한국의 저GWP 관련 전기용품 안전인증 및 KS 소개

KC 60335-2-40 / IEC 60335-2-40 / KS B 6410 / IEC TS 63542

R290 (A3)

R32 (A2L)

Annex GG/FF/LL

IEC TS 63542

KS B 6410

2026.10.23

(재)한국기계전기전자시험연구원

0 냉동공조 일반

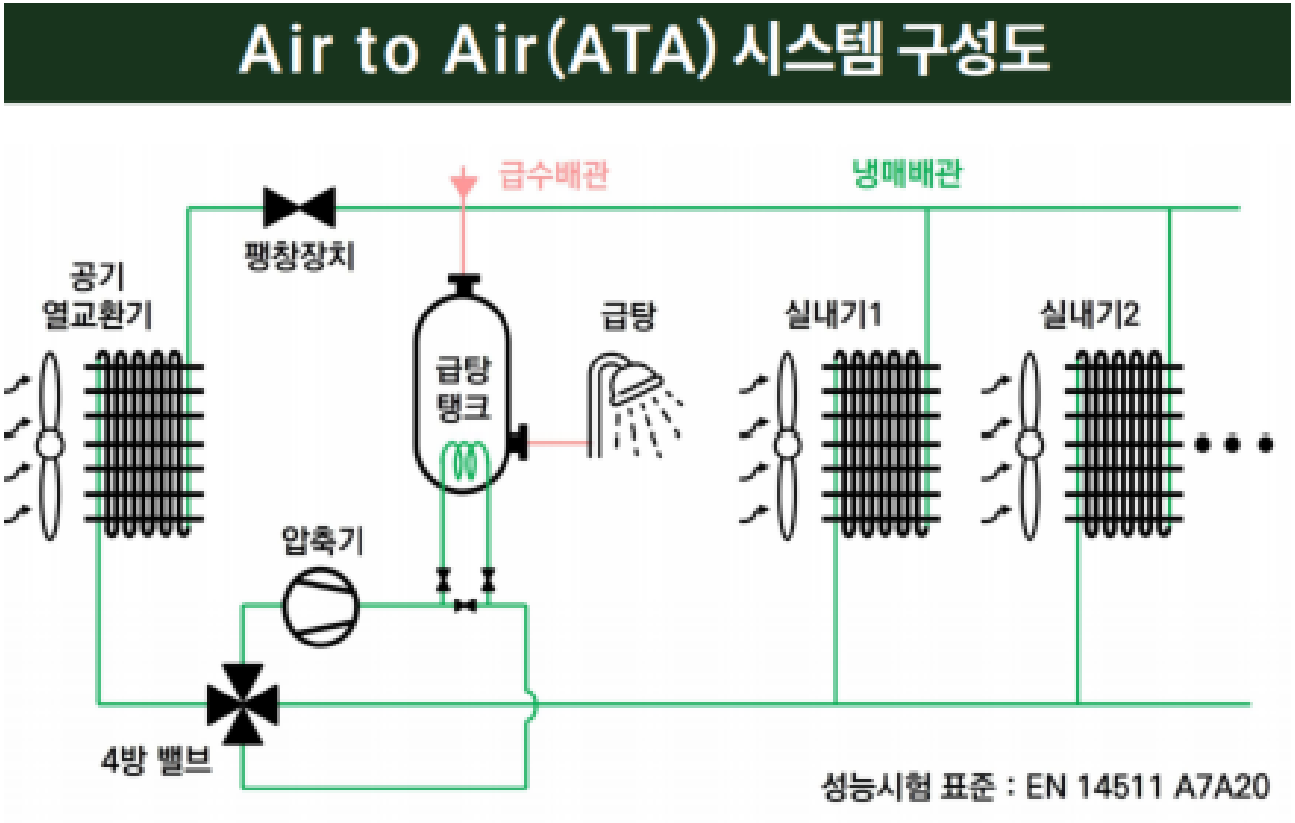
01 표준 현황 개요
4개 표준의 최신 개정 현황 및 위상

02 KC vs IEC 60335-2-40 Gap 분석
Edition 6.0 → 8.0 주요 변경사항 비교

