

# 고속철도용 전철기 국산화 개발 핵심 내용 및 우수성 Core Contents & Superiority of Localized Point-Machine for High Speed Rail

윤호석<sup>1)</sup> 신기태<sup>2)</sup> 김대학<sup>3)</sup> 김영필<sup>4)</sup>  
Yun, Ho-Sok Shin, Ki-Tae Kim, Dae-Hak Kim, Young-Pil

---

## ABSTRACT

This study presents the core contents and superiority of localized Point-Machine which Alstom transferred its technology to Samsung SDS for High Speed Rail, developed based on existing MJ81 Point-Machine that is used in France and other countries. The scope of study includes introducing performance improvement of Localized MJ81 and conducting comparative analysis between Localized MJ81 and French products as well as NS type Point-Machine that has been deployed in the existing rail link. Moreover, the general architecture, features and test run results of Localized MJ81 are described.

---

## 1. 서 론

100년 이상 철도는 우리 삶에 귀한 수송 수단으로 역할을 수행해 오고 있다. 그러나 초기 철도는 이미 포화상태에 도달하였고 이러한 문제점 해결을 위해 속도향상을 통한 운행시간 단축과 수송 용량 증대가 필요하게 되었다. 2004년에 개통되는 서울-부산간 고속철도는 포화 상태에 있는 철도 문제를 해결하고자 건설하게 되었으며 최대 속도 300km/h를 위해 설계, 시공중이다. 2004년 고속철도 개통을 계기로 철도의 포화상태 해결 및 타 교통수단과 경쟁력 측면에서 우위를 확보하게 되었고 아울러 기존선의 고속화가 더욱 요구되고 있다.

고속화된 철도의 안전성을 확보하고 정확성과 신속성으로 수송효율의 향상을 도모하기 위해 신호기술의 향상이 필요하다. 고속, 고밀도 운전 실행 시 고려되어야 하는 신호 장비 중 하나인 전기 전철기의 선택에 있어 안전 및 유지보수는 중요한 요인 중의 하나이다. 서울-대구간 고속철도에는 고속용 노스 가동 분기기를 도입하였으며 이 분기기의 첨단, 가동 크로싱부의 전환에 사용하기 위해 고속용 전철기인 프랑스의 MJ81이 시험구간에 도입되었고 본선구간에서는 본 전철기를 국산화 개발하여 적용중이다.

## 2. 본 론

MJ81은 고정식 전기 전철기이며 성능이 우수하여 프랑스, 한국을 비롯한 전 세계의 철도에 광범위하게 사용되고 있다. 스위치 블레이드를 지지하는 침목 또는 콘크리트 트랙 상에 설치될 수

---

1 Samsung SDS 교통사업팀 팀장  
2 Samsung SDS 교통사업팀 차장  
3 Samsung SDS 교통사업팀 대리  
4 Samsung SDS 교통사업팀 사원

있으며 원격제어가 가능하다. MJ81 전철기는 기구적으로 쇄정되어 스위치 블레이드가 움직이는 것을 방지한다. 또한 수동조작에 의한 구동이 용이하며 광범위한 기온조건에서도 효과적으로 작동된다.

## 2.1 MJ81 구조 및 특성

### 2.1.1 MJ81 구조

전철기의 구조는 그림 1과 같은 형태를 가진다. MJ81의 기계부는 안전을 위해 수동/자동 시스템으로 구성된다. 이는 모터 결함 또는 조정시 매우 유용하며, ATC 또는 ATP 신호 시스템에 의해 수동/자동 전환 스위치를 수동 위치에 고정함으로써 시스템을 조정할 수 있다. 수동/자동 시스템의 역할은 회로제어기가 담당한다. 회로제어기는 수동/자동 선택 스위치의 위치 감지(Dog Clutch에 의해 Limit Switch의 접점이 단속됨) 및 포인트 블레이드의 위치 감지(Crank Pin Crown의 회전에 따라 Limit Switch의 접점이 단속됨) 기능을 수행한다.

