

경량전철 고무차륜 AGT 시스템의 인터페이스 체계 정립

The Organization of Interface Items for Rubber Tired AGT System of Light Rail Transit

이안호*
Lee, An-Ho

김재민**
Kim, Jae-Min

ABSTRACT

Recently, to solve the urban transportation problem, the introduction of Light Rail Transit system has been proceeded positively. therefore, development of the Korean standard LRT system in which safety, efficiency and cost effectiveness are emphasized. The Korea Railroad Research institute study on Rubber Tired AGT system of Light Rail Transit to obtain the essential technology and engineering know-how, which leads lower LRT construction cost. In the development procedure, SE(system Engineering) is needed for combination of subsystem and optimum operation effect. This study is focused on the interface of LRT subsystem(Development of the rubber tired LRT, Power supply system, signalling and train control system, Elevated track structure for the rubber tired LRT), a important part of SE, to develop of the driverless LRT system and establish the test and evaluation.

Keyword : Automated Guide-way Transit(AGT), System Engineering(SE), Subsystem Interface

현재 국내에서는 도심교통문제를 효율적으로 개선할 경량전철시스템의 도입을 적극 추진 중에 있으며, 경량전철시스템기술의 자립과 핵심기술의 국산화를 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그 결과 서비스 개선 및 저렴한 건설비용으로 민자사업이 활성화 될 것으로 예측된다. 이의 일환으로 한국철도기술연구원에서는 경량전철 고무차륜 AGT, 철제차륜 AGT, LIM 시스템의 기술개발사업을 수행하고 있으며 고무차륜 AGT 시스템은 이미 차량, 전기 신호시스템, 선로구축물 등의 기술개발이 완료된 상태로 현재 시스템의 성능 및 안전성을 평가하기 위한 시험선로의 건설을 추진 중에 있다. 그러나, 국내에 처음으로 도입되는 경량전철 고무차륜 AGT 시스템이기 때문에 시스템 전체의 정확한 평가를 위해서는 실제로 여러 편성의 열차가 운행하는 상황을 모의하여 전력공급 시스템, 열차, 신호 시스템, 선로특성 등의 조선을 고려한 운행 시뮬레이션을 해야 하고, 이러한 시뮬레이션을 통하여 전력공급 시스템의 규모 및 용량, 차량의 견인력/제동력 제어 특성, 신호 시스템의 제어특성, 선로의 최급구배 등 제반 설계인자를 검토·수정하여야 한다.

경량전철시스템의 시험선로는 차량, 전력공급, 신호, 선로구축물 기술 등이 종합적으로 결합된 시스템으로 차량을 영업노선에 투입하기 전 분야별로 충분한 신뢰성 시험을 수행하여 안전성을 확보하기 위해 필요한 시설이다. 경량전철 기술개발 과정에서는 시스템을 구성하는 차량, 전력공급, 신호, 선로구축물 등 각 분야별로 개발한 기술을 시험선로 상에 구현하기 위한 단계별 기술검토가 필요하며, 시공시에는 분야별 또는 구성품간 인터페이스 및 시공성을 검증하고 시험선로 구축 후에는 이를 이용하여 전력공급 시스템의 규모 및 용량, 차량의 견인력/제동력 제어 특성, 신호 시스템의 제어 특성, 궤도 및 선로의 제반 파라미터를 검토하여 국산화 제품의 품질인증을 위한 성능시험 및 신뢰성시험을 통해 새롭게 개발될 경량전철시스템 전체의 성능을 평가하고, 수송의 효율성, 안전성, 정시성, 에너지 효율성 등을 검증한다.