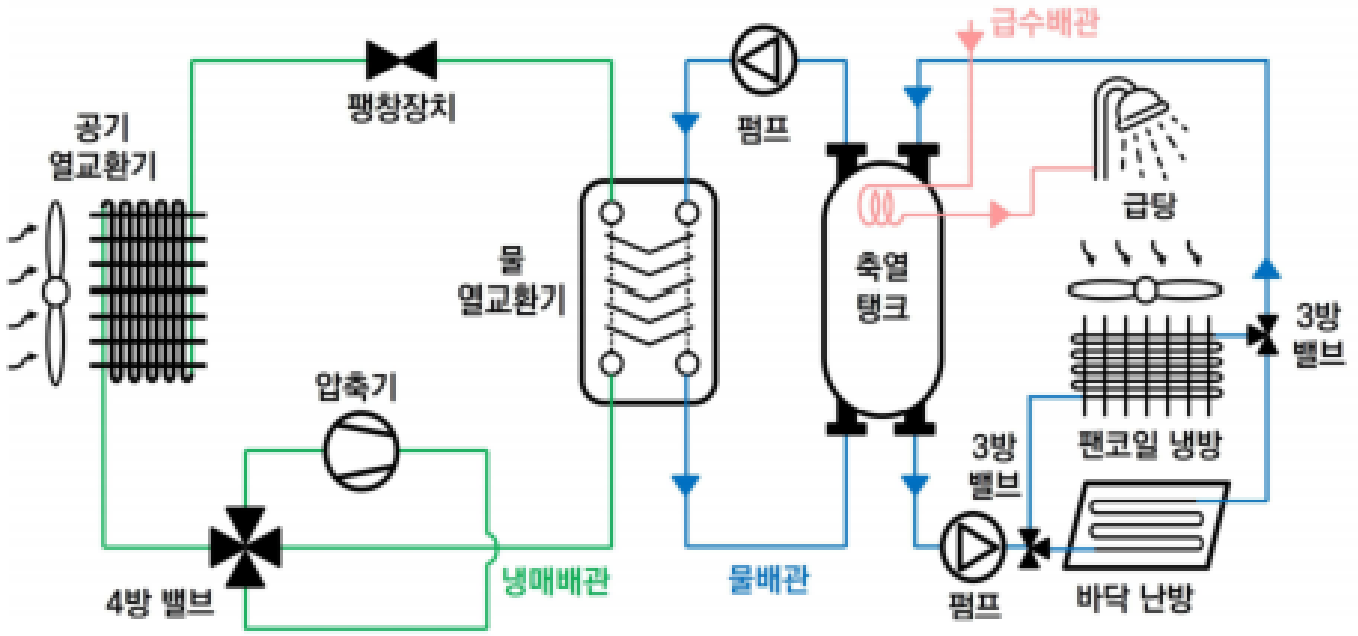
03 Annex LL 분리 경위 및 IEC TS 63542
냉매 검출 시스템 독립 규격화

04 KS B 6410 현황 및 개정 필요성
히트펌프 보일러 표준의 한계

05 표준화 추진 방향
단계별 전략 및 과제 연구 연계


Air to Air(ATA) 시스템 구성도
급수배관
냉매배관
팽창장치
공기
열교환기
급탕
탱크
급탕
실내기1
실내기2
압축기
4방 밸브
성능시험 표준 : EN 14511 A7A20

Air to Water(ATW) 시스템 구성도



성능시험 표준 : EN 14511 A7W55

R290 기반 고효율 히트펌프 시스템 설계(안)