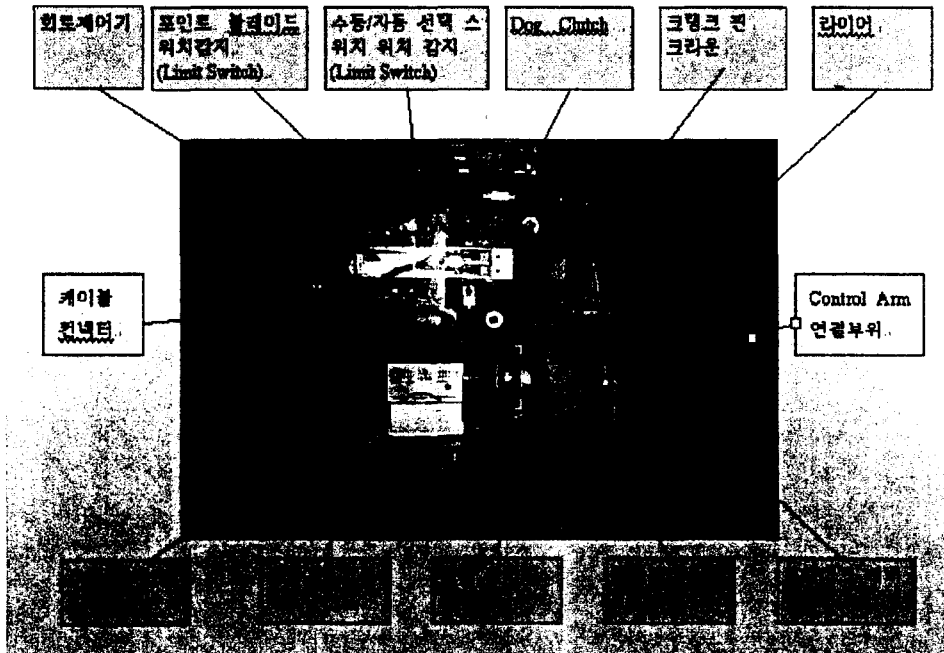
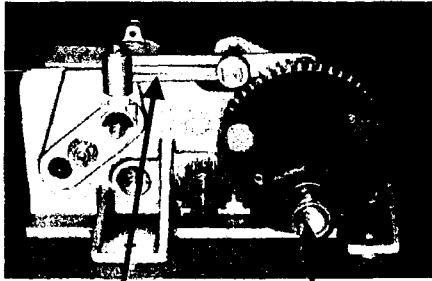


그림 1 전철기 주요 구성품

MJ81은 VCC(침단부 밀착 검지 및 쇄정기)가 고장이 발생할지라도 텅 레일의 개방을 허용하지 않는 기계적인 쇄정장치에 의해 VCC 쇄정을 보완하도록 설계되어 있다. 전철기의 쇄정 방법은 Crank Pin Crown 어셈블리가 동정의 끝에 도달하면 Driver Roller는 Lyre의 곡선부 내에 있게 된다. 만약 Control Arm에 반대방향으로 되돌리려는 힘이 가해지면 Lyre는 Driver Roller에 대하여 구속된다. 이 때 Lyre와 Driver Roller는 일정구간 기구적으로 쇄정 영역(Zone)을 구성하며 이 쇄정영역 내에서는 Control Arm이 역전하지 못하도록 함으로써 전철기를 쇄정한다. Crank Pin Crown은 측면에 Cam 형태로 되어 있고 이 Cam 프로파일을 따라 브레이크 레버의 롤러가 구동된다. Crank Pin Crown이 구동의 끝부분 근처로 가면 캠 형상 때문에 브레이크 레버가 들어 올려져 브레이크 패드가 모터축과 접촉하게 되며 이 때 발생하는 마찰력에 의해 모터축이 제동된다. 제동력은 브레이크 레버상의 스프링 압축 정도를 조정함으로써 변경 가능하며 제동력은 101,970kg/m<sup>2</sup>이다. 또한 MJ81

의 전기부는 MJ81에 전원을 공급하여 제어 및 검사를 목적으로 사용되는 케이블 커넥터가 설치되어 있다. 전철기의 쇄정장치는 그림 2와 같은 구조와 부품을 가진다.



