



京釜 高速 鐵道 車輛 設計 技術에 관하여(下)

A study of train design technology of Seoul-Pusan High Speed Rail

朴 光 福*
Park, Kwang Bok

목차

(상)

1. 머리말
2. 高速 鐵道の 生産性
3. 세계 高速 電鐵 開發 現況
4. 高速化 技術
 - 4.1 車輛의 出力
 - 4.2 粘着 係數
 - 4.3 走行 抵抗
 - 4.4 환경소음
 - 4.5 열차 운동 에너지
5. 경부 고속 전철 기술 사양
 - 5.1 TGV 시스템의 특징
 - 5.2 주요 기술 양

- 5.3 설계 요구 사항
 - 5.4 走行 性能
 - 5.5 推進 動力 裝置
 - 5.6 走行 裝置
- (하)
- 5.7 車體 構造
 - 5.8 制動 裝置
 - 5.9 차량 관절 링
 - 5.10 공기 조화 시스템
 - 5.11 제어 전자 회로
 - 5.12 주요 전기 장치

6. 맺음말

5.7 車體 構造

경부 고속 전철에 사용되는 車體의 主材料는 鋼製로서 프랑스 재질 규격 E24, E36 및 고장력 강AC 52 등을 사용하고 있다. 車體는 경량 구조로서 외관이 차체 剛性의 일부를 담당하는 셀프 서포트형(Self Support Type)으로 되어 있고, 耐 부식성 향상을 위해 低黃 강판을 사용한다.

車輛의 高速 走行에 신뢰성 있는 車體 強度를 확보하기 위하여 유한 요소법을 이용한 컴퓨터 구조 해석을 수행하며 허용 하중을 30% 초과하는 하중에 대해 해석 될 것이다.

5.7.1 차체 외관 평면도 기준

차체 외관 평면도 기준은 <표8>에 의한다.

표8. 차체 외관 평면도 기준

차체	종류/위치	최대 허용공극도	측정기준지 길이
외관	차체상태	1.5mm	1.5m
	완성상태	0.7mm	0.5m(전방향)
동력차	측면	2mm	0.5m
	엔드면	3mm	

5.7.2 최대 허용 응력 기준

-Goodman선도 : 피로를 고려해야 하는 鋼製 조립품

*車輛 技術士, 大宇重工業(株) 鐵車重裝備本部 次長

- 피로 한도 : UIC 566 OR의 안전 계수를 사
 용한 구조물에 정하중 시험 할 때
 - 사용 재료 : E36강, 항복점 360N/mm², N/mm²
 AC52강, 항복점 490N/mm², E24강, 항복점

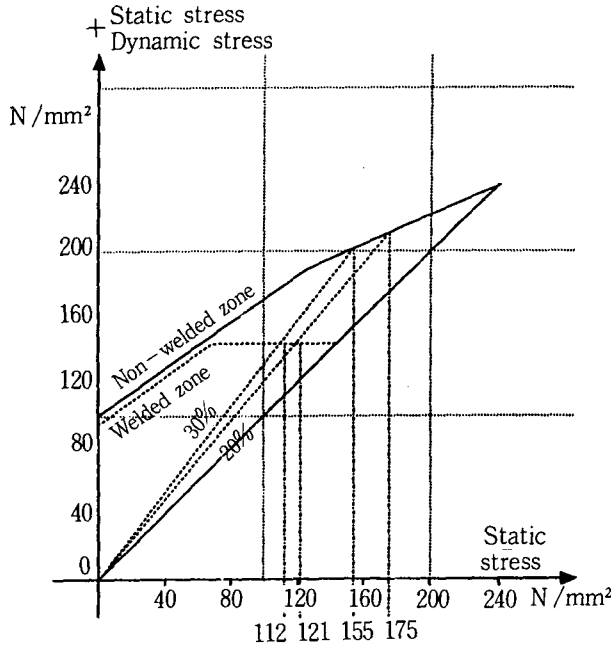


그림 11. Goodman Diagram - E24강

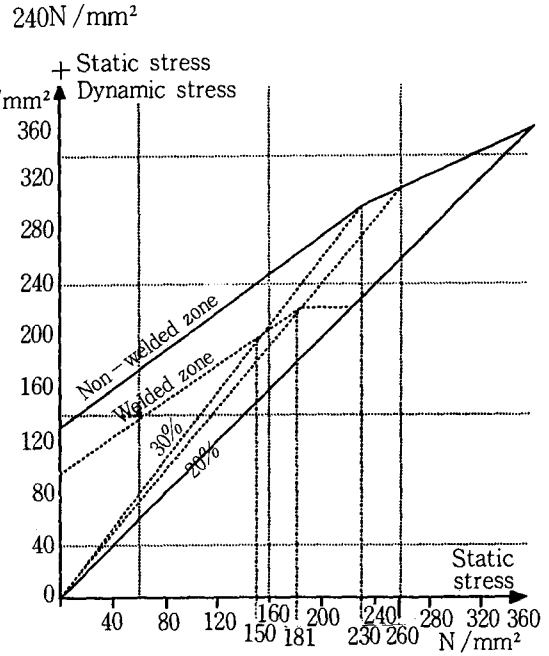


그림 12. Goodman Diagram - E36강

5.7.3 차종별 정하중 시험 조건

모든 시험은 UIC 566 OR의 규정에 근거하여
 <표9> a~d는 W₁ 하중 하에 시행한다.