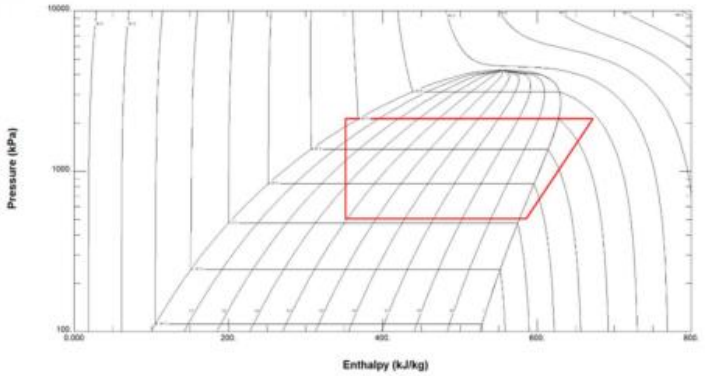
Air to Water(ATW) 시스템 설계

개발 목표 : EU Energy label 기준 A+++

- 외기온도 : 7°C, 물 출수온도 : 55°C
- 목표 SCOP : 3.75 이상

설계 목표치

증발-열원온도차 : 5°C, 응축-열원온도차 : 3°C
과냉도 : 12°C, 과열도 : 5°C, 등엔트로피 효율 : 0.85
팬 및 펌프 전력 : 0.15 kW
SCOP 예측값 : 3.76



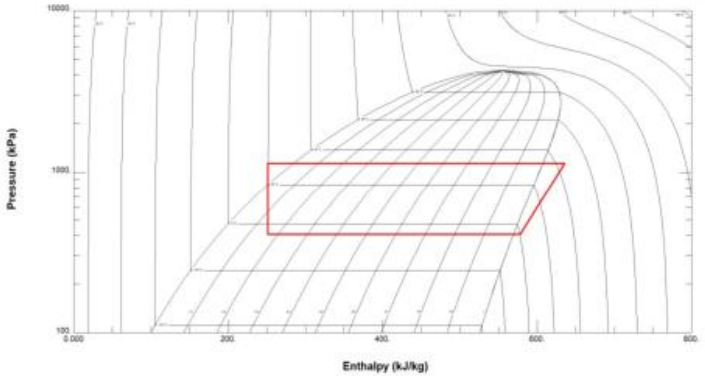
Air to Air(ATA) 시스템 설계

개발 목표 : EU Energy label 기준 A++

- 외기 온도 : 7°C, 내기 온도 : 20°C
- 목표 SCOP : 4.6 이상 5.1 이하

설계 목표치

증발-열원온도차 : 10°C, 응축-열원온도차 : 22°C
과냉도 : 12°C, 과열도 : 15°C, 등엔트로피 효율 : 0.85
팬 전력 : 0.131 kW
SCOP 예측값 : 4.765



가연성 냉매 충전량 규제 및 안전규제 대응 기술 개발

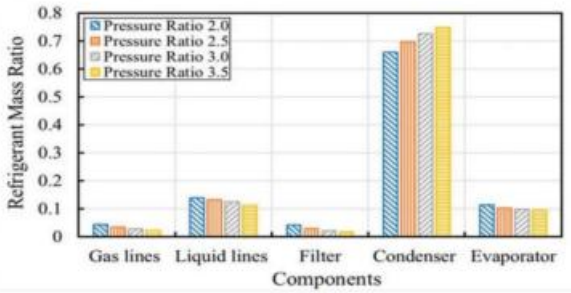
바닥면적 84m² 기준 R290 ATA 히트펌프 충전량



기존 시스템 설계 기준
충전량 1.57kg

38% 절감 필요

IEC 60335-2-40 기준
한계 충전량 0.961kg



대부분 냉매 응축기에 존재
배관 세경화 등 충전량 절감 기술 개발

친환경 냉매의 특징

냉매명	GWP	냉매 종류	특징	적용 분야
R-1234ze	6	A2L (저가연성)	산업용 히트펌프 및 냉각기 사용 (HFO)	대형 공조, 산업용
R-600a (아이소부탄)	3	A3 (고가연성)	저온 환경에 적합, 소형 시스템에 적합 (탄화수소 (HC))	냉장고, 소형 히트펌프
R-1234yf	4	A2L (저가연성)	R-134a 대체, 자동차 에어컨에 주로 사용 (HFO)	차량용 히트펌프
R-290 (프로판)	3	A3 (고가연성)	높은 효율, 저압 작동, 제한적 사용량 (탄화수소(HC))	가정용·상업용 히트펌프
R-744 (CO_2)	1	A1 (비가연성)	초고압 작동, 난방 효율 우수, 저온 환경에서 성능 저하(자연 냉매)	산업용 히트펌프, 급탕

