

기술수요조사서 (과제제안)

연구개발 과제명	철제차륜경전철 추진제어장치 파워유닛 국산화 및 고신뢰성 개선 기술 개발
-------------	---

□ 제안기관

기관명	부산-김해경전철(주)			
제안 담당자	부서	차량처	직위	대리
	성명	강동혁	연락처	휴대폰 : 010-2766-3260 e-mail : donghyeok.kang@bglrt.com
	부서	차량처	직위	주임
	성명	이준목	연락처	휴대폰 : 010-4828-7623 e-mail : junmok.lee@bglrt.com
활용 예정 부서	부서	차량처	직위	대리
	성명	강동혁	연락처	휴대폰 : 010-2766-3260 e-mail : donghyeok.kang@bglrt.com

□ 제안과제

구분	내용
1. 연구개발 필요성	○ 스위칭 소자 단종에 따른 대체품 확보 필요성 - 부산-김해경전철은 2011년 9월 개통하여 25개 편성을 운용하고 있으며, 추진제어장치의 파워유닛(Power Unit)은 편성당 2EA, 총 50EA가 적용되어 있음. - 파워유닛에 적용된 스위칭 소자가 단종되고 최종구매 접수기한이 경과하여, 기존 사양의 소자와 파워유닛을 신규 확보하는 데 제약이 있음. - 원 제작사는 기존 사양 파워유닛의 제조·공급이 불가하다고 회신하였으며, 이후 제시된 대체품 견적은 재설계를 전제로 함. - 기존 차량을 계속 운용하기 위해서는 기존 추진제어장치와 호환되는 파워유닛 대체품의 개발·공급이 필요함.

구 분	내 용														
	○ 예비품 소진에 대비한 개발 시급성 - 주요 단종 소자의 재고와 사용 실적을 기준으로 산정한 잔여 사용기간은 2026년 8월 기준 약 3년 5개월이며, 예상 소진 시점은 2030년 초임. ※ 최근 사용률이 유지되는 경우의 추정치로, 향후 고장 발생과 공용 소자의 사용량에 따라 달라질 수 있음. 노후화로 고장이 늘면 소진 시점이 앞당겨질 수 있음. - 단종 소자 재고가 소진되면 파워유닛 수선이 제한되고 순환예비품이 부족해져 고장차량 복구가 장기화되며, 차량 가용률 저하와 영업운행 차질이 우려되므로, 설계·시험·현차 검증 및 도입 기간을 고려한 선제적 개발이 필요함. ○ 고장 지속 발생에 따른 유지보수 수요 - 2022년부터 2026년 7월까지 파워유닛 고장 33건이 발생하였으며, 해당 고장 건에서 IGBT 소손이 확인됨. <table><tr><td>연도</td><td>2022</td><td>2023</td><td>2024</td><td>2025</td><td>2026(1~7월)</td><td>합계</td></tr><tr><td>고장건수</td><td>9</td><td>5</td><td>7</td><td>6</td><td>6</td><td>33건</td></tr></table> ※ 집계 기준일: 2026.8.10. 2026년은 1~7월 실적으로, 연간 실적과 구분함. - 운영기관은 고장원인을 장기 사용에 따른 열·전기적 스트레스 누적 등 노후화로 추정하고 있어, 대체품 설계 시 열 스트레스 억제와 방열 여유 확보가 필요함. - 현재는 고장 파워유닛을 순환예비품으로 교환하고 내부 IGBT를 교체하여 수선하고 있으나, 단종 소자 재고가 소진되면 이러한 대응을 지속하기 어려워 대체품 개발이 필요함. ○ 기존 차량과 호환되는 파워유닛 국산화 필요성 - 단종 소자를 대체하려면 신규 소자의 전기적·열적 특성과 패키지·단자 배치에 맞춰 게이트드라이브·보호회로·방열구조·부스바 등의 적합성을 검토하고 필요한 부분을 재설계해야 함. - 변경된 구성품이 결합된 상태에서 성능을 확보하고 기존 추진제어장치와 연동되어야 하므로, 개발·검증 단위를 파워유닛으로 설정할 필요가 있음. - 기존 제어랙과 차량 측 인터페이스를 유지하는 국산 대체품을 개발하여 차량 개조 범위를 최소화하고, 국내 공급·정비체계 확보와 도입비용 절감을 추진하고자 함. - 대체품은 기존 차량의 운용환경에서 안정적으로 사용할 수 있도록 신규 소자에 적합한 방열성능과 보호기능을 확보하고, 기존품 대비 동등 이상의 성능 확보 여부를 검증할 필요가 있음.	연도	2022	2023	2024	2025	2026(1~7월)	합계	고장건수	9	5	7	6	6	33건
연도	2022	2023	2024	2025	2026(1~7월)	합계									
고장건수	9	5	7	6	6	33건									
2. 현장수요	○ 부산-김해경전철의 교체 및 유지보수 수요 - 부산-김해경전철의 파워유닛 운용분은 50EA(25편성 × 2EA)이며, 예비품 5EA를														

