

# 고용량 친환경적 HVAC 시스템 연구개발 Research & Development of High Capacity ECO-HVAC System

박성혁\*                      오세찬\*                      이장무\*  
Park, Sung-hyuk          Oh, Seh-chan              Lee, Chang-mu

## ABSTRACT

Nowadays, with urban railway vehicles, refrigeration has been used for a long time as an air conditioner including a heating apparatus and a ventilator. Regarding saveenergy, there are lots of researches continually on the refrigeration field to reduce the parts' weight, improve the parts' efficiency and make good looking design of air conditioners. Moreover, we are able to see the recent achievement of the researches.

As a result, through this research we will improve the quality of inner air with the urban railway system and make a domestic HVAC system by technical development of high capacity air conditioner and the principal parts.

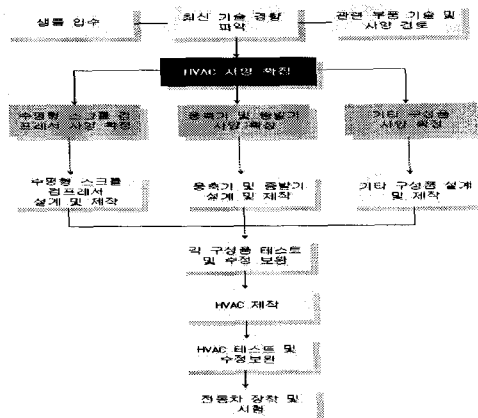
## 1. 서 론

본 연구는 미래지향적인 연구로서 미래에는 인간의 삶의 질이 향상함에 따라 대중교통수단에서도 보다 나은 서비스와 쾌적한 환경이 요구되어질 것이다. 또한 환경에 대한 규제가 점차 강화되어 현재의 HVAC 시스템만으로는 변화하는 국제사회의 요구조건을 만족시키기 어려울 것이다.

현재 도시철도 차량에 장착되어 있는 냉방장치는 이미 선진국에서는 단순히 냉방장치만이 아닌 난방, 환기 등을 포함한 공기조화장치로 취급되어 온지는 꽤 오래되었다. 거기다가 에너지 절감차원에서 고용량을 내면서도 경량화를 추진하고 나아가 외관의 미려도 향상을 위해 공기조화장치 부품들에 대해 소형화 경량화 고효율화에 대한 연구가 계속 진행되고 있고 속속 그 결과물들이 나오고 있다. 이에 본 연구를 통해 전동차시스템의 고용량 공기조화시스템과 주요 부품 등을 기술개발 하므로써 HVAC 시스템의 국산화는 물론 도시철도시스템의 실내공기질 개선에도 도움을 주고자 한다.

## 2. 기술개발 목적

현재 국내 전동차의 에어컨은 RECIPROCATING(왕복동) 컴프레서를 사용, 에어컨 사이즈가 매우 크고, 무거우며, 소음 및 진동 또한 심하고, 효율면에서도 뒤떨어진다. 이러한 문제점으로 인해 수출전동차의 경우 일본 도시바사의 제품을 수입하여 장착하고 있는 실정이다. 이에 우리는 이번 연구를 통해 자체 수평형 스크롤 컴프레서, 응축기, 증발기, FAN, 프레임 등을 개발하여 국내 HVAC의 품질 향상 및 국산화를 반드시 이루어, 국제경쟁력을 확보해나갈 방침이다.



### 3. 국내의 기술동향

현재 국내 전동차는 RECIPROCATING 컴프레서를 사용, 진동 및 소음이 심하며, 사이즈와 중량도 커 비효율적인 시스템이다. 현재 해외에서 주로 적용되고 있는 HVAC의 경우 수평형 스크롤 컴프레서를 이용한 일본 도시바사의 HVAC를 주로 사용하고 있는 실정이다. 따라서 차세대 HVAC 개발에서는 수평형 스크롤 컴프레서를 적용한 고효율의 전동차 HVAC를 개발하여 국내는 물론 해외에서도 경쟁력을 가질 수 있도록 노력할 예정이다.

### 4. 대중교통수단의 실내공기질 관리 가이드라인

대중교통수단은 밀폐된 좁은 공간에 다수 이용객이 이용하는 것으로 환기가 적절히 이뤄지지 않을 경우 실내의 공기질이 악화되어 건강에 피해가 발생할 수 있어 정부 차원에서 미세먼지와 이산화탄소에 대해 적정 관리기준을 마련하여 관리하고 있다.