표9. 차종별 정하중 시험 조건

		동력차		동력 객차		객차	UIC566OR
		연결기	버퍼	건인봉 높이	헤드스톡	건인봉 높이	버퍼
정압축하중	2,000KN	연결기	버퍼	건인봉 높이	헤드스톡	건인봉 높이	버퍼
	300KN	레일면	버퍼	-	-	-	-
	250KN	500mm상단	연결기	-	-	-	-
동분포 압축 하중	400KN	-	-	연결면상단 350mm위치	건인봉 높이	-	연결기 중심에서 350mm 상단
	300KN	지붕캐트레일		지붕캐트레일	헤드스톡	지붕캐트레일	지붕캐트레일
대각선방향 압축 하중	500KN	버퍼		버퍼 높이 에 작용	U/F에	-	버퍼
인장 하중	1,000KN	연결기		건인봉 높이	연결기 높이	건인봉 높이	-
여의적 수직 하중	-	$F_2=1.3 \times W_1 \times g$		$F_2=1.3 \times W_1 \times g$		-	-

1) UIC 566 OR은 참고임.

2) W₁은 완성 차량 중량(모든 설비 취부 상태), 단 구체로 실험할 때는 하중 조건에 따라 구체 골조 무게를 제외하고 시험한다.

5.7.4 耐 충돌성

열차의 탈선 및 충돌시 발생하는 급감속도와 충격 에너지를 흡수함으로써 승객과 승무원을 보호하기 위해 다음을 설치한다.

- 승객 좌석 위치에 고압축 강도 설계
- 차간 설비 및 승강구에서의 에너지 흡수
- 차간 설비에 오름 방지(Anti climbing), 좌굴 방지(Anti buckling)
- 에너지 흡수 실드 설치 : 동력차 선두부에 알루미늄 재료 벌집 구조로 최대 2백만 쥘 에너지 흡수 구조

5.8 制動 裝置

5.8.1 制動 裝置 일반

制動 裝置는 車輛이 高速으로 주행시 一定한 制動 거리에 停止와 減速 機能으로 速度 制御에 있어 아주 重要하며, <그림13>은 열차 制動 시스템 블럭 다이어그램이다. 열차 制動 裝置의 특징은 다음과 같다.

- 각 대차의 制動 裝置는 獨立되어 있고,
- 制動 시스템은 fail-safe design으로 되어 있고, 고장시에도 상용 운전이 가능하며,
- 電氣 / 摩擦 制動이 자동적으로 조합되어지 나 전기 制動이 우선이다.

<그림14>는 12개 모니터가 정상 상태에서 전 제동

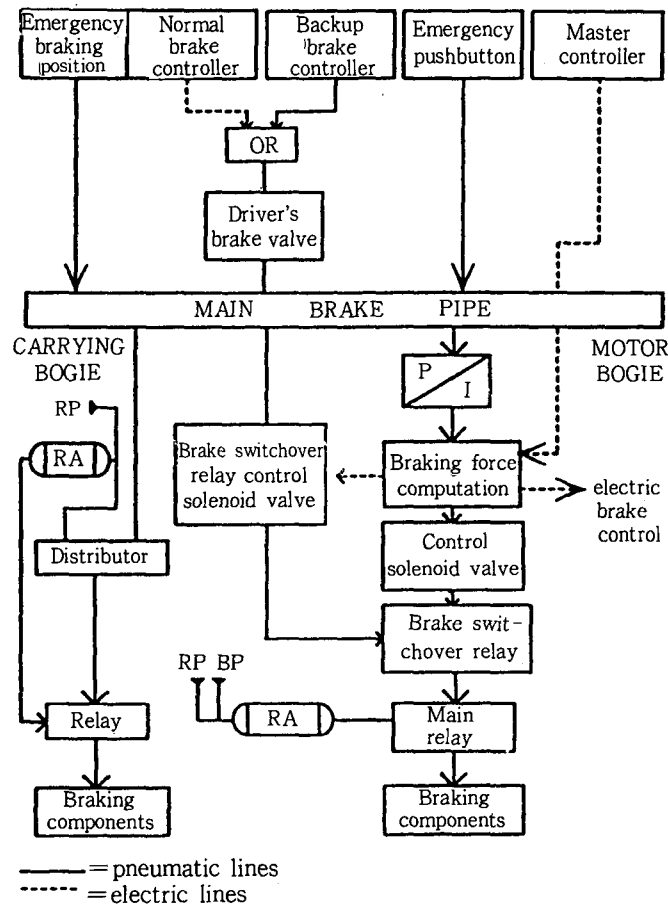


그림13. 열차 제동 시스템 블럭 다이어그램

시 차량의 속도, 감가 속도, 시간과 제동 거리와의 관계를 나타낸 것이며, 300km/h에서 전 제동시 감가 속도 $1.04M/S^2$ 이고, 제동 시간은 80sec, 그리고 제동 거리는 3,000m임을 알 수 있다.

5.8.2 電氣 制動

回生 制動(Regenerative brake)과 抵抗 制動(Rheostatic brake)은 병행하고, 회생 제동이 우선하며, 만일 가선으로부터 집전이 안 될 경우, 회생 제동에 저항 제동으로 自動적으로 전환된다.

回生 制動은 가선 전압이 $19KV < U_{cat} < 29.0$ KV인 경우 사용되며, 抵抗 制動은 加線 電壓과 독립적이며 회생 제동을 사용할 수 없을 때 사용 가능하다. 回生 制動의 범위는 차량 속도 300km/h에서 20km/h까지 가능하다.

Wheel diameter : 0.885m
Train Weight : W2 (with half-worn wheels)