구 분	내 용																
및 확산 가능성	고려한 예상 도입 규모 는 55EA임. 이는 기획 기준의 예상 규모로 확정 구매량은 아니며, 실제 수량과 시기는 개발품의 성능·신뢰성·단가 및 예산에 따라 결정함.																
	- 운영기관은 우선 도입품의 운용 결과를 바탕으로 전 편성의 단계적 교체를 추진할 계획이며, 교체 이후에도 주요 부품의 공급과 수선·정비 지원이 필요함.																
	○ 동일 계열 노선의 향후 대체 수요																
	- 부산-김해경전철·우이신설선·김포골드라인은 현대로템 제작 차량, DC750V 제3궤조 급전 및 미쓰비시 IGBT를 적용한 VVVF 인버터를 사용하는 동일 계열 노선임.																
	<table><tr><th>노선</th><th>운행 편성</th><th>개통</th><th>본 개발품과의 적용 관계</th></tr><tr><td>부산-김해경전철</td><td>25편성</td><td>2011.9</td><td>본 과제의 직접 적용 대상, 파워유닛 50EA 운용</td></tr><tr><td>우이신설선</td><td>18편성</td><td>2017.9</td><td>공통 설계기술 기반 노선별 파생설계 대상(후속 검토)</td></tr><tr><td>김포골드라인</td><td>29편성</td><td>2019.9</td><td>공통 설계기술 기반 노선별 파생설계 대상(후속 검토)</td></tr></table>	노선	운행 편성	개통	본 개발품과의 적용 관계	부산-김해경전철	25편성	2011.9	본 과제의 직접 적용 대상, 파워유닛 50EA 운용	우이신설선	18편성	2017.9	공통 설계기술 기반 노선별 파생설계 대상(후속 검토)	김포골드라인	29편성	2019.9	공통 설계기술 기반 노선별 파생설계 대상(후속 검토)
	노선	운행 편성	개통	본 개발품과의 적용 관계													
	부산-김해경전철	25편성	2011.9	본 과제의 직접 적용 대상, 파워유닛 50EA 운용													
	우이신설선	18편성	2017.9	공통 설계기술 기반 노선별 파생설계 대상(후속 검토)													
	김포골드라인	29편성	2019.9	공통 설계기술 기반 노선별 파생설계 대상(후속 검토)													
	※ 편성 수는 기획 시 확인한 공개자료 기준으로, 3개 노선 합계 72편성임. 출처: 국토교통부 철도산업정보센터(KRIC) 「차량도감」 및 운영기관·지자체 공개자료 (김포시 증차 계획 (https://www.gimpo.go.kr/portal/contents.do?key=11405) 등).																
- 동일 계열 노선을 대상으로 관련 부품의 단종 및 예비품 수급 현황과 향후 대체품 도입 수요를 조사한 결과, 김포골드라인·우이신설선에서도 적용 중인 미쓰비시 IGBT가 단종되어 단종 전 확보한 예비품으로 대응하고 있는 것으로 확인됨.																	
- 김포골드라인·우이신설선은 현재 IGBT 고장 빈도는 낮은 수준이나, 차량 사용연수 증가에 따라 향후 교체 수요에 대비할 필요가 있다는 의견이며, 부산-김해경전철의 대체품 개발 완료 시 적용 가능 여부 및 도입을 적극 검토할 의향이 있음을 확인함.																	
- 우이신설선·김포골드라인은 추진제어장치 정격·구조 및 적용 소자 사양이 달라 노선별 파생설계가 필요하며, 본 과제에서 확보하는 게이트드라이브 구조·보호회로·방열 설계기법·부스바 설계 등 공통 설계기술과 시험 경험을 파생설계·검증에 활용함.																	
- 중전철 부문은 향후 개량 수요와 기술적 적합성을 확인하여 추가 적용 가능성을 검토하며, 현 단계의 확정 수요에는 포함하지 않음.																	
○ 국내외 동향 - 노후 추진장치 개량과 부품 국산화																	
- 해외에서도 추진장치 전력반도체의 세대교체·단종에 대응한 개량(retrofit) 사례가 있음. 스위스연방철도(SBB)는 Re460 기관차 119대의 GTO 컨버터를 IGBT 컨버터로 교체(2014년 발주)하는 개량을 추진하였고, 런던지하철은 신뢰성 및 부품 단종 문제에 대응하여 Central선의 기존 DC 추진체계를 AC 추진체계로 개량하는 사업을 추진함.																	
※ 출처 : ABB Review, 「IGBT converters extend life of Re460 locomotives」, 01/2017, pp.65-69 (PDF) (https://library.e.abb.com/public/cfb1bbba06a3402f9769ada257552732/ABB%20Review%201-2017_72dpi.pdf#page=65) / TfL, 「C																	

구 분	내 용												
	entral Line Improvement Programme», 2016.7.19, §4.1 (PDF) (https://content.tfl.gov.uk/board-20160719-item12-part1-central-line.pdf) - 국내에서도 한국철도공사가 2020~2025년 6년간 철도차량 부품 15종의 국산화·신규개발을 완료하는 등 운영기관 주도의 부품 국산화가 정책적으로 추진되고 있으며, 서울 6호선에는 국산 영구자석 동기전동기용 추진제어장치(1C1M VVVF 인버터)가 상용화(2019)되어 국내 추진제어장치 설계·제작 기반이 존재함. ※ 출처 : ZDNet Korea, 「코레일, 철도차량 핵심 부품 등 15종 국산화 완료」, 2025.12.19 (https://zdnet.co.kr/view/?no=20251219104044) / 헤럴드경제, 「현대로템, 열차 추진시스템 신기술 상용화」, 2019.5.16 (https://biz.heraldcorp.com/article/1999912) - 부산-김해경전철은 냉각송풍기 내부 부품 단종에 대응하여 한국철도기술연구원·중소기업과 국산 대체품 개발 및 현차 검증을 추진하고 있어, 단종 부품 국산화를 위한 협력 경험이 있음. ※ 출처 : 부산-김해경전철, 「전동차 핵심부품 국산화 추진… 유지관리비 11억 절감 기대」, 2026.3.18 (https://www.bglrt.com/00129.web?amode=view&gcode=1003&idx=14370) ○ 경제적 효과 - 원 제작사의 대체 파워유닛 개산 견적에는 제품 구매비 외 초기 설계·시험비가 별도로 제시되어, 소량·단계적 도입 시 비용 부담이 있음. <table><tr><th>구분</th><th>원 제작사 대체품 도입 (개산 견적 기준)</th><th>국산 대체품 개발·도입</th></tr><tr><td>초기 비용</td><td>초기 설계비 약 6.0억원 + EMC 시험비 약 1.2억원 (수량과 무관하게 별도 발생)</td><td>본 과제에서 설계·검증 수행</td></tr><tr><td>제품 단가</td><td>약 0.998억원/EA</td><td>참여기업·운영기관 협의로 결정</td></tr><tr><td>전 편성 교체 기준 (55EA)</td><td>약 62억원 (6.0 + 1.2 + 0.998 × 55)</td><td>구매비는 협의된 단가에 따라 결정</td></tr></table> ※ 원 제작사 금액은 운영기관이 확보한 개산 견적(부가세 별도) 기준의 추정치이며, 현차 장착·개조승인·운영비는 포함하지 않음. 단계적 도입 시점을 반영하지 않은 단순 합산임. - 국산 대체품의 개발·공급을 통해 단계적 교체에 필요한 국내 공급체계를 확보하고, 원 제작사 대체품 도입 대비 전 편성 교체 기준 총 소요비용과 유지보수 비용의 상당한 절감을 도모함. ○ 기술적 기대효과 - 기존 추진제어장치와 호환되는 파워유닛의 국내 설계·제작 기술 확보 - 신규 소자에 적합한 방열·게이트 구동·보호 설계 및 검증을 통해 기존 차량에서	구분	원 제작사 대체품 도입 (개산 견적 기준)	국산 대체품 개발·도입	초기 비용	초기 설계비 약 6.0억원 + EMC 시험비 약 1.2억원 (수량과 무관하게 별도 발생)	본 과제에서 설계·검증 수행	제품 단가	약 0.998억원/EA	참여기업·운영기관 협의로 결정	전 편성 교체 기준 (55EA)	약 62억원 (6.0 + 1.2 + 0.998 × 55)	구매비는 협의된 단가에 따라 결정
구분	원 제작사 대체품 도입 (개산 견적 기준)	국산 대체품 개발·도입											
초기 비용	초기 설계비 약 6.0억원 + EMC 시험비 약 1.2억원 (수량과 무관하게 별도 발생)	본 과제에서 설계·검증 수행											
제품 단가	약 0.998억원/EA	참여기업·운영기관 협의로 결정											
전 편성 교체 기준 (55EA)	약 62억원 (6.0 + 1.2 + 0.998 × 55)	구매비는 협의된 단가에 따라 결정											

