

문서번호	차량운영처-5246
등록일자	2020.09.04.
결재일자	2020.09.04.
공개여부	대시민공개
방침번호	본부장-118

차장	부장	차장	본부장
김일환	임명재	신세현	09/04 한재현
협조	창동차량사업소 소장	김태도	
	차량정비처 처장	노학락	

- 4호선 VVVF전동차 - 안전운행 확보를 위한 성능개선(안)

2020. 9.



- 4호선 VVVF 전동차 - 안전운행 확보를 위한 성능개선(안)

I 목 적

안전관리본부 「4호선 전동차 문제점 분석 TF」에서 4호선 안전운행을 위해 도출된 “15km/h 스위치 자동 활성화” 및 “ADS 스위치 자동절환”의 문제점에 대해 예방대책을 수립하여 안전운행을 확보하고자 함

❖ 관련근거

- 안전지도처-3115호('20.7.6) 「4호선 전동차 문제점 분석 TF 구성 및 운영방안」
- 사장방침 640호('20.7.28) 「4호선 운용 문제점 분석 및 대책수립(안)」

II 현 황

□ 4호선 전동차 보유 및 ATC장치 개량현황 (2020.8.31. 기준)

구 분	편 성	ATC 개량 (디지털)	ATC 미개량 (아날로그)	장기 운휴차량	비 고
계	47편성	12편성	31편성	4편성	-
ADV 전동차	21편성	1편성	17편성	3편성	'21~24년 대폐차 예정
DV 전동차	26편성	11편성	14편성	1편성	최종 개량 대상

□ 절연구간 및 ADS 현황 (1·4호선)

구 분	1호선	4호선
절연구간	서울역~남영, 청량리~회기	남태령~선바위
운용편성	16개 편성	21개 편성
절환방식	ADS 수동절환방식	자동절환방식
절환신호	ATS(68Khz)	ATS(68Khz) 및 ADS 보완수신장치, RFID 방식

III 문제점

1. 4호선 차상신호장치(ATC)

□ 본선 운행중 No Code 발생시 “15KPH 모드” 자동 활성화

- 정상 시: No Code 수신시 “승무원 확인제동”과 “15km/h 스위치” 임의 취급 시 15KPH 모드가 활성화
- 오류 시: No Code 수신시 “승무원 확인제동”후 15KPH 모드가 자동 활성화



※ 디지털 방식으로 개량한 ATC장치에서는 오류증상 미발생

□ “15KPH 모드” 자동 활성화 시 안전운행 위험

- 운행 중 No Code 수신 시 승무원은 운전취급규정에 따라 일단 정지 후 관제에 보고하고 “15km/h 스위치”를 취급하여 운행하여야 하나,
- “15KPH 모드”가 자동 활성화 될 경우 승무원이 관련규정 미준수 및 속도코드로 잘못 인식하고 확인제동 후 열차 운행 시 추돌 등 안전사고의 위험 발생

□ “15km/h 스위치” 설치 내용

- 기존: 15KPH 자동 활성화 (“15km/h 스위치” 없음)
- 개선: “15km/h 스위치”를 신설하여 승무원이 임의로 취급해야 15KPH 활성화 되도록 회로 개선

□ 설치사유

- '13.8.31. 대구역 KTX열차 추돌사고와 관련, 안전방재처(구,서울메트로) 개선 요구에 따라 3·4호선 ATC차량 운행중 No Code시 진행모드(15km/h)로 자동 절환 되므로 사고예방을 위해 시스템 개선('16년 완료)

2. 4호선 교직류절환 스위치(ADS)

□ 절연구간 외 구간에서 자동절환 및 절연구간에서 작동 불능

○ ADS 오동작 건수

(단위 : 건)