오염물질	구분	LEVEL 1 (정상시)	LEVEL 2 (혼잡시)
이산화탄소	도시철도	2,500ppm 이하	3,500ppm 이하
	열차,버스	2,000ppm 이하	3,000ppm 이하
미세먼지	도시철도	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	열차,버스	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

#### 4.1 차량 설계제작 및 운행시 고려사항 (신규차량에 적용, 기존차량의 개선시 권장)

설계·제작시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시철도 12m<sup>3</sup>/h/인 이상, 열차.버스 20m<sup>3</sup>/h/인 이상</li> <li>- 승객이 느끼는 쾌적감은 공기질 뿐만 아니라 온도 등에도 좌우되며, 시간당 외부 공기 유입량은 냉방장치를 통해 유입될 수 있는 공기량으로만 평가토록 함.</li> <li>- 집진 필터 등 미세먼지 저감 장치 장착</li> <li>- 차량내 이산화탄소 오염도와 연동한 환기장치 시스템 설치권장</li> <li>- 휘발성 유기화합물 등의 함량 또는 방출량이 최소화된 내부 마감재 사용</li> </ul>
운행시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기조화설비의 적정가동여부의 확인 및 유지보수 실시</li> <li>- 정기적 청소, 필터교체 등 먼지, 쓰레기, 물기, 얼룩 등의 제거 및 박테리아 곰팡이 등의 번식을 방지하기 위한 조치 실시</li> <li>- 대중교통서비스 공급자는 지표오염물질 오염도 측정을 실시하고, 권고기준 초과 시에는 시설개선 등 적절한 조치를 취하도록 함.</li> </ul>

#### 4.2 각 장치별 요구조건

장치명	요구조건
컴프레샤	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 냉방 효능 향상, 진동 및 소음 감소, 내구성 향상</li> <li>- HVAC 사이즈 축소 및 경량화를 위해 국내최초 수평형 스크롤컴프레샤 적용</li> </ul>
응축기, 증발기 팬 및 모터	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 시스템 대비 AIR FLOW 향상</li> <li>- 유지/보수 비용 절감, 내구성 향상, 정비용이</li> </ul>
응축기, 증발기	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 시스템 대비 냉방능력 향상</li> <li>- 내구성 향상, 시스템 경량화</li> </ul>
외형 및 케이스	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기 저항 감소, 사이즈 축소, 디자인 향상, 내구성 향상</li> </ul>

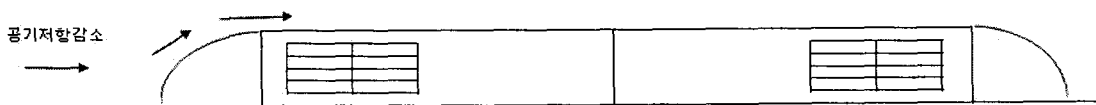
장치명	요구조건
냉 매	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 저온에서 증발압력이 대기압보다 높고, 상온에서는 응축압력이 낮을 것.</li> <li>- 동일한 냉동능력을 내는 경우에 소요동력 및 냉매가스의 비체적이 적을 것.</li> <li>- 증발잠열이 크고 액체의 비열이 작으며, 임계온도가 높고 응고온도가 낮을 것.</li> <li>- 화학적으로 안정하고, 냉매 증기가 압축열에 의해 분해되지 않을 것.</li> <li>- 액상 및 기상의 점도는 낮고, 열전도도는 높을 것.</li> <li>- 전기저항이 크고, 절연파괴를 일으키지 않을 것.</li> <li>- 인화성 및 폭발성이 없고, 인체에 무해하며, 자극성이 없을 것.</li> <li>- 가격이 싸고, 구입이 쉬울 것.</li> <li>- 쉽게 누설되지 않으며, 누설시에는 발견하기 쉬울 것.</li> <li>- 오존층붕괴 및 지구온난화효과에 영향을 주지 않을 것.</li> </ul>
기 타	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 차세대 전동차 HVAC는 지붕에 량당 2SET 설치</li> <li>- 천장에 분리하여 반매립하는 방식으로 저소음 실현</li> <li>- 각 객실에 HVAC 제어반을 설치하여 각 객실에서 수동조작 및 종합 제어장치와 연계되어 운전실 화면장치의 조작에 의해 제어</li> <li>- HVAC는 “환기”, “반냉방”, “전냉방”, “반난방”, “전난방”의 5가지 모드로 제어되며, 운전실에 설치된 절환 스위치에 의해 일괄 제어</li> <li>- 공기질 향상을 위하여 국제 수준의 CO2농도 기준 만족, 친환경냉매 사용</li> <li>- 냉방용량 : 45,000kcal/hr/unit 이상, 주전원은 AC 380V, 3상, 60HZ</li> <li>- LINE FLOW를 위한 송풍기 전원 AC 380V, 3상, 60HZ</li> </ul>

### 5. 적용 장점 및 개선사항

- 타원식 송풍기와 비교하여 동일용량에 대한 크기가 적어 설치 면적을 줄일 수 있는 장점으로 UNIT의 경량화 및 소형화를 가져오며, 또한 설치가 간편함.
- 동일 풍압에 대해 속도가 낮아 저소음이며, 풍량을 증대하기 위해 양흡입형 사용
- 내구성, 내식성 향상을 위해 Stainless Steel 재질을 사용
- 설치한 상태로 모터와 날개의 분리가 가능하여 점검 및 보수 용이
- 균형성을 위해 좌우 대칭형 구조

#### 5.1 지붕 케이스 설계

지붕 구조는 Stainless Steel 재질로 성형 제작하며 개구부 및 절단부는 응력 집중을 충분히 고려한 구조로 제작되어야 하고, 차량 운행시 공기 저항을 최소화 해야 한다. 또한 외관의 미려도를 위해 상·하, 좌·우 라운딩 구조로 제작하여 공기 저항을 최소화 시킨다.