구 분	내 용										
	안정적으로 운용 가능한 대체품 확보 - 주요 구성품의 점검·교체가 용이한 구조 적용을 통한 정비성 향상 ○ 운영상 기대효과 - 단종 소자의 재고 소진에 따른 파워유닛 수선 제약과 차량 가용률 저하 위험 완화 - 국내 공급·정비체계 확보를 통한 부품 확보 및 고장 복구 대응 여건 개선 ○ 산업적 기대효과 - 국내 기업의 철도차량용 파워유닛 개발·공급 역량 강화 - 단종 전력반도체 대응 파워유닛의 공통 설계기술(게이트드라이브 구조·보호회로·방열 설계기법·부스바) 확보 및 동일 계열 노선 파생설계 활용										
3. 요구기술 및 적용조건	○ 개발대상 및 범위 부산-김해경전철 기존 추진제어장치와 완전한 전기적·기계적 호환성을 확보하고, 운영기관 요구조건을 충족하는 국산 파워유닛 개발 및 현차 검증 - 부산-김해경전철 기존 추진제어장치에 적용 가능한 국산 파워유닛 1식의 설계·제작 및 검증 - 신규 스위칭 소자 적용에 따른 게이트드라이브·보호회로·방열구조·부스바 등 관련 구성품의 적합성 검토 및 필요한 부분 재설계 ○ 기존 추진제어장치의 주요 사양 <table border="1" data-bbox="309 1283 1420 1532"> <thead> <tr> <th>항목</th><th>기존 사양</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>입력전압</td><td>DC 750V (500 ~ 900V)</td></tr> <tr> <td>인버터 출력</td><td>0 ~ 550VAC / 0 ~ 120Hz</td></tr> <tr> <td>부하 구성</td><td>1C2M (견인전동기 2대 병렬 제어)</td></tr> <tr> <td>사용환경·냉각</td><td>-25 ~ +40℃, 강제냉각</td></tr> </tbody> </table> ※ 기존 추진제어장치의 사양이며, 개발 파워유닛은 해당 조건에 적합하도록 설계함. 세부 사양과 인터페이스는 설계단계에서 확인함. ○ 요구조건 - 기존 장치와의 완전한 호환성 확보 · 기존 VWF 제어랙·CCU 등 주변장치와의 전기적·기계적 인터페이스 유지 · 기존 파워유닛과 동일한 취부 위치 및 공간에 장착 가능한 구조 · 기존 주회로 접속, 제어·검지 신호 및 전원 공급 조건에 적합 · 기존 입·출력 정격, 전동기 부하 및 스위칭 특성에 적합하고, 기존 운용환경과 냉각 조건에서 동작	항목	기존 사양	입력전압	DC 750V (500 ~ 900V)	인버터 출력	0 ~ 550VAC / 0 ~ 120Hz	부하 구성	1C2M (견인전동기 2대 병렬 제어)	사용환경·냉각	-25 ~ +40℃, 강제냉각
항목	기존 사양										
입력전압	DC 750V (500 ~ 900V)										
인버터 출력	0 ~ 550VAC / 0 ~ 120Hz										
부하 구성	1C2M (견인전동기 2대 병렬 제어)										
사용환경·냉각	-25 ~ +40℃, 강제냉각										

구 분	내 용
	- 성능·안전성 확보 · 관련 철도차량 기술기준 및 적용 규격 충족 · 기존품과 동등 이상의 성능·신뢰성·수명을 확보하고, 단종 IGBT를 대체할 수 있는 고신뢰성 스위칭 소자 적용 · 스위칭 소자의 손실·발열을 고려한 충분한 방열성능 및 과전류·과전압·과열 보호기능 확보 · 기존품과 동등 이상의 절연성능·전기적 안전성 및 운행환경에 적합한 진동·충격·온습도 내환경성 확보 · 주변 전기·전자장치에 영향을 주지 않는 전자파 적합성(EMC) 확보 - 유지보수·부품 수급 개선 · 파워유닛 취거·설치·수선 및 게이트드라이브·스위칭 소자 등 주요 구성품의 점검·교체가 용이한 구조로 점검·수선 시간 단축 · 기존품 대비 경량화를 통한 취급 및 정비 작업성 향상 · 주요 구성품 단종에 대비한 장기간 안정적 부품 수급이 가능한 구조 적용 ○ 적용 소자 선정 - 요구성능·경제성·장기 조달 안정성을 기준으로, 1차년도 설계단계에서 전력반도체 적용안을 비교검토하여 선정함. ○ 기술적 특징 및 주요 난점 - 신규 소자는 기존 소자와 정격·패키지·스위칭 특성이 달라, 기존 취부 공간·냉각 조건과 제어·검지·전원 인터페이스를 유지하면서 파워유닛 단위로 재설계·검증해야 하는 과제임. - 게이트 구동 최적화 : 신규 소자 특성에 맞춘 게이트 구동 조건 설계로 스위칭 손실·서지 전압과 열 스트레스를 억제하고, 기존 보호 인터페이스와 정합되는 단락·과전류 보호 구현 - 접합온도 여유 확보 방열설계 : 기존 강제냉각 조건과 취부 공간 안에서 운용 부하 조건 기준의 접합온도 여유를 확보하는 방열구조·부스바 설계 및 온도상승 검증 - 결합 성능·연동 검증 : 재설계 구성품이 결합된 파워유닛의 성능과 기존 추진제어장치·견인전동기 연동 확인, 정비·부품 수급 요구의 설계 반영 ※ 세부 개발범위와 정량적 연구목표는 연구책임자·참여기업 매칭 후 운영기관 요구조건을 바탕으로 구체화함.
4. 시험·인증 및 현장실증 계획	○ 시험·검증 목표 및 방법 - 운영기관 요구조건을 기준으로 설계 검토·실험실시험·공인시험·현차시험을 수행하여 기존 장치와의 호환성 및 요구성능 충족 여부를 확인함. - 개발품의 개조승인 취득과 이를 전제로 한 운영기관 도입을 최종 지향으로 하며,