구분	계	'14년	'15년	'16년	'17년	'18년	'19년	'20.6월
오동작 건수	811	75	79	78	70	209	150	150

※ RFID 방식은 개량('16년 1편성/ '17년 1편성/ '18년 2편성) 이후 오동작 건수 없음

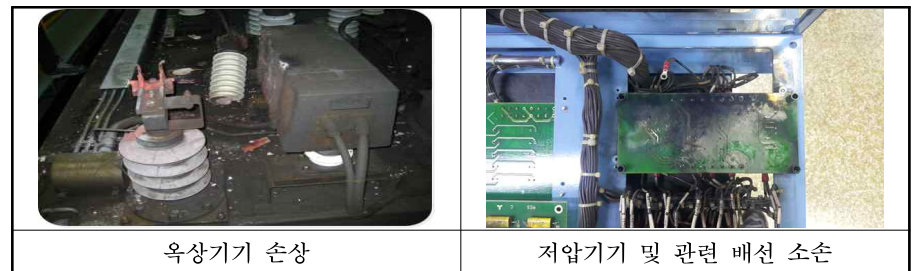
○ ADS 오동작 주요 장소

- 공사구간: 신용산역, 회현역, 명동역 등
- 코레일구간: 과천역, 대공원역, 경마공원역, 인덕원역, 범계역 등

○ ADS 오동작 관련 피해현황

일자	편성	차호	피해내역	피해금액
'11.05.31.	466	1,4,7,8	· DCarr 파손, 고압절연에자(12개) 및 고압 터미널 교환	약 600만원
'13.09.18.	462	8	· DCarr, ADCg 지지에자(2개), MCB 소손 · 주요기기 불량(LB함 및 C/I함 커넥터 핀 용손) 및 저압 기기 (Relay unit 커넥터, HB 저압회로 판넬 소손), 배선 소손	약 8,000만원
'15.12.11.	451	1	· 판타그래프 아크, DCarr 파손	약 670만원
'16.05.30.	456	1	· MF 단선, 고압에자, 부스바 파손	약 1,400만원
'17.08.29.	455	2	· MF 단선, DCarr 파손, MCB 불량	약 3,200만원
'18.05.08.	462	8	· MF 단선, DCarr 파손, MCB 불량 · 주요기기 절연불량(AK, K1, K2, HB1.2) 및 저압기기 (Relay Unit 커넥터, HB 저압회로 판넬 소손), 배선 소손	약 9,000만원

○ 피해 사진



□ ADS 오동작으로 전동차 부품 성능저하 및 안전운행 저해

○ 오동작 원인

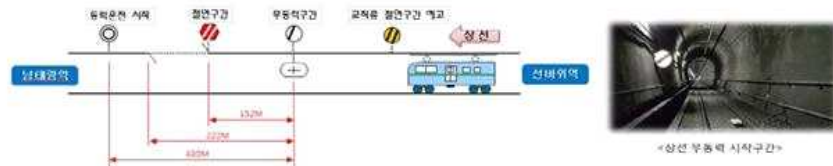
- 절연구간 확인용 ATS 주파수(68Khz)가 절연구간 이외의 구간에서도 68Khz 근접 주파수가 유입되어 오동작 발생
 - ※주파수 발생 발원지 파악 어려움
- 방송장치 및 운전실간 ADS 보완 수신장치 통신불량
- 승무원이 절연구간 진입직전 동력운전(Powering) 지령 시 ADS 자동절환 불능
 - ※ 절연구간 표지판(68Khz 수신 지점) 진입 전 동력운전을 차단해야 ADS 정상적으로 자동절환

○ 오동작시 위험요인

- 절연구간에서 ADS 오동작 시 ADS스위치를 수동취급을 해야 하나, 실념 시 모진발생으로 전동차 부품 손상
 - ※ 모진: 교류(또는 직류)구간에 직류(또는 교류) 상태로 진입하는 것
- 절연구간 이외의 장소에서 자동절환 시 불필요하게 주회로차단기가 차단되어 주회로장치 부품 성능저하 및 승객불편 발생

◆ ADS 자동절환장치 시스템

- 설치개요: 초기 수동절환이었으나 '01년도 자동절환장치로 교체 ('10년도 시스템을 보완하였으나 지속적으로 오동작 발생)
- 지상장치: ATS 지상장치 68kHz 송출
- 차상장치: 방송·역정보 Tacho 거리신호 + 지상신호 조합동작



※ ADS RFID Tag 방식 개선 → 4개 편성 적용 중(오동작 없음)

- 지상장치: 절연구간 궤도에 RFID 이중계 설치
- 차상장치: 차상 Tag → TCMS 통신 → ADS 제어(Log 저장)

IV 개선 방안

1. 4호선 차상신호장치(ATC)

□ 검토 내용

○ 제1안: ATC 장치 개량 (아날로그 → 디지털)