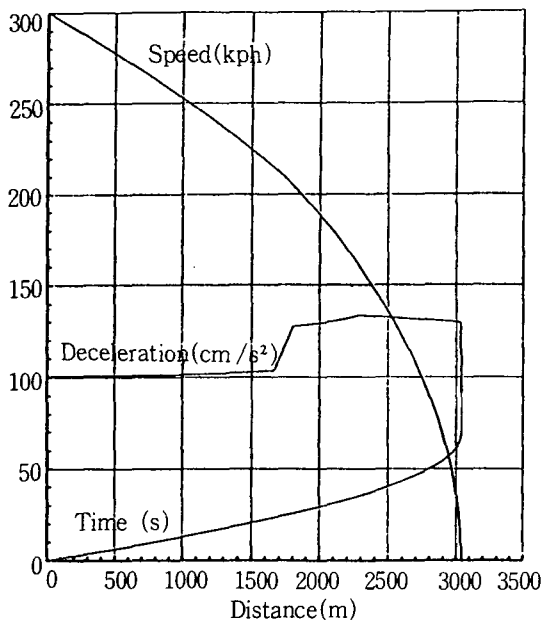


그림 14. 전제동시(12전인 모터) 감가 속도, 속도, 시간 대 제동 거리 특성 곡선

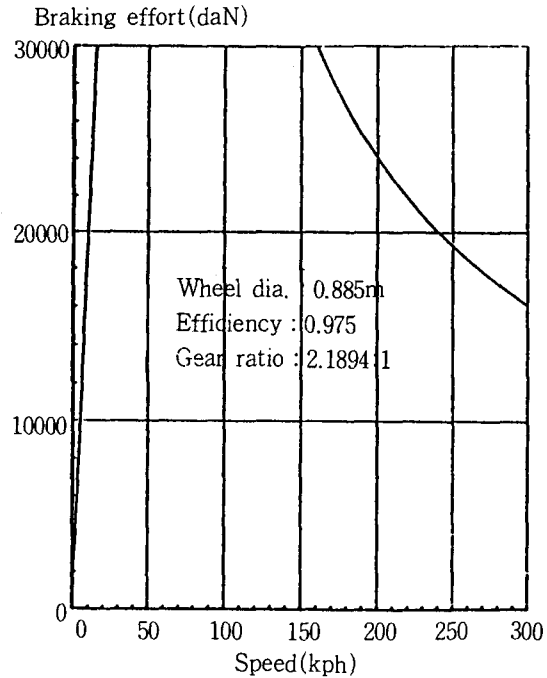


그림 15. 회생 제동력 대 속도 특성 곡선(12전인 모터)

<그림 15>는 회생 제동과 저항 제동에 대한 제동력과 속도 특성 곡선이다.

5.8.3 摩 擦 制 動

摩 擦 制 動은 동력 대차의 답면 제동과 트레일러 대차의 디스크(Disc) 제동이 사용되며, 電氣 制動과 결합되어 최고 속도 300km/h부터 정지 시까지 작동된다.

디스크 제동은 215km/h 이하에서 전제동이 작동되고 디스크 패드(pad)는 소결 재료(Sintered material)를 사용한다. 답면 제동은 비상 제동시(회생 제동 사용 불가 모드)에만 사용하고 160km/h 이하의 속도에서 전제동이 작동된다.

5.8.4 기타 기능

- 슬립 / 슬라이드(Slip / Slide) : 차량과 레일 사이에 슬립 / 슬라이드가 발생하면 점착력과 마찰력이 감소하여 차량의 가속도나 감속도가 떨어진다. 이때 이 기능이 작동되어 제어될 때까지

지 견인/제동력이 조정되고 차륜과 레일간의 슬립/슬라이드가 검출된다.

-블럭 차축 검출: 차륜 슬라이드 보호 장치(wheel side protection)에 의하여 블럭된 차축을 찾아내는 기능을 갖는다. <그림16> 참조)

-Fail safe: 전기 브레이크의 1/6과 1개의 트레일러 대차의 디스크 제동 장치가 고장일때도 정상적인 운행이 가능하다. 고장 안전을 위하여 대차 단위로 摩擦 制動 차단을 위한 설비가 설치된다.

5.8.5. 제동 거리와 제동력

모든 브레이크가 정상 작동하고 정상 하중 하에, 구배가 없고 건조 직선 선로에서 제동시 제동 거리와 제동력은 <표10>과 같다.

5.9 차량 관절 링(Articulated ring)

5.9.1 일반 사항

차량과 차량 사이의 관절 링은 캐리어 링(Carrier ring), 고정 링(Fixed ring) 및 볼 조인트(Ball joint)로 구성되어 있다.

차량의 주행시 물, 먼지, 소음 등을 막을 수 있는 構造로 되어 있고, 運行中 일어나는 차체와 차체, 차체와 대차 사이에 상대 운동을 댐퍼로 완화시킨다.

관절 링은 외부 윤곽을 차체와 일치시켜 공기 저항이 최소가 되도록 設計되어 있다.

5.9.2 고정 링(Fixed ring)

고정 링은 차체에 용접 고정되어 있으며, 하부에 볼 조인트의 암쪽(female)이 놓이고 Bear-

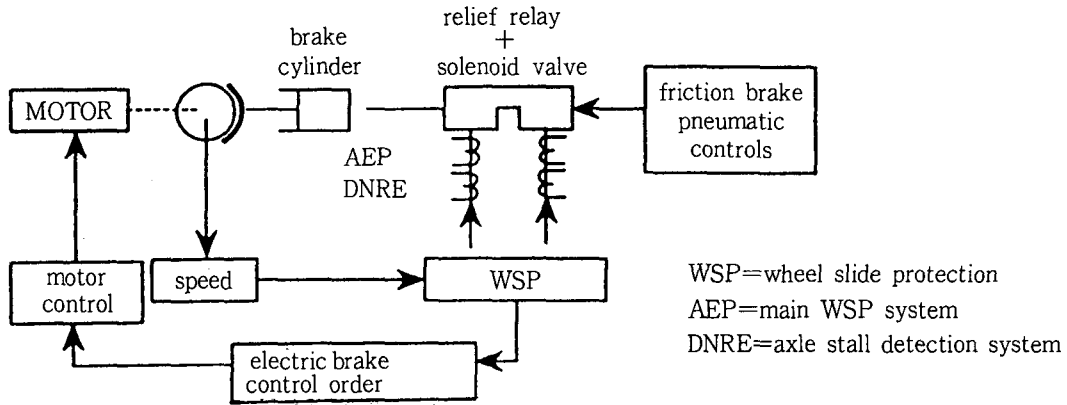


그림 16. 동력 대차 WSP의 블럭 다이어그램

표 10. 제동 거리와 제동력 비교표

제동 거리		제동력		
제동시속도	제동 거리	제동 종류	제동력	대차당 제동력
300 km/h	3,500m	회생제동	30,000 daN	5,000 daN
270 km/h	2,750m	저항제동	17,500 daN	2,917 daN
170 km/h	1,100m	디스크제동	72,760 daN	3,210 daN(215 km/h이상)
		-	-	4,280 daN(215 km/h이하)
		담면제동	9,960 daN	1,660 daN(215 km/h이하)

er ring 안에서 차량의 움직임에 따라 회전하게 되어 있다.