구 분	내 용																														
	과제기간 내 달성목표는 공인기관 시험성적서 확보, 개조승인 신청 요건 충족 및 운영기관의 신청, 대표편성 현차 장착·시운전과 본선 운행 모니터링 착수로 함. 개조승인 취득은 신청 이후 검사기관의 검사·시험 절차에 따라 진행되므로, 과제에서는 그 선행 요건을 충족하고 후속 검사 대응을 기술적으로 지원함. <table><tr><th>확인 대상</th><th>확인방법</th><th>성공 여부 판단기준</th></tr><tr><td>전기적·기계적 호환성</td><td>설계·취부 확인, 기존 제어랙 및 관련장치와의 연동시험</td><td>기존 취부·공간·접속·제어·검지 조건에 적합하고 요구되는 연동 기능 충족</td></tr><tr><td>부하·방열·보호 성능</td><td>실험실 부하시험, 온도상승 및 보호동작 확인</td><td>기존 운용조건에서 요구성능 및 설계단계에서 정한 허용기준 충족</td></tr><tr><td>절연·환경·전자파 적합성</td><td>적용항목에 대한 공인기관 시험</td><td>확정된 적용 규격·시험조건에 적합하고 공인기관 시험성적서 확보</td></tr><tr><td>현차 적응성</td><td>구내·본선 시운전, 전후 상태 확인, 로그·운행자료 검토</td><td>시험계획에서 정한 운전·연동 기능 충족 및 이상 발생 시 보완·재확인을 통한 적합성 확인</td></tr><tr><td>정비성·취급성</td><td>취거·설치·주요 부품 점검 및 교체 작업성, 중량 확인</td><td>작업성·중량 확인 결과를 바탕으로 운영기관의 정비·취급 요구 충족 여부 확인</td></tr></table> - 세부 시험항목·적용 규격·정량 판정기준은 기존 장치 기술자료를 바탕으로 한국철도기술연구원·참여기업이 검토하고 운영기관 및 시험·검사기관과 협의하여 확정함. - 시제품 수량과 시험용 시료 배분, 시험 구성·자원은 현차 적용계획과 함께 설계단계에서 정함. ○ 현장실증 대상 및 운영조건 <table><tr><th>구분</th><th>계획</th></tr><tr><td>대상 차량</td><td>1개 편성 중 1개 차량에 개발품을 적용하고 다른 차량의 기존품과 병행 운용</td></tr><tr><td>대상 구간</td><td>부산~김해경전철 가야대역~사상역</td></tr><tr><td>시험 장소·운영조건</td><td>차량기지 구내 시운전선 및 비영업시간(야간) 본선 시운전을 통해 현차 연동 확인</td></tr><tr><td>시행 시기</td><td>2028년 하반기 현차시험 및 본선 운행 모니터링 착수 계획</td></tr><tr><td>확인 자료</td><td>시운전 전후 개발품·관련장치 상태, 고장 로그 및 차량 운행자료</td></tr></table> - 시험 목적의 현차 장착·본선 운행에 필요한 승인·신고 요건과 운행·안전 조건을 사전에 확인하고, 해당 요건을 충족한 후 시험계획에 따라 수행함. - 현차시험과 초기 운용자료를 통해 적용 적합성을 확인하며, 장기 신뢰성·수명은 과제 중 검증과 종료 후 운행자료 축적을 연계하여 지속 검증함. ○ 시험·승인 추진계획 및 사전 해결사항 - 2027년 과제 초기부터 시험·검사기관 사전협의를 착수하여 시험 목적의 현차 적용 및 최종 개조승인 절차·시험범위를 구체화함. 최종 승인 전 시험 목적의 현차 적용 가능 여부와 필요한 요건·운행조건을 확인함.	확인 대상	확인방법	성공 여부 판단기준	전기적·기계적 호환성	설계·취부 확인, 기존 제어랙 및 관련장치와의 연동시험	기존 취부·공간·접속·제어·검지 조건에 적합하고 요구되는 연동 기능 충족	부하·방열·보호 성능	실험실 부하시험, 온도상승 및 보호동작 확인	기존 운용조건에서 요구성능 및 설계단계에서 정한 허용기준 충족	절연·환경·전자파 적합성	적용항목에 대한 공인기관 시험	확정된 적용 규격·시험조건에 적합하고 공인기관 시험성적서 확보	현차 적응성	구내·본선 시운전, 전후 상태 확인, 로그·운행자료 검토	시험계획에서 정한 운전·연동 기능 충족 및 이상 발생 시 보완·재확인을 통한 적합성 확인	정비성·취급성	취거·설치·주요 부품 점검 및 교체 작업성, 중량 확인	작업성·중량 확인 결과를 바탕으로 운영기관의 정비·취급 요구 충족 여부 확인	구분	계획	대상 차량	1개 편성 중 1개 차량에 개발품을 적용하고 다른 차량의 기존품과 병행 운용	대상 구간	부산~김해경전철 가야대역~사상역	시험 장소·운영조건	차량기지 구내 시운전선 및 비영업시간(야간) 본선 시운전을 통해 현차 연동 확인	시행 시기	2028년 하반기 현차시험 및 본선 운행 모니터링 착수 계획	확인 자료	시운전 전후 개발품·관련장치 상태, 고장 로그 및 차량 운행자료
확인 대상	확인방법	성공 여부 판단기준																													
전기적·기계적 호환성	설계·취부 확인, 기존 제어랙 및 관련장치와의 연동시험	기존 취부·공간·접속·제어·검지 조건에 적합하고 요구되는 연동 기능 충족																													
부하·방열·보호 성능	실험실 부하시험, 온도상승 및 보호동작 확인	기존 운용조건에서 요구성능 및 설계단계에서 정한 허용기준 충족																													
절연·환경·전자파 적합성	적용항목에 대한 공인기관 시험	확정된 적용 규격·시험조건에 적합하고 공인기관 시험성적서 확보																													
현차 적응성	구내·본선 시운전, 전후 상태 확인, 로그·운행자료 검토	시험계획에서 정한 운전·연동 기능 충족 및 이상 발생 시 보완·재확인을 통한 적합성 확인																													
정비성·취급성	취거·설치·주요 부품 점검 및 교체 작업성, 중량 확인	작업성·중량 확인 결과를 바탕으로 운영기관의 정비·취급 요구 충족 여부 확인																													
구분	계획																														
대상 차량	1개 편성 중 1개 차량에 개발품을 적용하고 다른 차량의 기존품과 병행 운용																														
대상 구간	부산~김해경전철 가야대역~사상역																														
시험 장소·운영조건	차량기지 구내 시운전선 및 비영업시간(야간) 본선 시운전을 통해 현차 연동 확인																														
시행 시기	2028년 하반기 현차시험 및 본선 운행 모니터링 착수 계획																														
확인 자료	시운전 전후 개발품·관련장치 상태, 고장 로그 및 차량 운행자료																														