- 장·단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 15km/h 신호 자동생성 억제 ◦ 이벤트 로그 기록 가능 ◦ 업무 연속성 확보 가능 (기존 12개 편성 교체완료) 	단점	<ul style="list-style-type: none"> ◦ ADV 적용시 매물비용 발생 ◦ 소요비용 많음 (총 38.4억원) - 32편성 교체, 편성당 1.2억원
----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- 관련사진

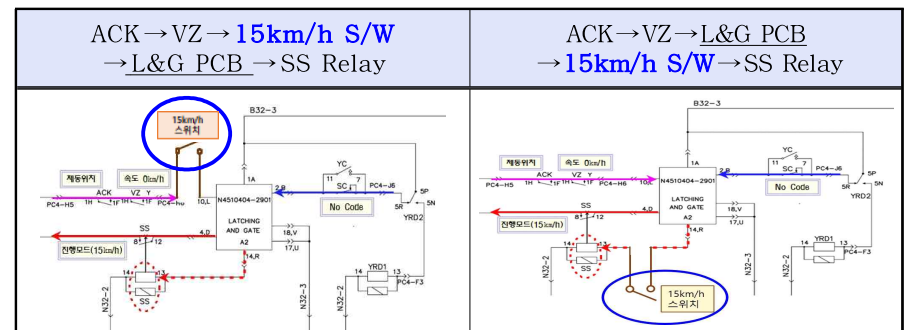


○ 제2안: 15km/h 스위치 위치변경 (전단 → 후단)

- 장·단점

장점	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 소요비용이 적음(총 1.15억) ※32편성 교체, 편성당 3.6백만원 ◦ 15km/h 신호 자동생성에 의한 계전기 동작 차단 	단점	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 27지 시스템 병행으로 인한 인적오류 문제 발생 → 기관사가 15km/h 스위치 투입상태로 운용 시 초기 상태와 같은 시스템으로 동작 ◦ 이벤트 로그 기록 불가
----	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- 관련사진



□ 검토 결과 → 제1안으로 선정

○ 선정 사유

- 지속적으로 개조작업을 시행하고 있으며, 교체 작업 업무연속성 확보
- 제2안 선택 시 ATC 2가지 시스템(디지털 및 아날로그 제어방식) 병행으로 승무원 인적오류에 의한 사고발생 위험성 높아 제외
- ※ ATC 장치 개량(제1안)과 15km/h 스위치 위치 이설(제2안)에 대하여 안전관리본부 TF팀에서 기검토 완료
- 4호선 DV차량(14개 편성)에만 적용 → 예산절감
 - ADV차량(21개 편성)은 대폐차에 따른 매몰비용 최소화를 위해 신조 차량 도입 시 적용
 - 시스템 보완 전까지 운전취급규정에 의거 운전 시행(승무)

2. 4호선 교직류절환장치 스위치(ADS)

□ 검토 내용

○ RFID방식으로 개선(제1안)과 현행 유지(제2안) 검토

구분	제 1안 (개선)	제 2안 (현행유지)
방안	◦ RFID 방식으로 개선	◦ 신조차 도입 시까지 승무원 주의운전을 통해 안전확보
장점	◦ ADS 오동작 미발생(안전운행 확보) ◦ 900Mhz대 주파수 이용 및 암호화로 인식률 극대화(안정성 확보) ◦ ADS자동절환스위치 고장표시 LED등 설치(고장상태 확인 가능) ◦ 노트북 로그파일 추출 가능	◦ 매몰비용 발생하지 않음
단점	◦ 21년~'24년 ADV 전동차 210칸 대폐차로 인해 매몰비용 발생 ※ 소요비용: 전편성 교체시 6.6억원 (12개 편성 교체 / 편성당 55백만원)	◦ ADS 오동작에 따른 장애 지속발생 가능성 높음 ◦ ADS 절환불능 발생시 주변기기 손상에 따른 추가 피해 발생 (600 ~ 9,000만원 피해액 발생)

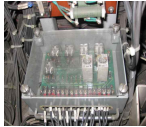








□ 검토 결과 → 제1안으로 선정

○ 선정 사유

- ADS 오동작 미발생으로 본선운행 중 안전확보로 공사이미지 향상
- ADS오동작에 따른 전동차 피해 최소화로 경영개선에 도움
 - ※ RFID Tag 방식으로 운행 중인 4개 편성에서 안전성 확인
- 제2안 선택 시 승무원 주의운전을 통한 안전확보에 한계 발생
- RFID Tag방식으로 개선될 경우 국토부·철도연·제작사와 협의하여 신조전동차에 동일 물품을 사용하여 향후 대폐차 후 예비품으로 활용