따라서 고정 링은 객차 중량의 절반을 지지하게 되고, 승객의 통로 역할을 한다.

5.9.3 캐리어 링(Carrier ring)

캐리어 링은 4개의 부분이 차체와 연결되며, 아래 부분은 볼 조인트와 윈 피봇(Win pivot)으로 대차와 연결 지지된다. 피봇 핀(Pivot pin)은 견인력과 제동력을 차체에 전달한다.

측면은 지지 빔의 모양으로 대차의 현가 장치(Pneumatic suspension) 위에 놓여 차량의 진동을 완화한다.

5.9.4 볼 조인트(Ball joint)

두 차량의 상대 변위 운동을 수행하며 금속-고무 구형의 샌드위치(metal rubber spherical sandwich) 구조로 되어 있고, 이것은 고정 링과 Bearer ring에 붙어 있으며, 차량을 연결하는 요소로 견인력을 지지한다.

5.9.5 피봇 팅(Pivoting)

두 링 사이에 있는 금속-고무 볼 조인트(metal rubber ball joint)와 고정 링은 객차간의 회전 운동을 가능하게 하며, 이 부분에서 두 객차간의 횡방향의 상대 운동은 일어나지 않는다.

5.10 공기 조화 시스템(Heating, Ventilation, Air Condition)

5.10.1 일반 사항

승객에게 편안하고 쾌적한 실내 조건을 제공하기 위하여 공기 온도, 방열판 온도, 내부 공기의 순환 속도, 공기의 습도 등 4가지 사항을 제어하게 되었다.

공기 조화 설비는 각 유니트당 2개의 독립 에어컨 장치와 1개의 난방 장치로 되어 있으며, 자기 진단 장치를 갖췄고, 1개의 에어컨이 고장났을 때에도 다른 한개는 정상 작동된다.

-온도 제어 모드

- 외부 온도와 부분적인 비례 관계 : 그림17에서 외부 온도 15°C~35°C는 실내 온도를 21°C~26°C로 비례 제어

- 외부 온도와 관계없이 실내 온도 제어 : 실내 온도 21°C~25°C 제어

- 공기 속도 : 공기 순환율은 1800m³/h와 2,700m³/h의 두 가지로 조정

- 소음 : 냉방 장치가 완전 가동시(정차시) 객실 내의 소음은 55dBA 이하로 한다.

- 냉매 : 환경 보호를 위해 냉매는 R134A를 사용한다.

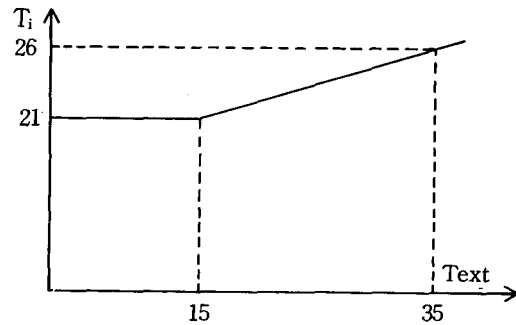


그림17. 비례 제어

5.10.2 냉난방 시스템

냉난방 유니트는 언더후렘 하부에 설치하며 냉각 공기는 덕트를 통해 온도차가 심한 창문 쪽으로 공급하고 난방 공기는 전기 히터를 통과된 공기가 객실에 공급된다.

신선한 외부 공기가 유입되는 부분은 터널 진입시 열차 식별 장치에 의하여 자동으로 감식되어 흡입구가 닫치게 되어 있다.

쾌적한 실내 환기를 위하여 신선한 공기 흡입 장치와 실내 공기 배기 장치가 설치되며, 대략적으로 공기 흐름 용량은 냉방 공기 3,550m³/h, 새로운 공기 1,200m³/h, 순환 공기 2,350m³/h, 배출공기 1,200m³/h으로 환기의 균형을 유지시키고 있다.