구 분	내 용										
	- 2027년 시제품 설계·제작 및 실험실시험을 수행하고, 2028년 상반기 공인시험·보완, 하반기 현차시험·본선 모니터링 착수로 추진함. - 설계·시험과 병행하여 개조승인 신청 기술자료를 준비·보완하고, 신청 요건 충족 시 운영기관이 개조승인을 신청하여 후속 검사·시험 대응으로 연결함. - 시험·검사기관과 기존 시험결과의 활용 범위 및 추가 검증사항을 협의함. 시험결과에 따라 설계를 보완하는 경우 기존 시험결과의 유효성과 추가 확인 필요 범위를 검토하여 후속 시험·현차 적용계획에 반영함. ○ 과제 종료 후 승인·장기 검증 승계 - 과제 종료 후 개조승인 후속 검사·시험·보완 대응과 승인 취득 및 장기 운행자료 기반 신뢰성 검증은 운영기관·참여기업이 승계하고, 한국철도기술연구원은 기술자문을 수행함. - 과제 중 구축한 모니터링 체계와 초기 운용자료·정비지침을 인계하여 장기 검증에 활용함. 개조승인 및 도입조건을 충족하면 운영기관의 단계적 구매·적용으로 연결함.										
5. 도입 및 활용계획	○ 사업화 추진 흐름 - 현장 문제 : 스위칭 소자 단종으로 기존 사양 공급이 불가하며, 50EA 운용 중 2022년~2026년 7월 고장 33건 발생, 2030년 초 예비품 소진 예상 - 개발·실증 : 파워유닛 단위 재설계·검증 후 현차시험·본선 모니터링 착수 및 운영기관 개조승인 신청 - 도입 : 개조승인 및 도입조건 충족 시 2029년 5EA 우선 구매, 2030~2034년 단계적 교체(예상 55EA, 확정 구매량 아님) - 확산 : 동일 계열 노선 파생설계 검토 및 공통 설계기술 축적 ○ 도입·활용을 위한 최종결과물 <table data-bbox="309 1406 1420 1720"> <tr> <th>구분</th><th>결과물</th></tr> <tr> <td>시제품</td><td>○ 부산~김해경전철 기존 추진제어장치와 호환되는 국산 파워유닛 시제품</td></tr> <tr> <td>설계자료</td><td>○ 운영기관 요구조건을 반영한 개발 규격서 및 설계도서</td></tr> <tr> <td>시험·검증자료</td><td>○ 공인기관 시험성적서 및 현차시험·본선 운행 모니터링 초기 자료 ○ 개조승인 신청 요건 충족을 위한 기술자료</td></tr> <tr> <td>정비·인계자료</td><td>○ 정비지침 및 주요 부품 수급 방안 ○ 장기 운용 검증을 위한 모니터링·인계자료</td></tr> </table> ○ 운영기관 도입·활용계획 - 운영기관은 개발품의 성능·신뢰성·단가 및 개조승인 결과를 확인하고, 구매 절차와 예산 확보에 따라 단계적으로 도입할 계획임. - 운영기관은 성능·신뢰성이 확보된 개발품을 기존 유지보수 예산을 활용하여 우선 도입하고, 다량 교체 시 내부 예산 조정 등을 통해 추가 예산 확보를 추진할	구분	결과물	시제품	○ 부산~김해경전철 기존 추진제어장치와 호환되는 국산 파워유닛 시제품	설계자료	○ 운영기관 요구조건을 반영한 개발 규격서 및 설계도서	시험·검증자료	○ 공인기관 시험성적서 및 현차시험·본선 운행 모니터링 초기 자료 ○ 개조승인 신청 요건 충족을 위한 기술자료	정비·인계자료	○ 정비지침 및 주요 부품 수급 방안 ○ 장기 운용 검증을 위한 모니터링·인계자료
구분	결과물										
시제품	○ 부산~김해경전철 기존 추진제어장치와 호환되는 국산 파워유닛 시제품										
설계자료	○ 운영기관 요구조건을 반영한 개발 규격서 및 설계도서										
시험·검증자료	○ 공인기관 시험성적서 및 현차시험·본선 운행 모니터링 초기 자료 ○ 개조승인 신청 요건 충족을 위한 기술자료										
정비·인계자료	○ 정비지침 및 주요 부품 수급 방안 ○ 장기 운용 검증을 위한 모니터링·인계자료										

