

무가선 트램 유지보수성 향상을 위한 점검항목 분석에 관한 연구

A Study on the analysis of inspection items to improve the wireless tram maintenance

마상건*[†], 이준희*

Sang Kyeon Ma*[†], Jun Hee Lee*

Abstract Guided railway system is safe, fast, economical, capable and on-schedule. These advantages give each local government chance of balanced urban development, equalized use of public transportations, and urban regeneration. Therefore, review and application of Tram is getting more interested in.

This paper is for better effective Tram maintenance in accordance with Wireless Tram System Installation Project and to suggest the inspection method for each device of Tram with an analysis of BOM List and optimized regular inspection interval in the long run.

Keywords : Wireless tram, maintenance, BOM

초 록 철도는 정시성, 고속성, 안전성, 경제성 및 수송능력 등의 강점으로 지속적인 발전과 더불어 오늘날 각 지자체에서는 대중교통분담 완화, 지역간 균형발전, 도심 재생 효과가 우수한 친환경 무가선 트램 도입 예정 및 검토가 증가하고 있는 실정이다.

본 논문에서는 트램 실용화 사업의 일환으로 무가선 트램의 차량 유지보수성 향상을 위해 BOM List 를 분석하고 향후 최적의 점검주기 도출을 위한 기초자료로 활용이 가능하도록 각 장치별 점검 방식을 제시하였다.

주요어 : 무가선 트램, 유지보수성, BOM

1. 서 론

무가선 트램은 저탄소 녹색성장을 위한 대중교통의 최적의 대안으로 배기가스 배출없이 기존 노면전차 대비 약 30% 에너지를 절감하는 고급형 대중교통수단으로 자리매김하고 있다. 가선 없이 운행하여 도시미관 개선 저상화를 통한 교통약자 및 승객 편의성 향상 주변 상권 활성화로 도시재생 효과 등 기존 교통수단에 비해 많은 장점들로 현재 각 지자체에서 도입 예정 및 검토를 하고 있는 신 교통 수단이다.

† 교신저자:대전광역시도시철도공사 연구개발원(malnara@hanmail.net)

* 대전광역시도시철도공사 연구개발원

본 논문에서는 트램 실용화 사업의 일환으로 무가선 트램의 차량 유지보수성 향상을 위해 기존 철도차량 운영 노하우와 개발 차량의 특성 분석을 통해 최적의 점검주기 도출을 위한 기초자료로 활용이 가능하도록 각 장치별 점검 항목 및 점검 방식에 대한 분석결과를 도출하였다.

2. 본론

2.1 트램 BOM 분석

차량구성은 5 량 1 편성, 5 개(A~E) 모듈로 구성되어 있다. 기존 도시철도 차량과 동일하게 차체, 대차, 전장품, 제동 및 기타 장치가 각 모듈별로 구성, 배치되어 있다.

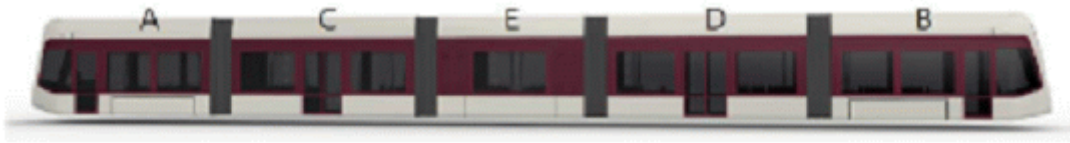


Fig. 1 Tram vehicle appearance

또한, 일반철도 차량과 달리 도시환경성 향상을 고려하여 전차선 없이 2 차전지를 이용한 무·유가선 하이브리드 방식 운행이 가능토록 설계제작 되어있다. 또한 저상대차 구조로 차축이 없는 독립 차륜형 구동방식의 저상 대차를 적용하여 주로 차량 하부에 탑재하던 전장품을 차량 옥상에 배치하는 구조로 되어있다. 장치구성은 차체설비, 옥상장치, 제동장치, 대차장치, 실내장치로 구분하였다.

2.1.1 차체설비

차체구조는 충분한 강도를 갖는 고강도 재료의 용접구조와 복합소재를 사용하고, 최대하중 및 운행조건을 고려하여 제작되었다. 구성은 마루구조(Under Frame), 측 구조(Side Frame), 지붕 구조(Roof Frame)로 되어 있다.

출입문 장치는 형식으로 A, B 모듈은 싱글리프(Single Leaf), C, D 모듈은 더블리프(Double Leaf), E 모듈은 출입문이 없는 구조이다.

2.1.2 옥상기기

철도차량의 제동, 대차 및 전장품은 주로 차량의 상하(床下)에 배치하였으나, 저상대차 시스템인 트램은 대차 구조상 차량 상하에 장치설치가 불가하여 옥상에 장치를 설치하였다.