Brake Lever

Driver



Lyre 곡선부

### 2.1.2 MJ81 특성

MJ81의 일반적 특성은 표 1과 같다.

표 1 MJ81의 일반적 특성

사용 온도	-30~+70℃
중량	91kg
동정	110~260mm 조정가능
최대부하	400kg(국산화 실험치 600kg)
정상부하	200kg
동작시간	5초 미만
몸체크기(mm)	L*D*H = 700*476*215
사용접점	11개
전력원	3상 220V Δ 결선
	3상 380V Y 결선
	단상 220V
모터속도	2850rpm
모터소비전력	550W

### 2.2 MJ81과 NS형 전철기 비교

두 전철기의 특성은 표 2, 표3과 같다. MJ81은 간류의 수가 적어 기계 작업 및 유지보수가 용이하나 NS 형은 년 2회 이상 클러치 조정을 실시해야 하며 MJ81에 비해 전환 시간이 길다.

표 2 MJ81과 NS 형 전철기 특성

종별	MJ81	NS형
일반 특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고변화 분기기에 적합</li> <li>- 보통 침목에 설치 가능</li> <li>- 전환력이 크고 전환시간이 짧다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 전환력 및 전환시간이 큼</li> <li>- 간류의 구조 변경 필요</li> <li>- 장대 침목 필요</li> </ul>
유지 보수특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1종 작업에 유리</li> <li>- 경량, 방수 구조로 설치 및 유지보수 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중량, 방수 문제 유발</li> <li>- 설치 및 유지보수에 불리</li> </ul>

표 3 MJ81과 NS 형 전철기 비교

구분	MJ81	NS 형
개발연도	1981	1964
사용 전력원	AC220/380 3상, AC220 단상	AC105/220 단상
동작전류	220V=1A 380V=1.5A	8.5A
전환력	200-400kg	300kg
전환시간	3.8-4.8s	6s
구동방식	모터 직접 제어	콘덴서 기동형 4극
클러치	마찰	마찰 또는 電磁
동정(mm)	110-260	동작간 : 185 쇄정간 : 130-185
밀착, 쇄정 검지	유	무
분기기	F18.5-F65	F8-F15

## 2.3 MJ81 국산화 개발 핵심

### 2.3.1 재질 개선

MJ81 전철기는 우수한 기계적 특성을 갖는 원재료를 사용함으로써 강도 및 내구성이 탁월하다. 특히 제품의 성능과 안전성에 직접적인 영향을 주는 주요 부품들은 Cr-Mo 함량이 높은 SCM440H를 사용하여 단조(Forging) 가공하였다. 단조 부품의 가공 공정 순서는 단조, 담금질/뜨임, 황삭가공, 정삭가공, 표면열처리(이온 질화법)로 진행되며 인장강도를 향상시킴과 동시에 부품이 경량화된다. 특히 표4에서 보듯이 SCM440H를 사용함으로써 국산화 부품은 프랑스 부품에 비해 인장강도 및 항복점이 개선되었다. 또한 특수 제작된 시험 장비로 내마모성 등 내구성 시험을 통해 그 우수성이 입증되었다. 표5는 SCM440H의 국산화 재료의 성질을 나타낸 것이며 그림 3은 Cr강과 Cr-Mo 강의 강도와 인성을 비교한 설명도이다. SCM440H의 성질을 결정하는 Cr과 Mo의 특성은 다음과 같으며 특히 Cr 에 Mo를 첨가하면 인장강도 및 충격저항이 증가한다.