구 분	내 용						
	계획임. <table border="1" data-bbox="311 297 1420 510"> <tr> <th>시기</th><th>도입계획</th></tr> <tr> <td>2029(계획)</td><td>개조승인 및 도입조건 충족 시 5EA 우선 구매 - 4개 차량에 분산 적용 및 예비 1EA 확보</td></tr> <tr> <td>2030 ~ 2034(계획)</td><td>우선 도입품의 운용 결과를 평가하여 전 25개 편성 적용을 위한 단계적 구매·교체 추진</td></tr> </table> ※ 2030년 초 단종 소자 재고 소진이 예상되어 이후 기존품 수선 대응이 제한되므로, 우선 도입품 운용 결과를 바탕으로 단계적 교체를 추진함. - 예상 도입 규모는 55EA(운용 50EA + 예비 5EA, 우선 구매 5EA 포함)이며, 확정 구매량은 아님. 연차별 구매 수량과 시기는 도입조건 및 예산에 따라 조정함. ○ 목표가격 및 구매연계 방식 - 개발품의 목표가격은 운영기관이 기존 유지보수 예산 범위에서 단계적으로 구매할 수 있는 단가 수준으로 설정하며, 전 편성 교체 기준 총 구매비가 원 제작사 대체품 도입 시의 총 소요비용(초기 설계·시험비 포함)보다 낮은 수준을 기준으로 함. - 구체적인 단가는 상세설계 이후 참여기업과 운영기관이 협의하여 정함. - 참여기업이 제안한 성과공유제 등 구매연계 방식의 활용 가능성을 운영기관의 구매절차와 도입조건에 맞추어 검토함. 구체적인 계약방식은 해당 제도의 적용조건과 운영기관 구매절차를 확인하여 정함. ○ 공급·유지보수 지원계획 - 참여기업은 개발품의 단계적 공급에 필요한 생산·품질관리·유지보수 체계를 구체화하고, 주요 부품의 조달 및 대체 가능성을 검토하여 장기 부품 수급에 대응할 계획임. - 참여기업은 정비지침·교육 및 주요 부품 수급 대책을 마련하고, 계약조건에 따른 품질보증과 유지보수 지원을 추진함. ○ 타 노선 후속 활용계획 - 본 과제에서 확보한 파워유닛 설계·시험자료와 운용 실적을 바탕으로, 우이신설선·김포골드라인 등 동일 계열 경전철의 후속 사업화를 다음 순서로 검토함.	시기	도입계획	2029(계획)	개조승인 및 도입조건 충족 시 5EA 우선 구매 - 4개 차량에 분산 적용 및 예비 1EA 확보	2030 ~ 2034(계획)	우선 도입품의 운용 결과를 평가하여 전 25개 편성 적용을 위한 단계적 구매·교체 추진
시기	도입계획						
2029(계획)	개조승인 및 도입조건 충족 시 5EA 우선 구매 - 4개 차량에 분산 적용 및 예비 1EA 확보						
2030 ~ 2034(계획)	우선 도입품의 운용 결과를 평가하여 전 25개 편성 적용을 위한 단계적 구매·교체 추진						

구 분	내 용										
	<table border="1" data-bbox="311 248 1418 562"> <tr> <th>단계</th><th>추진 내용</th></tr> <tr> <td>적용 실적 확보</td><td>부산-김해경전철 적용 및 운용 결과를 통해 개발품의 성능·정비 대응 실적 축적</td></tr> <tr> <td>후속 수요 확인</td><td>운영기관의 타 기관 기술협의·자료 확인 협조를 바탕으로 참여기업이 교체 수요·도입 시기 및 적용조건 검토</td></tr> <tr> <td>기술·사업성 검토</td><td>참여기업이 노선별 정격·회로·기구 차이에 따른 파생설계 범위와 추가 시험·승인 검토사항, 개발·공급 비용 검토</td></tr> <tr> <td>도입 협의</td><td>수요와 기술·사업성이 확인된 경우 해당 운영기관과 개발·검증 및 구매조건 협의 추진</td></tr> </table> ※ 운영기관의 기술협의·자료 확인 협조 의향과 참여기업의 사업화 제안에 따른 후속 계획이며, 타 노선의 적용조건과 도입 수요에 따라 별도의 파생설계·검증을 추진함.	단계	추진 내용	적용 실적 확보	부산-김해경전철 적용 및 운용 결과를 통해 개발품의 성능·정비 대응 실적 축적	후속 수요 확인	운영기관의 타 기관 기술협의·자료 확인 협조를 바탕으로 참여기업이 교체 수요·도입 시기 및 적용조건 검토	기술·사업성 검토	참여기업이 노선별 정격·회로·기구 차이에 따른 파생설계 범위와 추가 시험·승인 검토사항, 개발·공급 비용 검토	도입 협의	수요와 기술·사업성이 확인된 경우 해당 운영기관과 개발·검증 및 구매조건 협의 추진
단계	추진 내용										
적용 실적 확보	부산-김해경전철 적용 및 운용 결과를 통해 개발품의 성능·정비 대응 실적 축적										
후속 수요 확인	운영기관의 타 기관 기술협의·자료 확인 협조를 바탕으로 참여기업이 교체 수요·도입 시기 및 적용조건 검토										
기술·사업성 검토	참여기업이 노선별 정격·회로·기구 차이에 따른 파생설계 범위와 추가 시험·승인 검토사항, 개발·공급 비용 검토										
도입 협의	수요와 기술·사업성이 확인된 경우 해당 운영기관과 개발·검증 및 구매조건 협의 추진										
6. 수요기관 협력·지원 계획	○ 기관별 역할 분담 <table border="1" data-bbox="311 786 1418 1081"> <tr> <th>주체</th><th>역할</th></tr> <tr> <td>주관기관 (한국철도기술연구원)</td><td>과제 총괄 및 기술 조정, 기존 기술·요구사항·설계 검토, 시험평가 주관, 개조승인 신청 기술자료 작성 지원</td></tr> <tr> <td>참여기업 (㈜이건산전)</td><td>적용 소자 비교검토 및 파워유닛 설계·제작, 시험·현차 적용 기술 대응, 공급 및 유지보수 지원</td></tr> <tr> <td>수요기관 (부산-김해경전철(주))</td><td>요구조건 제시, 기술자료·실증환경 제공, 현차시험 지원, 필요한 승인·신고 신청 및 관련 행정 주관, 도입조건 및 예산에 따른 구매 추진</td></tr> </table> ○ 운영기관 실증·현장 지원 - 기술자료 제공 : 장치 사양·인터페이스·정비 정보, 고장 이력 및 운용자료 제공 - 실증 차량·환경 제공 : 대표편성 시험과 차량기지 구내·비영업시간 본선 시운전에 필요한 차량·현장 및 시운전 업무 지원 - 현장 업무 지원 : 설치·철거·점검·계측·교육 업무와 운영기관 보유 특수공구·특수장비 사용 지원 - 성능 확인·피드백 : 시운전 전후 개발품·관련장치 상태 확인, 로그·차량 운행자료 제공 및 현차시험·운용 결과에 대한 의견 제시를 통해 성능 확인과 개선에 협조 ○ 승인·도입 및 후속 운영 협력 - 운영기관은 개조승인 신청 및 관련 행정을 주관하고, 한국철도기술연구원·참여기업은 기술자료 작성과 시험 대응을 지원함. 과제 초기 사전협의와 설계·시험 중 자료 준비를 통해 과제 종료 전 신청 및 본선 모니터링 착수에 협력함. - 개조승인에 필요한 형식시험 비용 및 검사수수료는 운영기관 부담을 원칙으로 하며, 개발품 검증을 위한 공인시험비 및 개조승인 기술자료 작성 지원은 과제비에 반영함. - 운영기관은 현차시험·운용 결과를 검토하고 도입조건과 예산에 따라 단계적 구매를 추진함. - 운영기관은 과제 종료 후 장기 신뢰성 검증을 위해 운행자료와 모니터링 결과를	주체	역할	주관기관 (한국철도기술연구원)	과제 총괄 및 기술 조정, 기존 기술·요구사항·설계 검토, 시험평가 주관, 개조승인 신청 기술자료 작성 지원	참여기업 (㈜이건산전)	적용 소자 비교검토 및 파워유닛 설계·제작, 시험·현차 적용 기술 대응, 공급 및 유지보수 지원	수요기관 (부산-김해경전철(주))	요구조건 제시, 기술자료·실증환경 제공, 현차시험 지원, 필요한 승인·신고 신청 및 관련 행정 주관, 도입조건 및 예산에 따른 구매 추진		
주체	역할										
주관기관 (한국철도기술연구원)	과제 총괄 및 기술 조정, 기존 기술·요구사항·설계 검토, 시험평가 주관, 개조승인 신청 기술자료 작성 지원										
참여기업 (㈜이건산전)	적용 소자 비교검토 및 파워유닛 설계·제작, 시험·현차 적용 기술 대응, 공급 및 유지보수 지원										
수요기관 (부산-김해경전철(주))	요구조건 제시, 기술자료·실증환경 제공, 현차시험 지원, 필요한 승인·신고 신청 및 관련 행정 주관, 도입조건 및 예산에 따른 구매 추진										