1. 서론

* 이안호 한국철도기술연구원 경량전철연구팀 팀장

** 김재민 한국철도기술연구원 경량전철연구팀 연구원

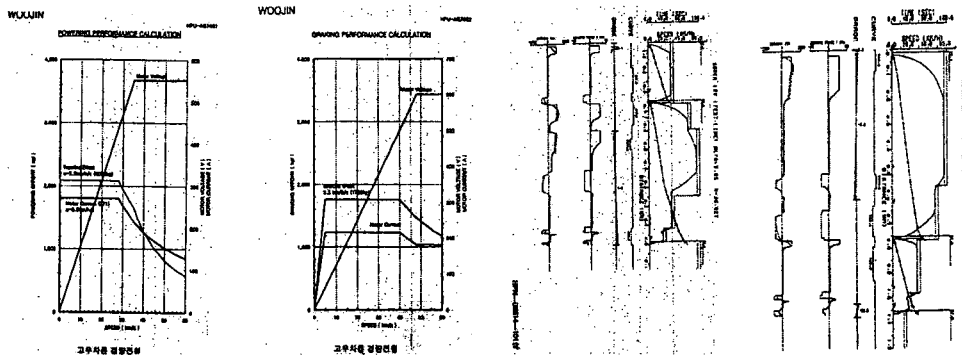
국내에 처음으로 도입되는 경량전철 시험선 건설사업의 실시설계를 수행하는 데 있어 가장 중요한 부분을 차지하는 것이 각 분야, 즉 차량, 전력, 신호 및 선로구축물 분야와의 인터페이스이다. 또한 이들 분야간의 연계성이 강조됨에 따라 시스템을 효율적으로 통합하여 최적의 운영 효과를 발휘할 수 있도록 하는 기법이 요구되고 있다. 이러한 이유로 도입된 것이 SE(System Engineering)기술이다.

경량전철은 차량, 기계부품, 전기, 전자 및 제어, 정보통신, 재료, 토목 등의 종합적인 기술이 연계되어 있을 뿐만 아니라 무인운전을 전제로 한 시스템이므로 관련된 부품 및 시스템 개발에 있어서 특히 안전성과 신뢰성을 중요시하는 시스템 엔지니어링(SE) 기술의 적용이 우선적으로 요구된다. 시스템 엔지니어링은 개념설계에서 시작하여 그 시스템에 주어지는 요구사항을 파악하고 상세 설계에 이르기 까지 반복적으로 부분 시스템을 결합해 가는 과정이며, 이것은 구성부품에 대한 체계적인 품질관리와 목표하는 성능의 종합시스템 기술체계에 대한 요소 및 시스템 해석기술의 결과물을 최대한 활용하여 야만 구현될 수 있다. 따라서 전체 시스템의 개념 설계로부터 기술체계에 따라 하부시스템의 기본 사양을 결정하고 설계·제작 과정에서 발생할 수 있는 상호간의 인터페이스 요소를 도출하여 관리하며 문제를 해결하는 역할이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 고무차륜 AGT 시스템의 차량, 전력, 신호 및 선로구축물 분야의 인터페이스 사항 중 중요사항 몇 가지만 정리하였다.

2. 하부시스템간 인터페이스

2.1 차량시스템

□ 고무차륜 AGT 시험선 차량성능 주행 검토서



□ 차량과 시설분야와의 인터페이스

(1) 주행면과 안내레일 및 집전레일에 대한 관리기준

철도차량에서와 같이 고무차륜형식 경량전철 역시 트랙상을 운영하는데 있어서 차량의 안전성 및 주행성능을 확보하기 위해서 주행면과 안내레일에 대한 관리기준이 다음과 같이 요구된다.

표.1 안내궤도의 허용기준

항목	장세사항	허용치
안내면간 거리	좌우 안내면(2,900mm)	2,900mm, +10mm, -0mm
안내면 불규칙도	진행방향 3m 중간점에서	3mm 이하 / 3,000mm
단차	이음매부 단차	0.5mm 이하

표. 2 주행로면의 허용기준

항 목	상 세 사 항	허 용 치
크로스레벨	좌우 tread부 높이 위치 차이	± 4mm
평면성 불규칙	진행방향에서 크로스레벨의 변화량	3mm 이하 / 3,000mm
상하불규칙	트래드부의 진행방향 상하방향 불규칙도	3mm 이하 / 3,000mm
평탄성	상하불규칙의 표준편차	$\sigma = 1.2\text{mm}$ 이하
주행로면 폭 (Seperate track 경우)	주행로면 폭 및 관리공차	600mm(1,100~2,300mm), -20mm
주행로면 마찰 저항력	Wet시 SR(skid resistance)치	45 ~ 65 bpn

표.3 주행로 연결부의 허용기준

항 목	상 세 사 항	허 용 치
단차	연결부의 단차	0.5mm 이하
불규칙도	연결부 전후의 불규칙	1mm 이하 / 1,000mm

표.4 집전레일의 허용기준

항 목	상 세 사 항	허 용 치
상하 설치공차	집전레일의 상하 설치공차	760 ± 10mm, 515 ± 10mm
좌우 설치공차	집전레일의 좌우 설치공차	1,360(차량중심에서) ± 5mm