#### 1) Cr의 특성

- 부품의 경도를 크게 한다.
- 담금질이 용이하며, 경화층이 깊고, 자경성(seft hardening)이 있어서 공기 중 냉각하여도 쉽게 마르텐사이트로 된다. 또한 Cr은 마르텐사이트에서 안전성을 준다.
- Cr<sub>4</sub>C<sub>2</sub>, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub> 등의 탄화물이 형성되어 내마모성이 크고, 또한 가열에서 오스테나이트의 결정립 성장을 저지하여, 조직이 미세하고 강인하게 된다.

#### 2) Mo의 특성

- 탄소강에 Mo을 첨가하면 인장강도와 탄성한도가 크게 되나 다소 취성이 있다.
- Mo는 열처리 효과를 깊게 하고, 뜨임취성을 감소시키며 마모저항이 크다.

표 4 국산화 재료 특성

부품명	프랑스 재료	특성(N/mm <sup>2</sup> )	국산 재료	특성(N/mm <sup>2</sup> )
Control Shaft(Rough)	Steel EN 10083.1 34 Cr-Mo4 HH	인장강도 : 900~1000 항복점 : 700	SCM440H	인장강도 : ≥ 980 항복점 : ≥ 835
Axle	Steel EN 10083.1 34 Cr-Mo4		SCM440H	
Forged Gear	Steel EN 10083.1 25 Cr-Mo4		SCM440H	
Forged Lyre	Steel EN 10083.1 42 Cr-Mo4		SCM440H	
Forged Crank Pin Crown	Steel EN 10083.1 34 Cr-Mo4		SCM440H	

표 5 국산 SCM440H재료 성질(KS D 3711)

화학적 성질	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)	용도
	0.38~0.43	0.15~0.35	0.60~0.85	≤0.030	≤0.030	0.90~1.20	0.10~0.30	기어, 축
기계적 성질	담금질 (℃)	뜨임 (℃)	항복점 (N/mm <sup>2</sup> )	인장강도 (N/mm <sup>2</sup> )	신장률 (N/mm <sup>2</sup> )	단면수축 (N/mm <sup>2</sup> )	충격치 (N/mm <sup>2</sup> )	경도 (H <sub>B</sub> )
	830~880	530~630	≥ 85	≥100	≥ 12	≥ 45	≥ 4	302~415

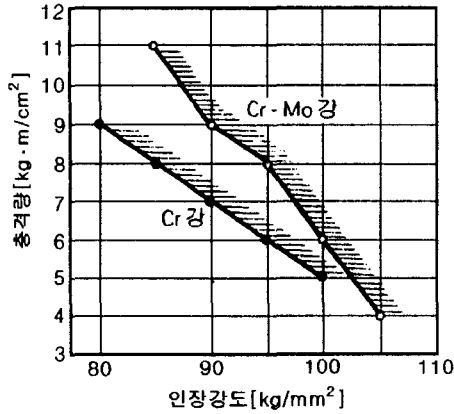


표 6 질화 특성 비교

항목	염욕질화(프랑스)	Ion 질화(국산화)
표면처리 방법	NaCN, KCN 염욕중에서의 반응에 따른 N, C의 확산	진공로내에서 Glow 방전을 발생시켜 N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> 및 기타 Gas의 단독 또는 혼합 Gas의 분위기에서 질소를 표면에 확산시킴
처리 분위기	Gas분위기 처리	진공처리
처리 온도	550~620℃	≥ 380℃
열원	외부 Heater 가열	Glow 방전에 따른 가열
다공질층	발생	전혀 발생하지 않음
품질안정성	염욕의 조성분석이 난이	입력전류 및 Gas 조정이 용이
대형, 장척물, 복합형상물	어려움	적합
후가공	약간	불필요
내마모성	양호	최상
피로성	양호	최상
최대질화층두께	50μm	350μm
치수변화	질소, 탄소의 침입에 따라 체적 증가함.	질소원자의 침투에 따른 극히 미세한 체적증가