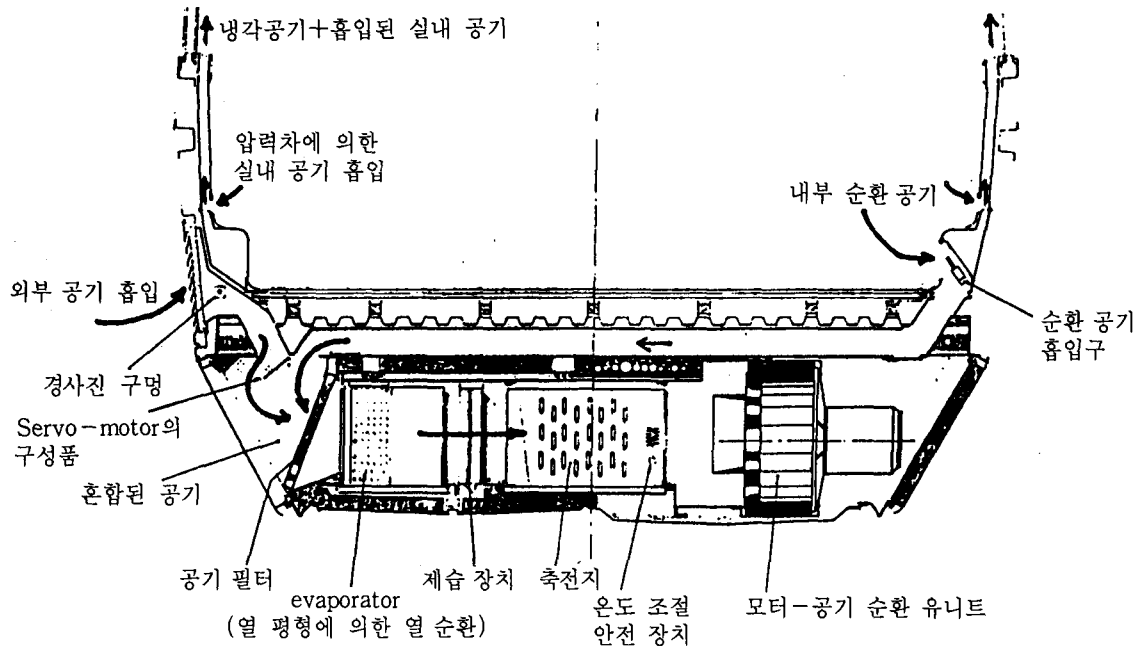


그림 18. 공기 조화 시스템의 에어컨 부분 단면도

5.11 제어 전자 회로(Control electronic circuitry)

제어 전자 회로는 풀브리지 컨버터, PFI 시스템, 인버터, 제자 전류 브레이크 초파의 제어, 차륜의 슬립/슬라이드 제어, 내·외부 잘못 신호 처리, 컴퓨터 네트워크와의 소통 등의 주요 기능을 담당한다.

5.11.1 반도체 소자 제어

- 입력 브리지 회로의 제어(위상 제어): 건인 모드에서 사이리스터 입력 브리지는 혼합 브리지 형태가 되며, 평활 인덕터와 건인 전동기에 공급되는 전류를 제어 한다.

제동시는 인버터로부터 전원을 공급받아 카테너리로 전력을 되돌려 보낸다.

- PFI 제어: PFI 회로는 공급 전력의 역률을 1에 가깝게 유지시키고, Zero-crossing에서 스위치 된 캐패시터는 PFI 사이리스터를 지나 전압에서 감지된다.

- 인버터: 인버터는 동기기에 회전 자계를 발생시키도록 전기자 권선에 전류를 공급하고, 사이리스터는 최고 출력이 발생될 수 있도록 회轉

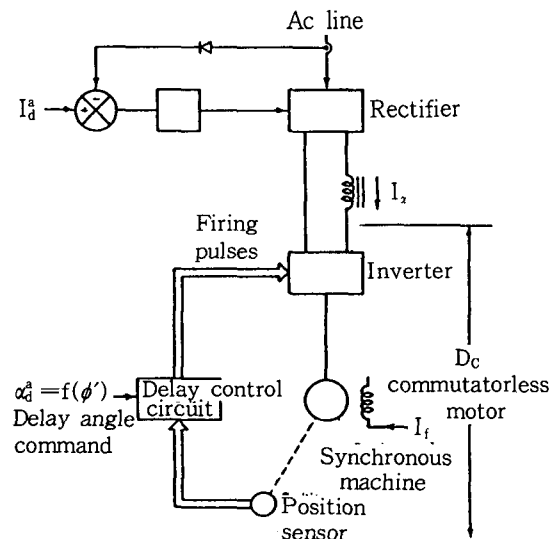


그림 19. 동기모터 자체 제어 원리

에서 생성될 계자에 상대적인 고정자 권선의 위치를 감지해서 轉流된다.

-勵磁 GTO 제어 : 전류 초퍼는 각각의 대차에 있는 2개의 동기기의 계자에 전류를 공급한다.

-제동 GTO 제어 : 회생 제동시 GTO는 턴오프 상태이나, 카테너리로부터 집전 실패시 입력 브리지에 발생하는 역기 전력은 0이 된다. 제어 전자 회로는 GTO를 턴오프시키고, 회로 내의 제동 저항을 접속한 다음, GTO의 duty cycle을 조절한다. 이것은 견인 전동기와 전력 반도체 소자에 흐르는 전류를 조절하기 위해 제동 저항을 변화시킨다.

이 시스템은 회생 제동이 작동 불능시, 제동시 걸리는 부하를 일정하게 유지시켜 주도록 설계되어 있고, 제동 초퍼는 저항 제동이 사용될 때 저항 값을 변화시킨다.

-anti-wheel slip processing : 차륜의 미끄러짐은 각 축의 속도 감지 센서에 의해 검출되고, 각 대차에 미끄러짐을 감지하기 위해 각 모터 블럭 전자 제어 모듈은 또 다른 대차로부터 속도 신호를 받는다.

만약 시스템이 차륜 슬립을 감지한다면 정해진 기준에 의해서 시스템은 그 순간에 요구된 전류의 값을 저장하고, 견인 전동기에 적절한 전류가 전달되도록 전류의 값을 수정하며, 이는 검출된 신호의 진폭에 의한다. 견인력을 줄이도록 검출되었을 때는 모터의 출력을 감소시키며, 점착력이 지나치게 저하되면 자동적으로 살사 장치가 작동된다.

-공기 제동 장치 제어 : 공압 제동 장치는 전기적 제동 장치에 대해 독립적이다.

-내·외부의 고장 처리 : 측정 센서에 전력 회로의 과전류나 과전압이 검출되면 회로 차단기가 개방되며, 잘못된 신호는 차량 컴퓨터 네트워크에 전달되어 기록되고, 감속기와 구동 기어의 불연속성을 감지하기 위한 신호가 모니터 된다.

-컴퓨터 시스템 대화 : 모든 모터 블럭 제어 정보는 차량 컴퓨터 네트워크에 의해 처리되고, 모터 블럭은 PCB가 컴퓨터 네트워크와 제어 전자 회로 사이에 정보를 조절한다.

5.11.2 고조파 전류와 유도 장애

PFI 시스템은 카테너리로부터 집전된 전류의 고조파 성분을 제거하고 방해 전류의 크기가 축소되도록 설계하며, 신호 설비간에서 간섭을 최소화 시킨다.