(2) 안내륜/분기륜과 안내레일/분기레일의 인터페이스 검토

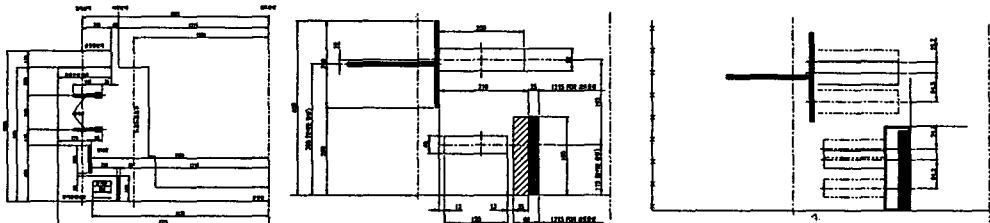


그림.1 안내레일/분기레일/집전레일의 Lay-Out 그림.2 안내륜/분기륜 최대상승, 하강시

(3) Cant부 안내레일 설치 관련 인터페이스

Cant부의 궤도는 수직으로 설치하며 안내레일 및 급전레일은 Cant 각만큼 각을 주어 설치하여야 한다. 즉, 안내륜과 안내레일은 면접촉이 이루어져야 한다.

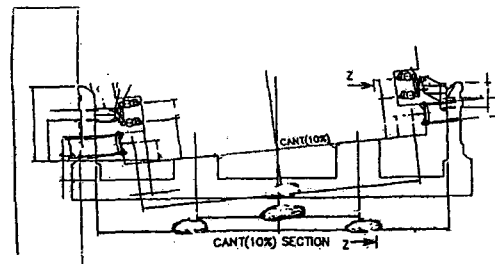
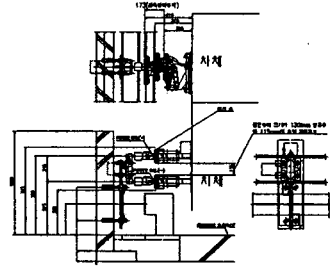


그림.3 Cant부 안내레일 설치

2.2 전력공급시스템

□ 본선 및 분기구간 제3궤조 설치 상세도

제 3궤조는 전원을 두 개의 주행레일과 병렬로 나란히 설치된 급전레일(conductor rail)에 의해 차량에 공급한다. 급전레일은 고전도성 알루미늄 합금 재질로 만들어져 제 3궤조에 커다란 전압강화와 그에 따른 에너지 손실없이 전류를 차량에 공급할 수 있도록 되어 있고 영역별(중점, 분기점, 정차점 등)로 차량 주행에 이상이 없도록 각 장치들이 설치된다.



제3궤조는 안내레일과 같은 지지대에 고정하며, 지지대 간격은 3m 이내로 한다. 지지대와 제3궤조간의 절연서포트 베이스 볼트는 M10이며, 너트 사양은 M10 HEXAGON NUT STEEL(ZINC HOT DIP CALVANIZING) 2개와 워셔는 M10 PLAIN WASHER STEEL 이다.

그림.4 제3궤조 설치상세도

□ 배전반 HSCB 자료

직류 고속도차단기의 위치는 그림.5와 같으면 제작사양 상의 차단시간 및 용량은 표.5와 같다.

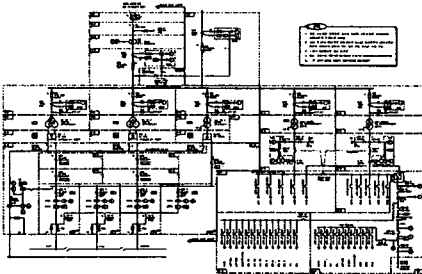


그림.5 전인용 변전소 단선 결선도

표.5 직류 고속도차단기의 제작사양

구분	내용
정격최고전압[V]	DC 800
정격사용전압[V]	DC 750
극수	1극
정격전류[A]	2000
정격차단과전압 [V]	1.5~3×정격전압
정격투입차단용량 [V]	50[kA]/τ 10(ΔI=5[A]/μs)
표준동작채우	O-2[min]-CO-2[min]-CO O-10[s]-CO