견인전동기를 제어하여 추진 및 (회생)제동을 수행하는데 이외 축전지 제어상자(BCB), 냉·난방장치, APU(보조전원장치), HVAC(Heating Ventilation and Air condition), 팬터그래프, 제동저항기(Dynamic Braking Resistor), 공기압축기 모듈, 도유장치가 설치되어 있다.

2.1.3 제동장치

트램 제동은 유압제동시스템으로 동력대차, 구동대차가 모두 디스크 제동방식을 적용하였고, 각 대차별 제동제어장치, 유압작용장치, 제동 캘리퍼, 디스크, 속도센서, 트랙브레이크 등으로 구성된다.

제동제어장치(BCU)는 차량에 필요한 요구제동력에 대하여 실 제동력을 연산·제어하고, 제동제어장치(BCU)의 지령을 통해 제동캘리퍼에 유압을 전달하고 유압량을 제동 요구에 따라 조절하는 유압제어장치(EHPU)/Accumulator/PSM 장치와 제어 v/v(7 종), Pump Motor, Filter, 압력 s/w, Analog Converter 등으로 구성되어 있다. 트랙브레이크는 비상제동 체결시 DC 24V 제어를 통한 Magnet Track Brake 내부 코일여자에 따른 제동 체결장치로 동력/부수대차 (A, B, E 모듈) 각 2 Set 가 설치되어 있다.



Fig. 2 Tram brace system component

2.1.4 대차장치

대차구조 및 장치가 간단하게 구성되어 있고, 제동시스템이 대차장치에 공유하고 있다. 구성품은 대차프레임, 현수장치, 차륜, 견인전동기, 도유기, 섀딩노즐, 기어박스, 배장기로 구성되어 있다.

구동장치는 견인전동기, 기어박스, 연결 Adapter, 출력 커플링으로 구성된 조립체로 견인전동기는 3φ 농형유도전동기로 45kW 8 대로 동력대차(A, B 모듈)에 각 4 set 가 구성되어 있다. 차륜은 동력대차(A, B 모듈)에 각 4 Set, 부수대차 (E 모듈)에 4 Set 로 윤축없이 독립차륜 방식으로 구성되어 있다, 현수장치는 1 차 고무스프링 이 대차당 8 Set, 2 차 코일스프링 4 Set 로 배치되어 횡댐퍼, 수직/수평 댐퍼가 설치되어 차체 안정성을 확보하였다.

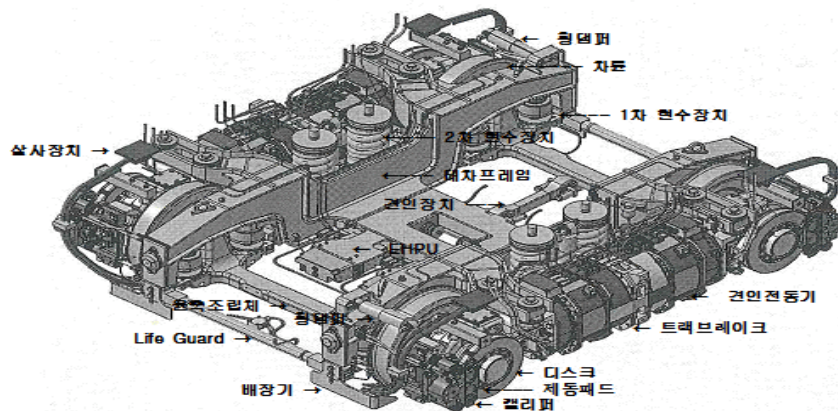


Fig. 3 Tram bogie system component

2.1.5 실내장치

실내장치에는 전장품, 각종 전자장치 및 서비스 장치로 구성되어 있는데, 객실 배전반 및 장치들이 실내 차체 상부에 설치되어 있다.

TCMS 장치는 열차종합제어장치로 CCU(Central Control Unit), MVB_IO, DU(Display Unit), MVB repeater 로 구성되어 있다. BAT 는 트램의 추진에너지는 가선과 배터리를 이용하는데 가선구간내에서 역행, 타행 및 제동시 에너지는 충전하고, 무가선 구간내에서 추진 에너지로 사용하기 위한 장치로 E 모듈에 2 Pack(2,880cell × 2 set)로 구성되어 있다. 또한 고성능 무선 방송/표시기 시스템 탑재로 CCTV, 통합제어기, 차상방송, 승객안내표시기, 비상인터폰으로 구성되어 있고, 출입문 제어장치, 내외부 비상핸들 설치되어 있다.