구 분	내 용																						
	공유함. - 후속 대체품 개발 검토를 위한 타 운영기관과의 기술협의·자료 확인이 필요한 경우, 운영기관 차원에서 협조할 계획임.																						
7. 예상 개발기간 및 소요예산	○ 연구기간 및 연차별 소요예산 - 총 연구기간 : 2년 (2027 ~ 2028) <table><tr><th>연차</th><th>주요 내용</th><th></th></tr><tr><td>1차년도 (2027)</td><td>개발 규격·시험계획 수립, 적용 소자 선정, 호환 설계 및 시제품 제작·실험실 시험, 과제 초기 시험·승인 사전협의</td><td rowspan="3"></td></tr><tr><td>2차년도 (2028)</td><td>요구조건 검증·공인시험 성적서 확보, 현차시험 및 본선 운행 모니터링 착수, 개조승인 신청 요건 충족·신청 지원 및 후속 대응, 정비·부품 수급 및 장기 검증 인계</td></tr><tr><td>합계</td><td>2년</td></tr></table> - 연차별 예산에는 재료·부품비, 제작비, 공인시험비 등과 함께 출장비·회의비 등 과제 수행에 필요한 연구활동비를 포함함. 세부 항목별 배분은 과제계획서 작성 시 정함. ○ 비용 부담 구분 <table><tr><th>구분</th><th>부담 주체</th></tr><tr><td>시제품 제작비(재료·부품·가공 등)</td><td>과제비</td></tr><tr><td>개발품 성능·환경·전자파 등 검증을 위한 공인기관 시험비</td><td>과제비</td></tr><tr><td>현차시험 계측·자료 분석 및 개조승인 신청 기술자료 작성 지원</td><td>과제비</td></tr><tr><td>출장비·회의비 등 연구활동비</td><td>과제비</td></tr><tr><td>개조승인에 필요한 형식시험 비용 및 검사수수료</td><td>운영기관</td></tr></table> - 운영기관은 차량·운행·현장 업무를 지원하고, 참여기업은 설계·제작·시험 대응을 수행함. 세부 비용 부담과 현물 계상 여부는 사업 공고·협약 조건에 따라 정함. - 시제품 제작과 시험에 필요한 구성·자원 및 세부 비용은 과제계획서 작성과 착수 단계에서 구체화하며, 제작비 집행 방식은 참여기관에 대한 직접 지원(구매발주) 제한 등 공고·협약 조건에 맞추어 정함.	연차	주요 내용		1차년도 (2027)	개발 규격·시험계획 수립, 적용 소자 선정, 호환 설계 및 시제품 제작·실험실 시험, 과제 초기 시험·승인 사전협의		2차년도 (2028)	요구조건 검증·공인시험 성적서 확보, 현차시험 및 본선 운행 모니터링 착수, 개조승인 신청 요건 충족·신청 지원 및 후속 대응, 정비·부품 수급 및 장기 검증 인계	합계	2년	구분	부담 주체	시제품 제작비(재료·부품·가공 등)	과제비	개발품 성능·환경·전자파 등 검증을 위한 공인기관 시험비	과제비	현차시험 계측·자료 분석 및 개조승인 신청 기술자료 작성 지원	과제비	출장비·회의비 등 연구활동비	과제비	개조승인에 필요한 형식시험 비용 및 검사수수료	운영기관
연차	주요 내용																						
1차년도 (2027)	개발 규격·시험계획 수립, 적용 소자 선정, 호환 설계 및 시제품 제작·실험실 시험, 과제 초기 시험·승인 사전협의																						
2차년도 (2028)	요구조건 검증·공인시험 성적서 확보, 현차시험 및 본선 운행 모니터링 착수, 개조승인 신청 요건 충족·신청 지원 및 후속 대응, 정비·부품 수급 및 장기 검증 인계																						
합계	2년																						
구분	부담 주체																						
시제품 제작비(재료·부품·가공 등)	과제비																						
개발품 성능·환경·전자파 등 검증을 위한 공인기관 시험비	과제비																						
현차시험 계측·자료 분석 및 개조승인 신청 기술자료 작성 지원	과제비																						
출장비·회의비 등 연구활동비	과제비																						
개조승인에 필요한 형식시험 비용 및 검사수수료	운영기관																						