□ 전기실 기기배치 및 급전기기-RTU 인터페이스

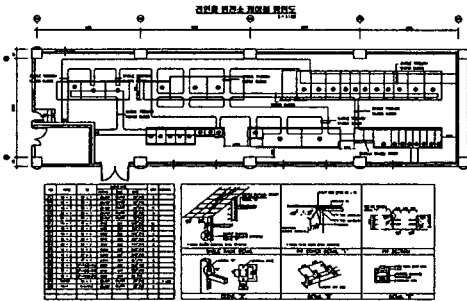


그림.6 전기실 기기배치도

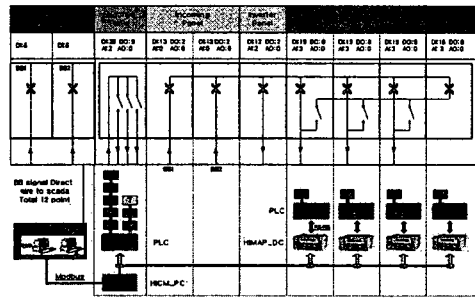


그림.7 급전기기-RTU 인터페이스

2.3 신호제어시스템

□ SCADA 시스템과 신호설비간 데이터 전송방식 및 데이터 맵/내용

데이터 전송방식은 LAN기반의 TCP/IP Protocol을 사용하며 프로토콜은 전력시스템의 SCADA system에서 제공하는 프로토콜을 수용한다. 기본적으로 요구되는 정보는 시험선 단전 정보, 전압, 전

류정보이다.

□ 배선 및 회로

차량 신호 system은 속도관련 장치로서 속도발전기의 아날로그 출력신호를 디지털신호로 변환하고 고정도의 속도신호 체배와 타기기들에게 절연분배를 하는 속도신호체배/분배기와 차량의 속도를 현시하는 ADU 장치와 안테나, 케이블 및 차량의 정보를 사령실로 무선전송, 또는 사령실의 제어명령을 차량에 무선으로 전달하는 통신장치 본체로 구성되는 무선데이터 통신장치가 있다.

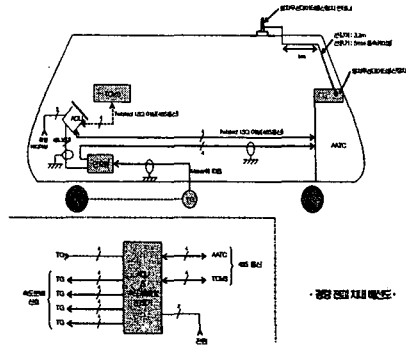


그림.8 경량전철 차내 배선도

신호기기-차량TCMS, CBTC-VR&ATIC, 신호기기 속도계 등의 기기간 인터페이스 관련 사항은 그림.6과 같다.

□ 제한속도

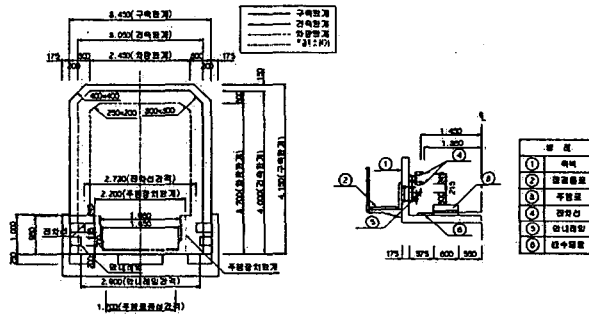
분기기 통과 제한속도는 2° 분기기의 경우 30km/h, 3° 분기기의 경우 20km/h이며 곡선반경에 따른 차량주행 제한속도는 표.6과 같다.

표.6 곡선반경에 따른 차량주행 제한속도

곡선반경(m)	200이상	130이상	90이상	45이상	30이상
제한속도(km/h)	60	50	40	30	20

□ 차량 및 건축한계

열차 대차에 취부되는 ATO안테나와 선로에 설치되는 집전장치 사이에 발생하는 간섭을 확인하기 위해서 건축한계 및 차량한계를 확인한다.



2.4 선로구축물

□ 안내레일의 설치방안

직선부일 경우는 안내레일의 설치에 별다른 문제가 없지만 곡선부의 경우 평면곡선에 의한 확폭 및 횡단구배에 의한 확폭이 이루어지고 차량이 경사가 되므로 이에 따른 설치방법이 별도로 이루어져야 한다.

