상된다. 또한 관절대차를 사용함에 따라 차량이 가벼워져 에너지 소모가 최소화되고 또 차량의 무게중심도 낮출 수 있어서 고속에서 더욱 안전하게 주행할 수 있고, 좌석을 진동이 큰 대차 위에 설치해야 할 필요성이 사라지게 되어 승차감 개선효과도 있으며, 저속주행시 험케어서 탈선 감소 및 주행안정성 증가 효과가 있다.

차세대 전동차는 기존 전동차 대체 차 개념으로 진행됨에 따라, 기존차량의 차량길이, 출입문 위치등을 수정할 수 없으며, 이로 인해 관절대차로 차량을 구성하였을 경우 증가하는 축중은 도시철도 안전 기준을 크게 상회하는 결과를 낳는다.

따라서 관절대차를 적용하는 전동차는 신규 선로에 투입될 차량에서 적용성을 검토하여야 할 것이며, 본 과제에서 관절대차는 적용성이 낮다고 판단된다.

### (2) 직접구동대차 기술 동향

- 일반대차에서 구동장치와 추진축 간에 coupler와 동력전달장치를 통해 모터의 동력을 전달하는데 반해, 직접구동 대차는 별도의 동력전달장치 없이 차축에 직접 Motor의 동력원을 전달하는 방식으로 직접구동대차를 적용하기 위해서는 직접구동 모터의 개발이 전제된다. 직접구동 모터는 1차 현가장치위에 장착되었던 기존 대차와 달리 차축에 unsprung 하중으로 차륜에서 전달되는 높은 진동가속도가 모터에 전달되기 때문에 모터의 내구성 개선이 선행되어야 한다.

직접구동 대차는 직접구동모터의 개발이 선행되어야 하는 대차로 충분한 내구성과 경량화, 고 토크의 특성을 가진-기존 전동기 대차 대비, LCC 측면에서 경쟁력이 있는 직접구동 모터의 개발이 전제되어야 차세대 전동차 적용을 추진할 의미가 있으며, 적용성의 검토는

부품개발 과제에서의 개발진행에 따라 유동적으로 관리하고자 한다.

### (3) 조향대차 기술 동향

- 차량이 곡선을 통과할 때 발생하는 가장 큰 문제는, 진행방향의 좌우방향으로 작용 하는 횡압 발생에 대한 것이며, 이는 궤도의 파손 및 보수비용 증가, 차륜의 이상마모, 승차감 저하 등으로 인한 궤도와 차량측면에 악영향을 미쳐, 운용속도향상의 제한요소로 작용한다.

따라서 이에 대한 횡압저감 대책이 필요하며 일반적으로 1차 현수장치의 전후, 좌우 강성을 낮추거나, 차륜 담면 구배를 확하고, 선로 최소 곡선 반경을 확대하는 방안 등이 있지만, 이러한 해결책은 곡선통과성능을 높이면서, 주행안전성을 낮추는 제한적 방안이다.

이에 대해 근본적인 해결방안으로 차륜과 레일의 어택각(attack angle)을 줄일 수 있는 steering 대차가 제안되어, 차륜 플렌지 마모, 스킵소음, 차량 안전성 등의 곡선 통과시 발생하는 문제를 획기적으로 개선한다.

조향대차의 종류는 어택각을 줄이는 방법에 따라 나뉘며, 자기조향 방식에 따라 자기조향 방식, 반강제 조향방식, 강제조향방식이 있다. 자기조향방식은 윤축의 yaw 성분 자유도를 높여 곡선통과성능을 높이는 방안이며, 윤축의 yaw 성분 자유도를 부분적으로 구속하여 직선 주행성능을 보완해주는데, 이 방법에 따라 자기조향방식은 세분화된다.