안전조치 지침 개발 주요 내용기반 표준화

안전 조치 항목	주요 내용
가연성 냉매 충전량 제한	A2L 및 A3 냉매의 실내 충전량 제한
누출 감지 시스템	일정량 이상의 냉매 누출 감지 시 경보 또는 환기 필요
환기 및 배기 설계	가연성 냉매가 실내에 축적되지 않도록 환기 필요
점화원 방지 설계	전기 부품 및 스파크 발생 가능 부위의 밀폐 또는 차폐
압력 보호 장치	시스템이 과압 상태가 되지 않도록 고압 스위치 및 릴리프 밸브 설치
내압 및 누설 시험	모든 배관 및 용기 내압 시험 실시

R290 가연성 냉매 — 삼성 · LG 안전 대응 기술 비교

삼성 https://www.samsung.com/levant/business/system-air-conditioners/eco-heating-system/ae6000c-r290-refrigerant-ae080cxydek-eu/

LG https://www.lg.com/global/business/hvac/residential-solutions/air-to-water-heat-pumps/therma-v-r290-monobloc/

SAMSUNG EHS Mono R290

「5 Layers of Protection」 공식 안전 체계

누설 예방 (Leakage Prevention)
- 배관 압력 완화 설계 · 견고한 접합부로
- 가스 누출 원천 방지

누설 감지 (Leakage Detection)
- 냉매/물 압력 센서 상시 모니터링
- 이상 압력 변화 시 즉시 감지·경보

배기 (Exhaust)
- 강제 배기 시스템 가동
- 실외기 내부 농도를 LEL(폭발하한계) 이하 유지

점화 방지 (Ignition Prevention)
- 점화원 부품(단자·플러그) 밀봉 + 상부 배치
- R290 하강 특성(공기보다 무거움) 고려 설계

폭발 방지 (Explosion Prevention)
- 방폭/몰드 부품 적용
- 점화원 접촉 시에도 폭발 억제 구조



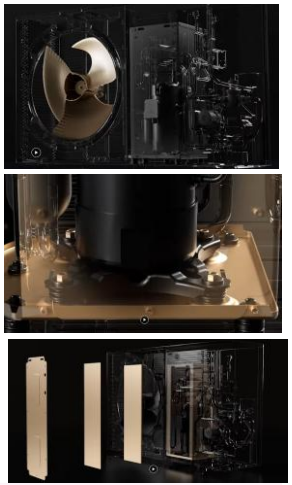
LG THERMA V R290 Monobloc

공식 인터뷰 · 기술 블로그 공개 안전 설계

냉매 누출 시 팬 즉시 작동
- 누출 감지 즉시 팬 가동 → 위험 가스 강제 배출
- 실외기 내 가연성 가스 농도 신속 저감

실내 유입 차단 안전 설계
- 냉매가 실내로 유입되지 않도록 하는
- 추가 격리(Isolation) 안전 설계 적용

전기 부품 / 컴프레서 밀봉
- 전원 연결부 완전 밀봉 처리
- 점화원 제거로 화재 위험 원천 저감



설치 단계 누설 검사

개봉 직후 외부 누설 검지기
(Leak Detector) 사용 확인
설치/시운전 단계 필수 절차

내장 센서 / 부품 구성

Pressure Sensor (압력 센서)
Deaerator (탈기 장치)
Flow Sensor (유량 센서)
※ 공식 리플렛 부품표 명시

R290 상용화 제품 — 업계 공통 안전 대응 공통사항

1 제품 설계 대응
Product Design

누설 저감 설계
- 견고한 배관 접합, 압력 완화 구조
- 냉매 충전량 최소화 설계

점화원 차단 · 밀봉
- 전기 부품 밀봉, 상부 배치
- 방폭/몰드 부품 적용

누설 시 강제 환기
- 가스 감지 → 팬 즉시 가동
- LEL 이하 농도 유지

실내 유입 차단
- 냉매 회로 격리(Isolation) 설계
- 모노블록 구조 활용

2 설치 · 시공 대응
Installation

설치 위치 기준
- 환기 가능 위치, 지면 설치
- 밀폐 공간 설치 금지

이격거리 확보
- 점화원/개구부로부터
- 규정 이격거리 준수

개구부 · 환기 확보
- 자연/강제 환기 요건 충족
- 가스 체류 방지 구조

누설 검사 필수
- 시운전 전 Leak Detector 사용
- 배관 기밀 시험 실시

3 규격 · 표준 대응
Standards & Codes

EN IEC 60335-2-40
- 가연성 냉매 사용 기기
- 안전 요구사항 (핵심 규격)