- 최대횡단구배(60%)일 경우 편기

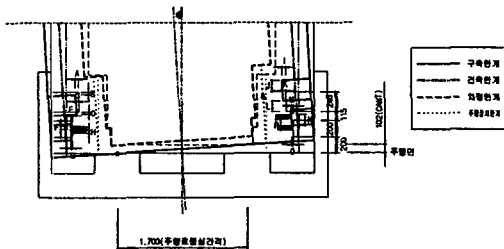


그림.9 횡단구배(칸트)에 의한 편기

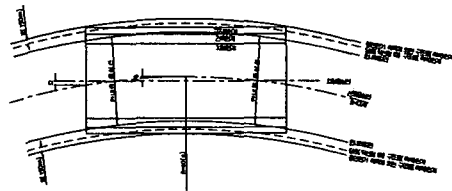


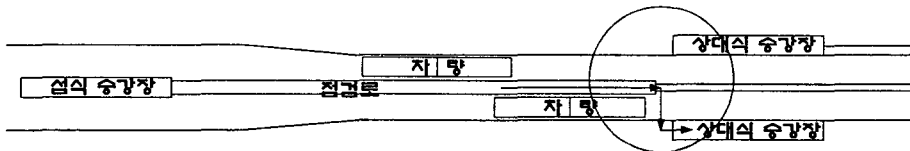
그림.10 평면곡선에 의한 편기

□ 선로설계기준

항 목		기 준	항 목	기 준	
계 간		1,700mm	횡단구배	$i(\%) = \frac{V^2}{127R}$	
최소 곡선 반경	정거장의의 본선	40m 이상	횡단구배체감	완화곡선상에서 체감, 부득이 한경우 곡선과 직선에서 체감	
	정거장내의 본선	-	도 상 구 조	콘크리트 도상	
	측 선	30m 이상	차량한계 (폭×높이)	2,450×3,700mm	
완화곡선길이		$L=6.94VC$	건축한계 (폭×높이)	3,050×4,000mm	
확폭	평면편기량	$6,000/R$	구 축 한 계	3,450×4,150mm	
	횡단구배편기량	-			
인접곡선간 직선거리		$L=V \cdot T/3.6$	설계최고속도	70km/h	
최급 구배	본 선	58/1,000	정 거 장	승강장 길이	42m(4량기준)
	정 거 장	5/1,000		승강장 유효폭	3m 이상
	측 선	58/1,000		승강장 연단에서 궤도 중심까지 거리	1.260m
중곡선삽입	구배차 5%초과지점	승강장 연단높이		주행면기준 1.080m	
중곡선반경	1,000m 이상	승강장 구조		전낙방지용책등의 방호설비	
횡단구배	$i(\%) = \frac{V^2}{1.27R}$	통로의 폭원		1.5m 이상	

□ 섬식 승강장에서 상대식 승강장으로 전환시 점검로에서 역승강장으로의 대피 방안

그림.11과 같이 섬식 승강장에서 상대식 승강장으로 전환시 안내레일이나 제 3궤조 급전시스템의 문제 등으로 인하여 섬식 승강장의 경우 중앙에 위치한 점검로가 상대식 승강장으로 전환시 측면에 설치되게 되므로 이로 인해 중앙에 위치한 점검로로부터 상대식 승강장으로의 대피시 승객의 안전에 문제가 발생할 수 있으며, 이에 따른 대책으로 통행로 일부 구간의 급전시스템의 절단, 주행로 지하로의 통로를 설치하는 방법, 임시 가교(목재 등)를 설치하는 방법 등이 방안으로 연구되어 지고 있다.



3. 결론

현재 여러 지자체에서 경량전철시스템을 추진하는 상황에서 과도한 투자비 및 외국기술의 도입을 통한 운영 및 국내기술의 부재 등의 문제를 해결할 수 있는 경량전철기술의 개발은 필연적이다. 이러한 기술개발의 과정에서 각 분야간 인터페이스 사항은 이후 건설되는 경량전철시스템의 시행착오를 막고 투자비와 운영비를 최소화할 수 있는 핵심적인 사항일 것이다. 위에서 정리한 인터페이스 항목은 일부의 사항을 정리한 것이며, 추후 시험선로의 건설을 통해 실질적인 사항에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

1. "경량전철시스템 기술개발사업 4차년도 연구결과보고서", 한국철도기술연구원, 2002. 12
2. "경량전철 시험선 변경 기본 및 실시설계보고서", 한국철도기술연구원, 2003. 6