◆ RFID Tag 기반 ADS 자동절환시스템 개발

- 개발배경 : 장치 간 통신불량 또는 불특정 구간 오신호 유입에 의한 ADS 오동작 예방을 위해 국산화 및 성능개선
- 추진근거 : 2015년 국토교통기술사업화지원사업(3건) 위탁연구 참여 협약체결 완료보고(도시철도연구원-1650 / '15.4.14)
- 사업대상 : 2개 편성(4호선 ADV전동차)
- 사업기간 : '15.4.~'17.4.(2년) 종료 (이후 2개 편성 추가설치)
- 기존 방식과 RFID Tag 방식 장치별 비교

	ADS 자동절환 방식				
개선 전					
	ADS 제어 PCB	ADS 자동절환스위치	ADS 보완수신장치	방송장치	ADS 안테나
개선 후	RFID Tag 방식				
					
	ADS 제어기	ADS자동절환스위치	RFID 리더기	RFID 안테나	

V 추진 계획

1. 4호선 차상신호장치(ATC)

- 대상차량 : DV차량 14개 편성('붙임2' 참조)
 - DV차량 26개 편성 중 11개 편성 적용완료(1개 편성 운행중지로 제외)
 - ※ ADV 전동차(21개 편성)의 경우 '21~24년 대폐차 예정으로 제외
- 추진수량 : ATC장치 28Set
- 추진일정 : 2021.1월~12월(예산확보 시)
- 소요예산 : 약 16.8억 원(수선유지비)
 - 산출식: 14개 편성×1.2억 원 = 16.8억 원
 - ※ 소요예산 금액은 기 개량 비용으로 적용
- 세부계획 (예산확보 및 안전성 검증에 따라 일정 일부 변경될 수 있음)

구 분	2020년					2021년			
	8월	9월	10월	11월	12월	1분기	2분기	3분기	4분기
방침수립		■	■						
제작사양서 제정			■	■	■				
발주 및 계약						■	■		
초도 편성 적용							■	■	
확대 설치 적용								■	■

2. 4호선 교직류절환장치 스위치(ADS)

- 대상차량 : ADV차량 12개 편성('붙임3' 참조)
 - ADV차량 21개 편성 중 4개 편성 적용 완료(2개 편성 운행중지로 제외)
 - ※ 도시바 제작 ATC장치는 오동작 미발생으로 제외(3개 편성)
- 추진수량 : 24개(2개 / 편성당)
- 추진일정 : 2021.1월~12월(예산확보 시)
- 소요예산 : 약 6.6억원(수선유지비)
 - 산출식: 12개 편성×55백만 원=6.6억 원

세부계획 (예산확보 및 안전성 검증에 따라 일정 일부 변경될 수 있음)

구 분	2020년					2021년			
	8월	9월	10월	11월	12월	1분기	2분기	3분기	4분기
방침수립		■	■						
제작사양서 제정			■	■	■				
발주 및 계약						■	■		
초도 편성 적용							■	■	
확대 설치 적용								■	■

VI 결론

- 4호선 운행전동차의 안전운행 확보를 위해 안전관리본부에서 주관한 「4호선 전동차 문제점 분석 TF」에서 도출된 내용 중
- 본선 운행 중 No Code가 발생할 경우 승무원 확인제동 후 자동으로 15KPH 모드가 활성화 되는 오류 현상을 예방하고,
- 절연구간 및 비절연구간에서 교직류 절환스위치(ADS)가 오동작 되거나 자동절환 불능에 의한 승객불편과 전동차 부품 소손(2차 고장)되는 장애를 사전에 예방함으로써,
- “안전한 도시철도, 편리한 교통서비스”라는 미션에 도전하는 공사의 안전우선의 핵심가치를 실현하여 전동차 성능 안정화 및 본선 안전 운행 확보에 기여하고자 합니다.

- 붙임 1. 4호선 운용 문제점 분석 및 대책수립(안)_안전관리본부 1부.
 2. 4호선 ATC장치 개선 적용대상 현황 1부.
 3. 4호선 ADS 개선 적용대상 현황 1부. 끝.