5.11.3 냉각

전력 회로내의 반도체 소자들은 밀봉된 원통 컨테이너에 들어 있으며 프레온에 의해 냉각되며, 강제 통풍 방식을 사용한다.

5.12 주요 전기 장치

5.12.1 판토히그래프(Pantograph)

판토히그래프는 열차가 300km/h 이상 高速 走行時 필요 전원이 안정적으로 공급되어야 하며, 주행에 따른 가선의 진동과 곡선에서의 이선 등의 영향이 없어야 한다. 특히 차량의 지붕에 돌출된 구조로서 공기 저항 등이 나쁜 영향을 주고 있으므로 공기 저항 감소형으로 설계한다.

표11. 판토히그래프 주요 사양

총연장 높이	2.8m
작동 높이	0.1~2.7m(±0.015m)
정차시 접촉력	7 daN
작동 온도	-40~70℃
최고 속도	300Km/h ±10%
정격 전류	1,000A : 연속, 1,200A : 1분
작동 압력	4~10 bar
무 게	335kg
카테너리 전압	25KV

안정된 집전을 위해서는 가선의 스프링 정수를 일정하게 하고, 열차 속도 보다 높은 파동

전파 속도 가선이 요구되며, 가선의 波動 전파 속도는 판토그래프의 押上力에 의한 가선의 변위가 橫波로서 좌우에 전도되는 것이다.

파동 전파 속도는 다음 <식14>와 같이 나타낸다.

$$C = \sqrt{T/\rho} \text{ (m/s)} \dots\dots\dots \text{(식14)}$$

여기서 C : 파동 전파 속도(m/s)

T : Tolley 선의 장력(kgf)

ρ : Tolley 선의 밀도(kg/m³)

판토그래프의 상승 및 하강 제어는 공기압으로 제어하며, 공기가 없을 시는 자동적으로 하강한다. 상승력은 평균 100초 이상 접촉에서 20daN을 넘지 않아야 한다. 집전판은 카본 분말 소결 합금의 2개 마모판을 사용한다.

집전판의 지나친 마모, 집전 탄소판의 이상, 절연 horn의 이상이 있으면 즉시 감지되어 판토그래프가 자동으로 하강한다.

5.12.2 주변압기(Main Transformer)

고속 전철에 사용되는 주변압기는 단상 외철형이고, 냉각은 실리콘유 방식으로 절연유는 3상 유도 전동기로 구동되는 순환 펌프와 냉각 팬으로 되어 있다. 1차 권선 및 7개의 2차 권선(구동 대차당 2개, 보조 회로용 1개)과 평활 인덕터 3개(구동 대차당 1개)는 모터 전류를 필터링하기 위해 사용되고, 고조파 제거용 인덕터 6개(구동 대차당 2개) 및 보조 필터 인덕터 등으로 구성되어 있다.

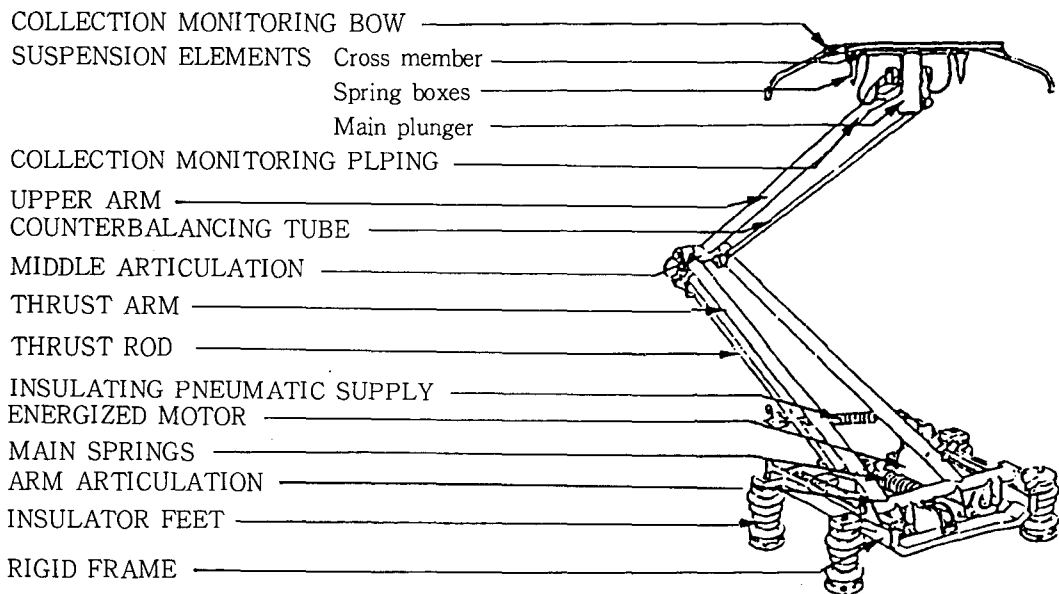


그림20. 판토그래프

표12. 주변압기 권선 제원

	1차 권선	2차 제1권선 권선	2차 제2권선 권선	보조 권선
정격 용량(KVA)	8,800	1,300	900	2,200
정격 전압(KV)	25	1,800×3	1,800×3	1,100
정격 전류(A)	352	722	500	2,000
권선수	1,636	118	118	36

표13. 주변압기용 리액터 제원

인덕턴스(mH)	30	10	2.1
정격 전압(A)	1,200	2,600	440
주파수(Hz)	60	60	60
대수	3	1	6

절연 등급은 H(최고 허용 온도 180℃)급으로
서 마이카, 석면, 유리 섬유 등의 재료를 규소
수지나, 같은 성질을 갖고 있는 재료로 된 접착
재료와 함께 사용한다.