구 분	내 용																																																																																																																								
	○ 상세 추진일정(안)																																																																																																																								
	<table><tr><th>주요 수행내용</th><th>D+3 M</th><th>D+6 M</th><th>D+9 M</th><th>D+12 M</th><th>D+15 M</th><th>D+18 M</th><th>D+21 M</th><th>D+24 M</th><th>주요 결과물</th></tr><tr><td>기존 기술자료 검토· 요구조건 및 개발 규격 수립</td><td>■</td><td>■</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>개발 규격서</td></tr><tr><td>적용 소자 비교·선정 및 호환 설계</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>설계도서</td></tr><tr><td>시험·검사기관 사전협의 및 시험·승인 계획 구체화</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>설계·시험자료 반영</td></tr><tr><td>시제품 제작 및 실험실 성능시험</td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>시제품·시험자료</td></tr><tr><td>호환성·성능·안전성 검증 및 공인시험</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td></td><td></td><td>공인기관 시험성적서·검증자료</td></tr><tr><td>시험결과에 따른 설계 보완· 추가 검증</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td></td><td>설계·시험자료 반영</td></tr><tr><td>현차시험 준비 및 필요한 승인·신고 절차</td><td></td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td></td><td>시험·신청자료 반영</td></tr><tr><td>현차 장착·시운전 및 본선 모니터링 착수</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td>현차시험·초기 운행자료</td></tr><tr><td>개조승인 신청 기술자료 준비·보완</td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>개조승인 신청 기술자료</td></tr><tr><td>요건 충족 시 개조승인 신청 및 후속 검사 대응</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td>신청·검사 대응자료</td></tr><tr><td>정비·부품 수급 방안 및 후속 검증 인계</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>정비·인계자료</td></tr></table>	주요 수행내용	D+3 M	D+6 M	D+9 M	D+12 M	D+15 M	D+18 M	D+21 M	D+24 M	주요 결과물	기존 기술자료 검토· 요구조건 및 개발 규격 수립	■	■							개발 규격서	적용 소자 비교·선정 및 호환 설계	■	■	■						설계도서	시험·검사기관 사전협의 및 시험·승인 계획 구체화	■	■	■	■					설계·시험자료 반영	시제품 제작 및 실험실 성능시험			■	■					시제품·시험자료	호환성·성능·안전성 검증 및 공인시험					■	■			공인기관 시험성적서·검증자료	시험결과에 따른 설계 보완· 추가 검증					■	■	■		설계·시험자료 반영	현차시험 준비 및 필요한 승인·신고 절차				■	■	■	■		시험·신청자료 반영	현차 장착·시운전 및 본선 모니터링 착수							■	■	현차시험·초기 운행자료	개조승인 신청 기술자료 준비·보완			■	■	■	■	■	■	개조승인 신청 기술자료	요건 충족 시 개조승인 신청 및 후속 검사 대응							■	■	신청·검사 대응자료	정비·부품 수급 방안 및 후속 검증 인계						■	■	■	정비·인계자료
	주요 수행내용	D+3 M	D+6 M	D+9 M	D+12 M	D+15 M	D+18 M	D+21 M	D+24 M	주요 결과물																																																																																																															
	기존 기술자료 검토· 요구조건 및 개발 규격 수립	■	■							개발 규격서																																																																																																															
	적용 소자 비교·선정 및 호환 설계	■	■	■						설계도서																																																																																																															
	시험·검사기관 사전협의 및 시험·승인 계획 구체화	■	■	■	■					설계·시험자료 반영																																																																																																															
	시제품 제작 및 실험실 성능시험			■	■					시제품·시험자료																																																																																																															
	호환성·성능·안전성 검증 및 공인시험					■	■			공인기관 시험성적서·검증자료																																																																																																															
	시험결과에 따른 설계 보완· 추가 검증					■	■	■		설계·시험자료 반영																																																																																																															
	현차시험 준비 및 필요한 승인·신고 절차				■	■	■	■		시험·신청자료 반영																																																																																																															
	현차 장착·시운전 및 본선 모니터링 착수							■	■	현차시험·초기 운행자료																																																																																																															
	개조승인 신청 기술자료 준비·보완			■	■	■	■	■	■	개조승인 신청 기술자료																																																																																																															
	요건 충족 시 개조승인 신청 및 후속 검사 대응							■	■	신청·검사 대응자료																																																																																																															
정비·부품 수급 방안 및 후속 검증 인계						■	■	■	정비·인계자료																																																																																																																
※ 시험결과에 따라 설계를 보완하는 경우 기존 시험결과의 유효성과 추가 확인 필요 범위를 검토하여 후속 시험·현차 적용계획에 반영함.																																																																																																																									
※ 주요 결과물은 최종결과물(설계자료·시험·검증자료·정비·인계자료)에 통합함.																																																																																																																									
○ 과제 종료 후 연계																																																																																																																									
- 과제 내 목표는 개조승인 신청 요건 충족·신청 및 본선 운행 모니터링 착수이며, 승인 취득과 장기 신뢰성 검증은 과제 종료 후 승계함.																																																																																																																									
- 승인 취득 시점은 신청 이후 검사·시험·보완 진행에 따라 정해지며, 2029년 우선 도입은 승인 및 도입조건 충족을 전제로 추진함.																																																																																																																									

한국철도기술연구원장 귀하