EN 378 시리즈
- 냉매 충전량 한도, 설치 기준
- 시스템 유형별 안전 요건

위험 저감 적용
- 설치 위치·냉매 충전량에 따라
- 요구되는 안전 조치 차등 적용

국가별 추가 규정
- EU F-Gas 규정, 각국 건축법
- 설치업체 자격 요건 등 준수

핵심 포인트 : R290은 가연성 냉매 → 제품 설계 + 설치 시공 + 국제 규격을 동시에 충족해야 안전성 확보 가능. 삼성 · LG 모두 이 3대 축을 기반으로 상용화 제품 출시

01 표준 현황 개요

KC 60335-2-40

현행

IEC Ed. 6.0 부합화

최신 개정: 2022.06.10

국가기술표준원 고시 제2022-105호

적용 범위:

에어컨, 히트펌프, 제습기 안전

※ Ed.7 (2022) / Ed.8 (2024) 미반영 — Gap 존재

IEC 60335-2-40

최신

Edition 8.0

발행: 2024.12

Annex LL → IEC TS 63542 분리

적용 범위:

가연성 냉매(A2L/A3) 포함 숏 요건

※ Annex FF/GG/MM/NN/PP/QQ 규정

KS B 6410

개정 필요

KS 국가표준

2023 확인 (개정 아님)

산업통상자원부 국가기술표준원

적용 범위:

성능 시험 위주

※ 가연성 냉매 안전 요건 부재 검지기: 선언적 규정만 존재

IEC TS 63542

신규

Edition 1.0 (Technical Spec.)

발행: 2024.08

IEC TC 61D / SC 61D

적용 범위:

냉매 검출 시스템 시험 요건

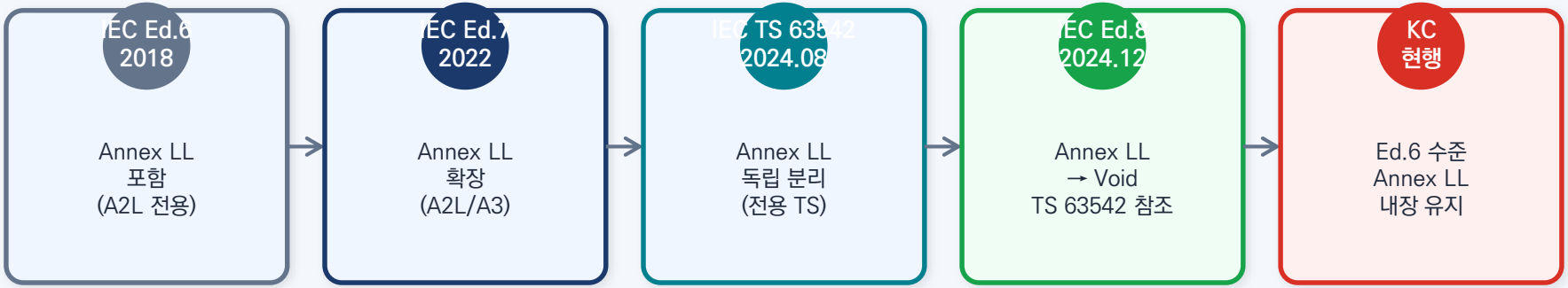
※ IEC 60335-2-40 Annex LL 에서 독립 분리

02 KC vs IEC 60335-2-40 Gap 분석

KC 60335-2-40(2022.06) = IEC Ed.6 기준 | IEC 최신판 Ed.8(2024.12)과의 주요 차이

구 분	KC 60335-2-40 (Ed.6 / 2022.06)	IEC 60335-2-40 Ed.8 (2024.12)	Gap / 영향
Annex LL 냉매 검출 시스템	규정 (Annex LL 포함) A2L 냉매 전용 ±20% 교정 정확도	Annex LL 삭제 → Void IEC TS 63542 참조로 대체 ±2.5% LFL 교정 정확도	★ KC는 구 규정 유지 정확도 기준 대폭 강화 A3(R290) 적용 불가
Annex PP 누설 감지 확인시험	미포함 (Ed.6 없음)	신설 (normative) 누설 감지 시스템 작동 확인 시험 절차	★ KC 미반영 R290 시스템 국내 인증 시험 기준 공백
Annex GG 충전량 한계·환기	포함 (기본 규정) M1/M2/M3 분류	대폭 보완 이중벽 열교환기 요건 원격 냉매 회로 세분화	세부 기술요건 격차 국내 ATW 히트펌프 인증기준 미흡
Annex FF 누설 시뮬레이션	포함 (기본 규정)	포함 유지 이중벽 열교환기 신규 요건 추가	ATW 이중벽 관련 추가 시험 절차 필요
가연성 냉매 범위	A1, A2L, A2, A3 (일반 규정)	A1, A2L, A2, A3 (molar mass ≥42 kg/kmol) 이중벽 열교환기 별도 조항	R290(molar mass 44) 적용 범위 명확화 국내 기준 갱신 필요
부속서 BB 냉매 정보	포함	포함 유지	정합성 유지 필요

03 Annex LL 분리 경위 및 IEC TS 63542:2024



IEC TS 63542:2024 주요 시험 요건 (Annex LL 대비 강화 내용)

응답 시간
LFL 25%에서 30초 이내 출력
(Annex LL: 30초 동일)

교정 정확도
±2.5% LFL (단기)
Annex LL: ±20% → 대폭 강화

선택성·포이즈닝 시험
11종 간섭 가스 노출 후
±5% LFL 유지 확인

장기 안정성 (90일)
90일 연속 작동 후
±5% LFL 이내 유지

냉매+오일 분무 시험
5회 반복 분무 후
성능 유지 또는 교체 알림

자체 진단 루틴
최소 1시간마다 자가 점검
고장 시 사용자 통보 의무

⚠ KC 현행 Annex LL은 Ed.6 수준으로 IEC TS 63542 요건(정확도 강화·포이즈닝 시험 등) 미반영 — KC 개정 시 TS 63542 부합화 또는 인용 필요

04 KS B 6410 현황 및 개정 필요성

KS B 6410 현황

표준 명칭: 가정용 공기열원 열펌프 보일러

최신 상태: 2023 확인 (개정 없음, 내용 동일)

주요 내용: 성능시험 방법 중심

냉매 적용: 기존 냉매(R32, R410A 등) 기준

핵심 문제점 — 냉매 누설 검지 규정

현행 KS B 6410 규정:
"전자관식 할로겐 검출기 또는 이와 동등 이상의 검출감도를 가진 검지기로 실시하라"

→ 선언적 규정만 존재, 구체적 시험방법·합부 판정기준 없음

→ R290(A3, 고가연성) 냉매에 대한 LFL 기반 안전 기준 전무

→ IEC TS 63542 수준의 검출 시스템 성능 요건 미적용

KS B 6410 vs IEC 60335-2-40 (Ed.8) 냉매 안전 요건 비교

요건 항목	KS B 6410 (현행)	IEC 60335-2-40 Ed.8 + TS 63542
냉매 누설 검지 기준	전자관식 할로겐 검출기 (선언적)	LFL 기반 경보 설정점, ±2.5% 정확도 (IEC TS 63542)
응답 시간	미정의	LFL 25% 농도에서 30초 이내
교정·안정성 시험	없음	단기(±2.5%) + 장기 90일 안정성 시험
간섭 물질 내성 시험	없음	11종 간섭 가스 포이즈닝 시험
자체 진단 기능	없음	최소 1시간마다 자가점검 의무
R290(A3) 적용 기준	없음	Annex GG M1/M2/M3 충전한계 산정

05 표준화 추진 방향

1단계 2026~2027

현황 분석 및 기반 마련

- IEC 60335-2-40 Ed.8 주요 변경사항 분석 완료
- IEC TS 63542 국내 적용 타당성 검토
- KS B 6410 개정 필요성 공식화 및 추진 계획 수립
- KC 60335-2-40 Ed.7 부합화 일정 국가기술표준원 협의