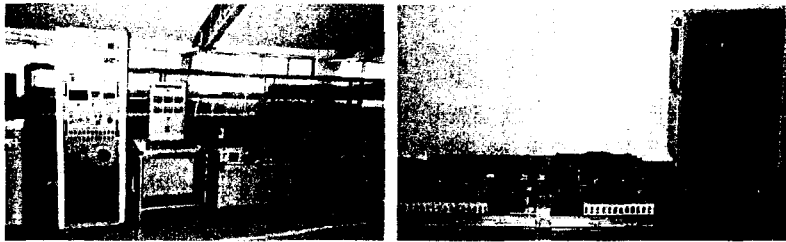
2.3.2 표면 열처리 개선

프랑스 부품의 표면 열처리는 염욕질화(Salt Bath) 방법을 사용하였다. 반면 국산화 부품의 표면

열처리는 ION질화 방법을 사용하여 다공질 층이 발생하지 않고 복합적인 형상물(Crank Pin Crown 등)의 품질의 안전성, 피로특성을 개선하였고 유효 질화층 두께를 높여 내마모성을 향상시켰다. 그리고 열처리 후 치수 변화가 극히 적어 후가공이 불필요함에 따라 생산성을 개선하였다. 표 6은 염욕질화와 Ion 질화의 특성 비교표이다.

### 2.3.3 성능 및 내구성 시험기

전철기는 생산이 완료된 제품에 대해 성능시험을 실시한다. 또한 주요 부품에 대한 설계변경이 발생하거나 기타 공인기관으로부터 인증이 필요한 경우 내구성 시험도 실시하게 된다. 성능 시험기(그림 4)는 하중, 내전압, 선로저항 등 다양한 시험조건을 광범위하게 설정 할 수 있도록 구성되어 있으며 프랑스 SNCF 가 규정하는 내구성 시험 절차에 부합되도록 제작되었다. 또한 회로제어기는 포인트 블레이드의 위치를 감지하는 중요한 부품이므로 조립 후 특별히 제작된 전용시험기(그림 5)로 조정한다. 내구성 시험기로 360kg의 Load를 걸어 14초 간격으로 20만회의 내구 시험 후 제품을 검사한 결과 부품의 외관, 전환시간, 전환력 및 기타 성능에 이상이 없었다. 쇄정력 시험은 전환이 끝난 전철기에 약 2톤의 하중을 25회(1회/2초)가해 시험하는 것으로 시험 결과 쇄정 상태에 이상이 없었다.



## 3. 결 론

고속전철의 안전 운행에 중요한 기능을 담당하는 전철기를 국산화함에 있어, 기능과 성능, 호환성을 확보하기 위해 많은 인력, 비용과 시간을 투입하였다. 그 결과, 주조와 단조, 가공품 등의 재질을 KS규격에 맞게 선정하면서 성능 또한 개선되었고, 호환성도 확보하였다. 아울러 시험 장비를 자체 개발하여 알스톰의 인증을 받음으로써 전철기의 유지보수가 가능하게 되었고, 향후 개발 시에도 유용하게 사용할 수 있게 되었다. 하지만 220V 단상 및 380V 3상 모터와 클러치의 국산화가 과제로 남아있으며, 알스톰에서 진행하고 있는 것처럼 700Kg 이상의 최대부하에도 문제없이 사용할 수 있도록 성능을 더욱 개선하고, 기존 국철구간에 인터페이스 장비를 최소화하여 적용할 수 있도록 개발한다면 명실상부한 국산화를 완수할 수 있을 것으로 보인다. 이를 통해 대량생산, 원가절감, 적기 공급하여 철도 르네상스 시대에 철도청, 고속철도 공단과 함께 세계시장에 진출하는데 적으나마 공헌할 수 있게 될 것으로 기대한다.

### 참고문헌

1. 염영하, 염성하(1996), 기계재료학, 동명사
2. 김용규(2002), "MJ81 전기 선로 전환기", 한국철도기술, Vol 33, pp.44
3. 최종욱(2001), "기존선 고속화를 위한 제언", 한국철도기술, Vol 27, pp. 6
4. 小栗富士雄(1984), 기계설계도표편람 개정 2 판, 대광서림
5. Alstom(1996), "Technical Description"