Table 1 BOM of Bogie device part

무가선 트램 정비 품목(대차)									
연번	점검 항목		배치					비고	
	장치	기기	A	C	E	D	B		
1	대차기기	대차프레임	1				1		
2		차륜	4		4		4		
3		현수장치	고무스프링	8		8		8	
4			코일스프링	4		4		4	
5			휠/수직/요 댐퍼	1				1	
6			센터퍼봇	1				1	
7	전인전동기	고정자	4				4		
8		회전자 도체	4				4		
9		회전자 철심	4				4		
10		냉각팬	4				4		
11	Driving Gear		4		4		4		
12	출력 커플링		4		4		4		

2.2 점검항목 분석

무가선 저상트램은 점검대상을 옥상장치, 상하(床下)장치, 대차장치, 실내장치 4개 분야로 구분된다. 차량의 유지보수 방식은 일상 또는 월상점검을 하는 경정비가 있고, 차량 전체를 Overhaul하는 중정비가 있다. 일상, 월상점검은 차량의 기능과 주요장치 성능을 확인하고 육안점검을 시행하는데 주기적으로 교체하여야 소모품에 대한 정비를 수행하게 된다.

2.2.1 경정비

트램 특성상 도시철도, 경전철 차량과 비슷한 특성으로 주요 전장품의 구성과 시스템 작동 원리가 거의 유사하나 저상 트램으로 상하(床下)에는 장치가 거의 없고 일반적인 장치들은 모두 옥상으로 배치를 하였다. 경정비는 일상 검사와 월상검사로 구성되어 총 118개소의 점검개소를 선정하였다.

점검개소는 옥상분야 58개소, 상하분야 4개소, 대차분야 19개소, 실내분야 37개소로 정비개소를 구분하였다.

Table 2 Inspection items of Inverter device part (Light maintenance)

육상 기기					
구분		일상	월상	비고	
인버터 장치	1. VVVF 동작상태	○	○		
	2. VVVF함내 각종기기 외관 및 배선 취부상태	○	○		
	3. INV Stack	인버터 모듈 외관 및 취부상태	○	○	
		필터캐패시터(FC) 외관 및 상태		○	
		인버터 모듈 외관 및 동작 상태		○	
		LB, CCK 외관 및 동작 상태		○	
		FL/FC 외관상태	○	○	
	4. 인버터 제어기	IOBT 모듈 외관상태		○	
		DCCT/DCPT 모듈 외관상태		○	
	5. 제동저항기(DBRe) 취부상태		○	○	
	6. 제동저항기(DBRe) 저항 측정			○	
	7. HSCB 취부 상태				
	8. BCH 모듈	IOBT 모듈 외관상태		○	
센서 외관상태			○		
9. 고·저압라인 접속상태			○		
10. 케이블 접속 및 단자 연결상태		○	○		
APU	1. LK 취부 및 점검상태	○	○		
	2. 제어기 외관 및 동작상태	○	○		
	3. APU 스택 및 모듈 취부상태	○	○		
	4. Output Contactor 외관, 취부상태	○	○		
	5. Input Contactor 외관, 취부상태	○	○		
	6. 부하접속기 동작상태		○		
	7. 충전접속기(CHK) 외관, 취부상태	○	○		
	8. 충전저항기(CHR) 외관상태 및 저항치 측정			○	
	9. FC/FL 취부상태	○	○		
	10. 각종 센서(DCCT, DCPT) 외관 및 취부상태	○	○		
	11. 컨버터 모듈(IOBT, IDU)				
	12. 케이블 접속 및 단자 연결상태			○	
	13. 함내 각종 기기 외관 및 배선취부상태	○	○		

구분		일상	월상	비고	
DC/DC 컨버터	1. LK, CHK 취부 및 점검상태	○	○		
	2. 제어기 외관 및 동작상태	○	○		
	3. 컨버터 스택 및 모듈 취부상태	○	○		
	4. FC/FL 취부상태	○	○		
	5. 각종 센서(DCCT, DCPT) 외관 및 취부상태	○	○		
	6. 케이블 접속 및 단자 연결상태			○	
	7. 함내 각종 기기 외관 및 배선 취부상태	○	○		
BAT	1. 외·내함 배터리 외관 및 배선 취부상태	○	○		
	2. 전압 측정			○	
BCB	1. 외함 및 배선 상태 확인	○	○		
	2. 함내 장치(제어기, NFB, 차단기 등)			○	
FUSE BOX	1. 외함 및 배선상태 확인	○	○		
	2. 함내 장치(FUSE, 릴레이, 컨택터, NFB) 상태확인			○	
CM모듈	1. 주공기압축기 외관 및 동작상태	○	○		
	2. 안전변 취부 및 동작 상태			○	
	3. 자동배수변 기능, 손상여부 및 청소			○	
	4. 공기건조기 외관 및 동작 상태			○	
	5. 감압변, 압력스위치 상태 확인			○	
	6. 공기 압축 충전 시간 및 누기여부			○	
HVAC	1. 냉·난방장치 외관 및 동작상태	○	○		
	2. 공기 필터 교체 및 청소			○	
피뢰기	1. 피뢰기 외관 및 절연 저항상태			○	
Pantograph	1. Pantograph 외관 및 동작 상태	○	○		
	2. Pantograph 절연 여자저항 및 상·하강 동작시간			○	
	3. Magnet C/W, 모터 동작 및 상태 확인			○	
기타장치	1. H/TB/LTJB 외함 상태 확인	○	○		
	2. 도유기 동작 상태 확인			○	