2단계 2027~2028

표준 개정 및 시험평가 체계 구축

- KC 60335-2-40 → IEC Ed.8 부합화 고시 개정 추진
- KS B 6410 개정안 작성 (IEC TS 63542 가연성 냉매 검지 요건 반영)
- R290 대상 냉매 검출 시스템 시험 인프라 구축 (KTC 칼로리미터 활용)
- 단체표준(안) 개발 — 자연냉매 적용 설비 냉매 누설 감지·안전제어

3단계 2028~2030

인증제도 연계 및 국제표준 대응

- 단체표준 → KS 국가표준 격상 추진
- KC 인증 시험 체계에 IEC TS 63542 기반 검지시험 반영
- IEC TC 61D 활동을 통한 국내 의견 국제표준 반영
- 저GWP 냉매 히트펌프 KC/KS 인증 연계 One-stop 체계 완성

▶ 본 연구개발과제 (RS-2026-255014808) 표준화 성과물과 직접 연계 — 단체표준(안) 개발, KC/KS 개정안 제출, IEC TC 61D 기고 포함

종합 시사점 및 회의 논의 사항

Gap ① **KC 60335-2-40 즉시 갱신 필요**

현행 KC는 IEC Ed.6(2018) 기반. Ed.7(2022) 및 Ed.8(2024) 대비 Annex PP 누락, Annex LL 구기준 등 다수 격차 존재. R290 히트펌프 국내 인증 공백 초래.

Gap ② **IEC TS 63542 국내 수용 방안 결정**

KC Annex LL → IEC TS 63542 참조 방식으로 개정할지, 국내 단독 채택할지 방향 결정 필요. 교정 정확도(±20%→±2.5% LFL) 적용 시점 산업계 협의 필수.

Gap ③ **KS B 6410 개정안 착수 시급**

냉매 누설 검지 규정이 '전자관식 할로겐 검출기'로만 선언. LFL 기반 기준·응답시간·장기안정성 등 IEC TS 63542 수준 도입을 위한 개정 착수 시점 결정 요.

연계 **연구과제 표준화 성과와 로드맵 정합**

RS-2026 과제의 단체표준(안) 개발 → KS 격상 → KC/KS 개정 Feed-back 경로 명확화. IEC TC 61D 간사기관(KTC) 활용 국제표준 기여 방안 포함.

회의 결정 사항

1. KC 개정 추진 일정 확정
2. IEC TS 63542 수용 방향 결정
3. KS B 6410 개정 착수 시점
4. 과제 표준화 목표 재확인

06 고압가스안전관리법 규제 연계 분석 (1)

R290(A3, 가연성가스) vs 비가연성 냉매 — 냉동능력 기준 규제 이원화 구조

고압가스 해당 여부 판단 (시행령 제2조)

액화가스 기준: 상용온도에서 압력 0.2MPa 이상

→ R290 상온포화압력 ≈ 0.95MPa ✔ 고압가스 해당

↓

가연성가스 여부 (시행규칙 제2조)
R290(프로판): 시행규칙에 명시 열거 → **가연성가스 ★**

↓

냉동제조 허가·신고 기준 (시행령 제3조)

구분	가연성·독성 냉매	비가연성 냉매(건난용)
허 가	20톤 이상 ★	100톤 이상
신 고	3~20톤 ★	20~100톤
적용제외	3톤 미만	3톤 미만

주요 냉매별 고압가스법 규제 수준 비교

냉매	분류	허가기준 (건난용)	신고기준 (건난용)	비 고
R410A	비가연성 A1	100톤~	20~100톤	기존 주력
R32	非가연성 A2L(고법)	100톤~	20~100톤	GWP 675
R290 (프로판)	가연성 A3 ★	20톤~ ★5배 차이	3~20톤 ★5배 차이	GWP 3
NH_3 (암모니아)	독성+가연 B2L	20톤~	3~20톤	산업용
CO_2 (R744)	비가연성 A1	100톤~	20~100톤	GWP 1

※ R32(A2L)는 ISO 817상 A2L이나 고압가스법 가연성가스 정의(폭발한계 하한 10% 이하 또는 상하한 차 20% 이상)에 해당하지 않아 고압가스법상 비가연성으로 처리 — KC 60335-2-40에서의 A2L 취급과 이원화

06 고압가스안전관리법 규제 연계 분석 (2)