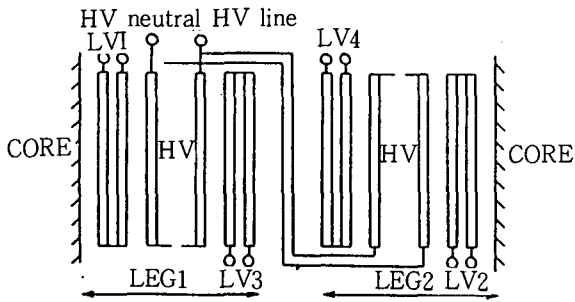


그림21. 권선 배치도

5.12.3 보조 장치(Auxiliary Equipment)

고속 전철에 보조 장치는 혼합 브리지, 견인

보조 장비 및 트레일러 보조 장비로 구분된다.

-전원 공급 혼합 브리지: 변압기 2차 권선에서 혼합 브리지를 통해 직류 550V 전원을 공급하는 2개의 MV 라인으로 구성되고, 정상 작동시는 전체 열차의 1/2 부분의 모든 보조 장비와 난방 전원을 공급한다.

-견인 보조 장비: 모터 블럭당 1개의 인버터로 구성되어 있으며, 4개 유도기를 구동하여 1개는 모터 냉각용이고 3개는 모터 블럭 냉각용으로 각각 사용된다.

보조 블럭은 4개의 인버터로 구성되어 있으며 그 역할을 다음과 같다.

- 변압기 오일 펌프 구동, 변압기 냉각 팬 구동, 정상 작동시 보조 블럭 팬 작동
- 변압기 오일 펌프 구동, 비상시 보조 블럭 팬 구동
- 주 압축기 구동

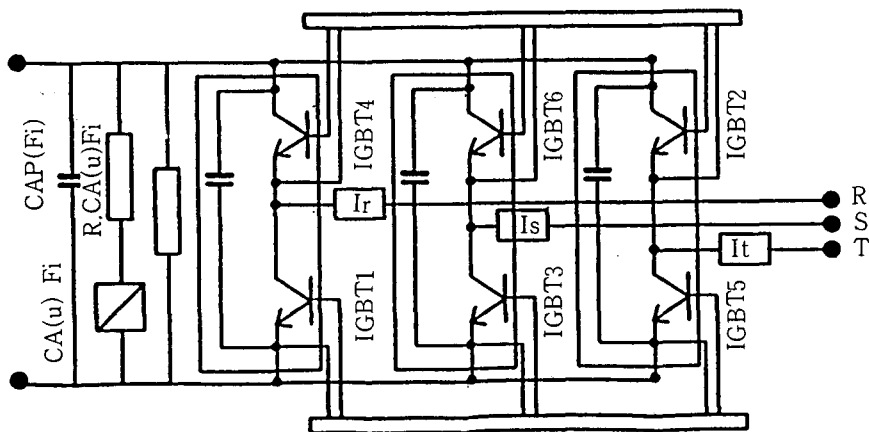


그림 22. 인버터 기본 회로 다이어그램

-트레일러 보조장비: 배터리 충전기 및 트레일러 인버터(SIV) 등이 있으며, 회로도도 다음과 같다.

5.12.4 마이크로프로세서 장비(Microprocessor Equipment)

마이크로프로세서 장비는 견인 기능을 제어하는 제어 전자 모듈은 모터 블럭에 설치되어 있으며 구성은 PCB, 전원 공급, mother board 등으로 구성되어 있으며, 모든 기판은 다층(4, 6, 8)을 사용한다.