2.2.1 중정비

중정비는 차량을 일정 주기 및 운행거리에 따른 정기적으로 차량 전체에 대한 Overhaul 하여 정비하는데 차량 청소, 소모품 교체 및 전체적인 장치를 점검한다. 향후 안정적인 운행과 유지보수성 향상을 위한 목적으로 점검방식은 유지보수 항목별 정비사항은 취거, 취부, 분해, 조립, 검사, 정비, 시험, 교정으로 8단계로 구분하고 최종 종합시운전을 시행하여 최종 차량성능을 확인한다.

각 장치별 특성에 맞는 점검항목, 점검방식으로 무가선 트램에 대한 최적화된 정비 활동을 수행할 수 있다. 중정비 분야에도 육상, 상하, 대차. 실내장치로 구분하여 차량측면에서 유지보수 항목을 제시한다.

무가선 트램 중정비 개소는 총 230개소로 육상분야 88개소, 상하장치 분야 7개소, 대차분야 32개소, 실내분야 103개소로 정비를 시행하도록 정의하였다.

Table 3 Inspection items of Inverter device part (Heavy maintenance)

무가선 트램 정비 품목(육상)											
연번	검사대상		정비과정							비고	
	장치	기기	취거	분해	검사	정비	조립	시험	교정		취부
20	DC/DC Converter	Fuse									
21		LK(Line Contactor)									
22		CHK(Charging Contactor)									
23		FC(Filter Capacitor)									
24		IGBT Module	IGBT								
25			IDU								
26		Out Filter	DCR(DC Reactor)								
27			Output FC								
28		CDCPT									
29		CDCCT									
30	Controller										
31	APU(AUX. Power Supply Unit)	Ethernet Diagnosis Box									
32		DC Converter Module									
33		3φ Inverter Module									
34	APU(AUX. Power Supply Unit)	Battery Charger Module									
35		HV/LV Converter									
36		Input Contactor									
37		Output Contactor									
38		Input Choke									
39		EMC Choke									
40		HP Transformer									
41		1φ Transformer									
42		Sine-Wave Filter Choke									
43		Decoupling Choke									
44		Fan									
45	Air Filter	ACL									
46		ACC									
47	LK(Line Contactor)										
48	Main Control Unit										
49	BAT	50Cell									
50	ECB (Battery Control Box)	Blocking Diode									
51		Contactor									
52		BMS Controller									
53		Fan									

무가선 트램 정비 품목(육상)											
연번	점검항목		점검방식							비고	
	장치	기기	취거	분해	검사	정비	조립	시험	교정		취부
54	LTJB	Plug/Recep									
55	HTJB										
56	Fuse Box	Fuse (MC3E1-SN)									
57		Relay									
58		Contactor									
59		Resistor									
60		NFB									
61	LA										
62	CM Module	CM(Compress Motor)									
63		안전밸브									
64		공기통									
65		CMC(Compressor Magnet Governor)									
66		감압 밸브									
67		공기진조기									
68		차단코크									
69	HTAC	MICOM Controller									
70		압축기									
71		윤축기									
72		공방기	Fan/Motor								
73		팽창밸브									
74		전기히터									
75		압력 S/T	HP(Hight Pressure)								
76			LP(Low Pressure)								
77		Pantograph	접전 Unit								
78			Spring								
79	DC motor										
80	절연에어										
81	스란체										
82	Arm										
83	Pan Frame										
84	Spring Damper										
85	도유기	Magnet S/T									
86		Tank									
87		Pump									
88	DIRT trap										

3. 결론

본 연구를 통해 현재 무가선 트램 실용화 2단계 사업 종료에 따른 트램 실용화는 각 지자체의 도입 검토 및 예정으로 실제 트램 건설에 있어 사업계획, 기본 및 실시설계, 향후 운영 단계에서 효율적인 점검 방식을 제시함으로써 본 연구자료 활용이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] 마상건의 2명, “무가선 트램 차량 유지보수특성 분석에 관한 연구”, 한국철도학회 춘계학술대회, 2015
- [2] 대전도시철도공사 “트램 유지보수 특징 분석 및 운영 효율화 향상방안 용역 최종보고서 (교통안전공단)” 2014