#### 5.2 통신 및 운행방법

TCMS DP에 의한 통신운전 제어모드와 배전반 등에서 제어가 가능한 모드로 구성되며, 모드는 1/3난방, 2/3난방, 전 난방, 1/2냉방, 전 냉방, 자동설정운전, 환기, 정지, 송풍, TEST 모드로 구분되어 진다. 그리고 설정온도는 TCMS에서 설정되어 배전반 제어기로 전송하게 된다.

가) 제어 방법

- 순차기동제어 : 냉난방 제어기의 냉방기 기동 시 과부하를 방지하기 위하여 차종별 정해진 구동 지연시간을 설정하여 정해진 지연 시간만큼 차량별 순차 기동 한다. 차량별 순차 기동에 대한 구분은 TCMS로부터 전송 받으며, 전송받은 DATE(차량번호)는 냉방 제어기에 의하여 저장되어 차량별 순차기동을 한다.
- 연장급전제어 : 제어기는 연장급전에 따른 부하반감 요청을 받게 되면 전 냉방 모드는 반 냉방 모드로 전 난방 모드는 2/3난방모드로 동작한다. 단, 동작시엔 TCMS로부터 통신이 이루어 져야만 동작한다.

5.3 HAVC 취부방법 검토 (분산형과 집중형)

에어콘의 취부방법은 설치위치에 따라서 크게 차량 엔드쪽 양쪽에 설치하는 분산형과 루프 한가운데 취부하는 집중형으로 분류할 수 있다. 각각의 취부방법은 장단점을 가지고 있어 차량의 개발방향에 맞춰 차세대전동차에는 분산형으로 설치할 예정이다.

	장 점	단 점
분산형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소형의 용량가능, 구체강도상 유리</li> <li>- 소음 분산기능, 냉방 덕트 불필요.</li> <li>- 점검 커버 소형이거나 이음부가 적음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 옥상 점유 면적이 크고, 정비 횟수가 많다.</li> <li>- 차량 외형에 영향을 준다.</li> <li>- 실내 내부 설계 조정폭이 없다.</li> </ul>
집중형	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 용량이 크며, 정비 횟수가 적다.</li> <li>- 실내 내부 조정폭이 크다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지붕 장착 시 차체 강도 고려.</li> <li>- 소음에 크고, 중량물로 취급이 어려움</li> <li>- 점검 커버가 커지거나 이음부가 많아진다.</li> </ul>

6. 결 론

차세대전동차에 적용되는 고용량 친환경의 공기조화시스템의 국내외 적용사례의 검토와 운영기관의 운영사례를 상세히 검토한 결과 다음과 같은 개발목표사항을 도출하게 되었다. 아래에 제시된 사항을 만족시키기 위해 상세설계, 제작 및 시험 등의 단계별로 구체화시켜나갈 예정이다.

- 고용량 고효율의 HVAC 개발(냉방능력 45,000 Kcal/h 이상),
- 수평형 스크롤 콤푸레샤 적용을 통한 소음/진동 저감, 외형슬림화, 경량화 구현
- 마이콤방식에 의한 종합제어, 친환경냉매(R407C)사용, 국제수준의 co2 농도기준 만족
- 각 장치별 목표사항

장치명	목표사항
팬 및 팬모터	AIR FLOW 향상, 유지보수성/내구성 향상, 소음감소 등
압축기, 후레임, 케이스, 제어기기	외관개선, 공기저항 감소, 온도감지식 팽창밸 적용, 수동/자동 일괄제어 등

참 고 문 헌

1. 월간 냉동공조기술 1994년 7월호에 “스크롤 냉매 압축기“ 삼성전자(주)생활시스템연구소 소 순갑 선임연구원
2. ‘공기조화와 냉동’ 2002 Faye C.McQuiston, Jerald D,Parker Jeffery D.Spitler 번역 민만기의
3. ALCO사 온도감지식 팽창밸브 기술자료, DUPON사 기술자료
5. ‘초급,상급 표준교재냉동공조기술’ 2004 한국냉동공조기술협회
6. ‘소음,진동을 고려한 송풍기 설계기술’ 김민호