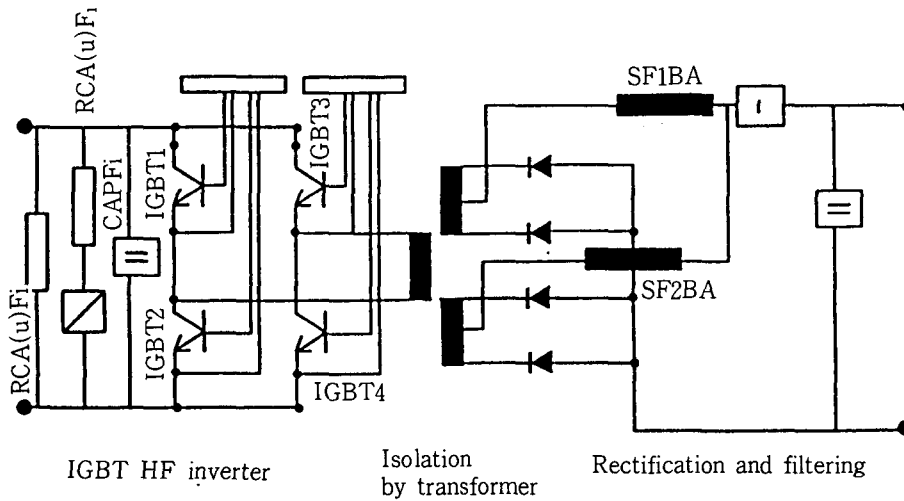


그림23. 트레일러 축전지 충전기 기본 회로 다이어그램

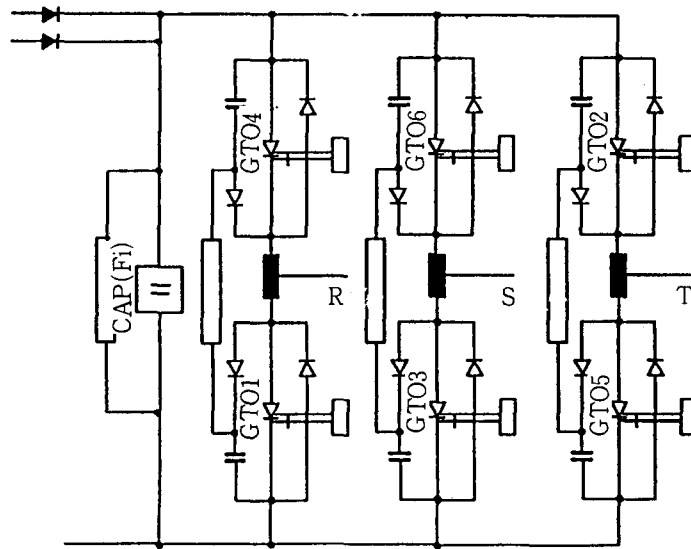


그림24. 트레일러용 400KVA 인버터 기본 회로 다이어그램

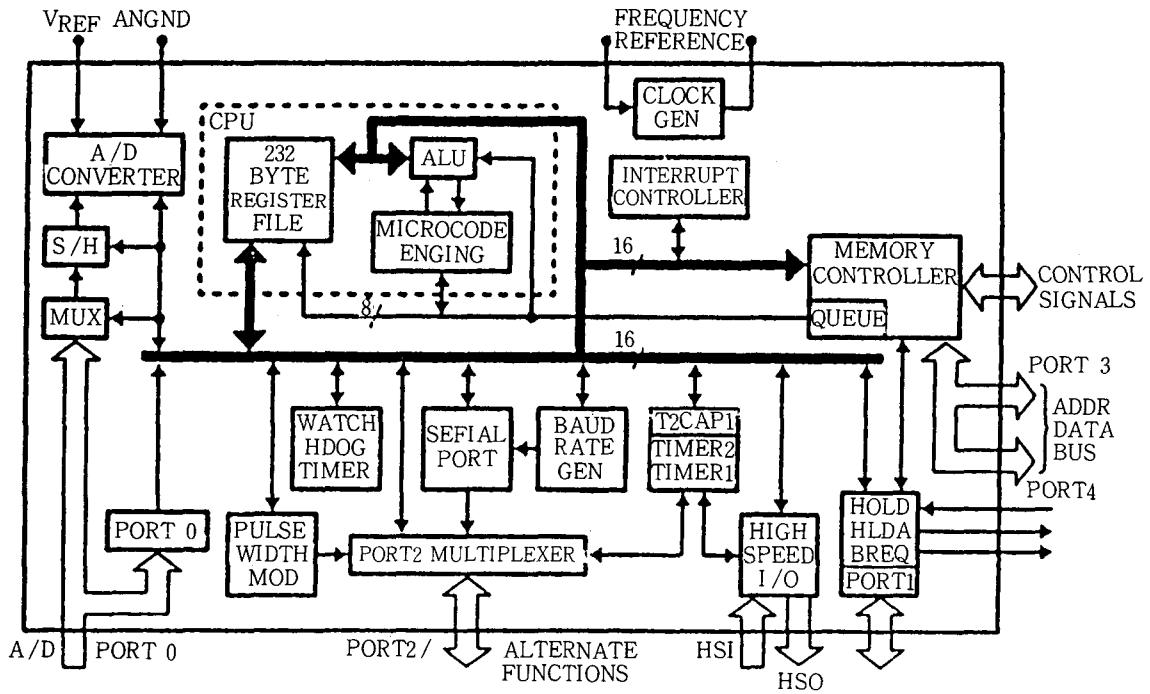


그림25. 80C196 마이크로프로세서 내부 구조

표14. 80C196 마이크로프로세서 제원

	12MHz
	8,16,32 bits
	16 bits
	232 bytes
	60kbytes
	8, multiplexed & converted into 10 bits
	8
	8, capable of measuring & generating pulse at least 1.33 μ s wide at 12MHz
	1
	2
	2.3 μ s
	4 μ s
	0.6 μ s
	1, can be used as an analog output provided a filter is added
	built-in

6. 맺음말

京釜 高速 鐵道 建設이 완공되는 2002년에는 서울-부산간을 2시간대로 운행하게 되며, 時間 短縮으로 인한 파급 효과는 國家 發展은 물론 鐵道産業 技術과 建設 技術의 水準을 한층 높여 줄 것으로 기대되며, 그 기술을 토대로 호남 및 동서 고속 철도의 자체 모델 창출에 기여할 것으로 본다.

현재 경부 고속 철도의 車輛, 카테너리, 自動 列車 制御 裝置(ATC), 中央 列車 制御 裝置(CTC) 및 連動 裝置(IXL)의 技術은 코어 시스템(Core System)으로서 프랑스 GEC-Alsthom 및 관련 업체 4개사와 국내 차량 제작사 및 관련 업체 8개사가 한국 고속 철철 컨소시엄을 이뤄 技術 移轉을 통하여 46편성 중 34편성은 국산화를 추진하고있다.

高速 電鐵은 高速으로 주행해야 하므로 信賴性, 安全性 및 高速性이 요구되어지고 있으나, 프랑스에서 移轉되어오는 기술을 국내 車輛 製作 업체는 물론 관련 부품 및 시스템 제작 업체의 脆弱한 엔지니어링 능력과 제조 능력으로는 소화하기 조차 어려운 실정이 현실이다. 따라서

효율적으로 대처하기 위해서는 고속 철철 기술 개발을 위한 국가적 차원의 계획이 마련되어야 하며 체계적인 조직을 갖춰 설계, 제조, 시험 분야로 구분하여 정부 기관, 연구 기관, 고속 철철 건설 공단, 학계 및 산업체 등이 공동체로서 한국 고속 철철의 기술 소화 및 국산화를 실현하고 차세대 한국형 고속 철철 모델 개발에 순차적으로 대응하는 것이 요구된다.

• 참고 문헌

1. 高速 電鐵 세미나 논문집(鐵道 技術 協會), p.6-1
2. 大宇 技報 ('89, 12) pp.6~11
3. German High speed construction Federal Republic of Germany
4. 대한 기계 학회지('79, Vol 19, No.5, p.377)
5. 高速 鐵道와 21세기 국가 발전에 관한 한불 공동 학술회의 pp.313~335, 교통 개발 연구원
6. Seoul-Pusan High Speed Rail Project, Rolling stock, GEC Alsthom-Korea TGV consortium 계약서
7. 고속 철철 핸드북: 한국 고속 철철 건설 공단
8. 철도 차량 기술, 제60호(1990. 6), pp.47~59, 철도 차량 기술 김정단