시내 중심구간에서의 많은 곡선선로와 외곽 직선선로를 주행하여야 하는 전동차는 곡선 통과성능과 주행안전성이 동시에 요구되며, 곡선 통과성능과 주행안전성은 상반되는 개념으로 두 특성간의 적절한 조율이 대차설계에 핵심적인 사항이다. 하지만, Steering 대차는 곡선통과성능과 주행안전성을 동시에 만족시킬 수 있는 근본적인 해결책이며, 추가 구성품으로 인한 유지보수성이 떨어지는 단점이 있으나, 이는 선로/차륜 유지보수 비용과 포함한 전체 Life Cycle Cost 측면에서 효율이 증대될 것으로 예상되어 전동차에 조향대차의 적용성은 높게 평가된다.

### (4) LIM 대차의 기술 동향

- LIM(Linear Inductor Motor)은 회전형 모터를 축방향으로 전개해 놓은 형태의 전동기를 장착한 대차이다. LIM 차량을 주행시키는 주요 구성요소는 차량하부에 1차축 리니어 모터, 지상에 2차축인 리액션 플레이트(Reaction Plate), 철제차륜이다. 모터의 선형화와 철제차륜의 단순한 지지 역할로 인하여 차륜의 직경이 작아도 되므로 차량의 저상화를 향상시킬 수 있다. 노선의 지하구간에서 터널크기가 작아져 건설비가 낮아진다고 보고되고 있다. 차륜은 단지 1차축과 2차축의 공극을 유지할 뿐이다. 또한 LIM에는 기계적 감속장치가 필요 없어 비교적 소음이 적다. LIM대차 적용성은 선로의 추가적인 리액션 플레이트를 설치하여야 하는 인프라 구축의 어려움이 있어 차세대 전동차에 대한 적용성은 낮다.

### (5) 100% 저상형 독립차륜대차 기술 동향

- 100% 저상형 대차는 플로어 높이를 낮추기 위해 두 차륜간의 차축을 삭제하고, 좌우의 차륜이 일체가 되어 회전하는 종래의 윤축으로는 자기조향기능대신 새로운 메카니즘으로 곡선주행을 한다. 이러한 100% 저상형대차는 기존 시스템과 전혀 다른 독립회전차륜과 새로운 개념의 대차프레임과 현가장치 개발이 본 대차의 어려움이다.

본 대차의 주행성능에서 독립회전차륜을 이용하기 때문에 안정성은 비약적으로 향상하기는 하나 조향성능이 상실되고, 외란에 대한 윤축의 궤도중심으로의 복원작용도 없어지며, 한 방향으로 치우친 채 주행하여 플랜지나 레일의 마모가 증대되는 등의 위험성이 존재하기 때문이다. 또 좌우차륜의 간격을 일정하게 유지하는 장치가 필요한 점도 있다.

100% 저상형 대차는 플랫폼 없이 차량의 출입을 용이하게 하기 위한 방식으로 플랫폼의 기존 선로 시설물이 고정된 본 과제에서는 그 효용성이 없다.

### 3. 결론

현재 세계의 철도 선진국들은 기존에 운행되는 도시철도 시스템에 첨단성, 경제성, 에너지 절감, 친환경성 및 교통 약자에 대한 배려 등이 반영된 차세대 도시철도 시스템을 경쟁적으로 개발하고 있다. 차세대전동차 시스템은 기존 시스템의 문제점 개선은 물론 도시철도 시스템의 관련주체인 차량 이용자, 운영자, 적용지역은 물론 국가적인 측면에서 요구하는 내용들이 반영된 최적의 도시철도 시스템이라 말할 수 있다. 또한 기존 노선과의 호환성을 유지하기 위해 기존의 법령이나 사양을 검토하고 있으며 특히 기존 시스템의 가장 큰 문제인 경제성을 해결하기 위해 무인운전의 적용, 유지 보수의 개선, 에너지 절감 및 친환경성 확보 등으로 연구 및 개발을 추진해 나아간다면 철도 산업뿐만 아니라 국가 산업 전반적인 발전에 크게 기여할 것으로 본다.