KC 60335-2-40 / IEC Annex GG와 고압가스안전관리법 간 단위·체계 불일치 및 표준화 연계 방안

Gap ① 규제 단위 불일치

- IEC Annex GG: 충전량 기준 (kg)
  → $m_1 \cdot m_2 \cdot m_3$ 한계값으로 안전조치 의무
- 고압가스안전관리법: 냉동능력 기준 (톤/일)
  → 압축기 피스톤 압출량·C값으로 산정
- 두 체계 간 직접 환산 불가 → 이중 규정 준수 부담

Gap ② 소용량 R290 규제 공백

- 가정용 R290 에어컨: 충전량 ~300g, 냉동능력 3톤 미만
- 냉동능력 3톤 미만 → 고압가스법 적용 제외
- IEC 60335-2-40 Annex GG상 안전조치 의무는 존재하지만
  고압가스법 시설기준·검사 의무는 없는 회색지대

Gap ③ 냉동능력 산정 C값 미비

- 별표 3 C값 표: '프로판'(R290) 포함 → 산정 가능
- 단, R290은 A3 고가연성으로 소형~중형 설비도 가연성 규정 적용
- 대형 ATW 히트펌프(20톤 이상) → 허가 + 완성검사 + 정기검사 + 안전관리자 선임 의무 발생

고압가스안전관리법 연계 표준화 추진 방향

단기 (즉시)	KC 60335-2-40 — 고압가스법 상호 참조 명확화 — KC 인증 시 고압가스법 냉동제조 해당 여부를 병행 검토하도록 KC 기준 해설서·가이드라인 반영. 특히 R290 적용 설비는 KC 인증 외 고압가스법 허가·신고 의무를 고지하는 제도적 장치 마련.
중기 (2027~)	IEC Annex GG 충전량 기준 ↔ 고압가스법 냉동능력 기준 연계 고시 — Annex GG의 $m_1 \cdot m_2 \cdot m_3$ 충전량 한계값을 고압가스법상 냉동능력(톤)으로 환산하는 기준식 또는 대조표를 산업부 고시(KGS 코드)로 제정. KC 60335-2-40 개정 시 해당 고시 인용 체계 구축.
장기 (2028~)	고압가스법 시행령 — R290 소용량 설비 규제 합리화 — 3톤 미만 R290 설비에 대해 고압가스법 적용 제외이지만 가연성 위험은 존재 → 냉동능력 기준이 아닌 '충전량 기준(kg)' 특례 조항 신설 또는 제품안전법(KC) 체계와의 역할 분담 명확화를 산업부에 건의.

▶ 고압가스안전관리법(산통부) ↔ KC 안전기준(산통부) ↔ 냉매관리법(환경부) 3개 부처 규제 교차 — 표준화 추진 시 부처 간 협의 채널 확보가 선결과제

종합 시사점 및 회의 논의 사항

Gap ① **KC 60335-2-40 즉시 갱신 필요**

현행 KC는 IEC Ed.6(2018) 기반. Ed.7(2022) 및 Ed.8(2024) 대비 Annex PP 누락, Annex LL 구기준 등 다수 격차 존재. R290 히트펌프 국내 인증 공백 초래.

Gap ② **IEC TS 63542 국내 수용 방안 결정**

KC Annex LL → IEC TS 63542 참조 방식으로 개정할지, 국내 단독 채택할지 방향 결정 필요. 교정 정확도(±20%→±2.5% LFL) 적용 시점 산업계 협의 필수.

Gap ③ **KS B 6410 개정안 착수 시급**

냉매 누설 검지 규정이 '전자관식 할로겐 검출기'로만 선언. LFL 기반 기준·응답시간·장기안정성 등 IEC TS 63542 수준 도입을 위한 개정 착수 시점 결정 요.

Gap ④ **고압가스법 ↔ KC 이원규제 정합화**

R290 설비: KC 60335-2-40(Annex GG, 충전량 kg 기준) + 고압가스법(냉동능력 톤 기준) 이중 적용. 단위 체계 불일치 및 3톤 미만 소용량 규제 공백 해소를 위한 부처 간 협의 필요.

회의 결정 사항

1. KC 개정 추진 일정 확정
2. IEC TS 63542 수용 방향
3. KS B 6410 개정 착수
4. 고압가스법 협의 채널 구성
5. 과제 표준화 목표 재확인