

경부 고속철도차량 냉방시스템의 구조적 이해



송 문 석



김 장 희

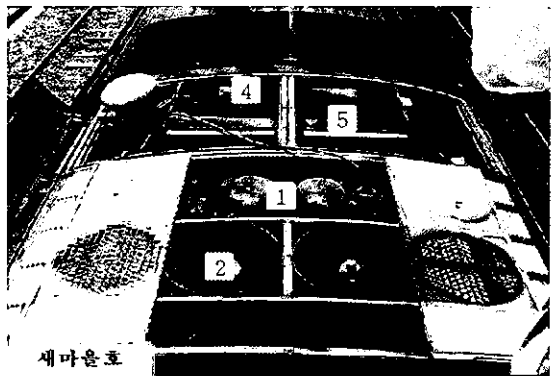
서 언

19C초엽 증기기관차가 발명된 이래 20C 초반에 이르기까지 주요 육상 교통수단으로써의 역할을 해오던 철도교통이 20C 들어 자동차와 항공산업의 발달과 이에 따른 도로, 항공건설투자의 증가로 인해 경쟁 체제를 구성하기에 이르렀으며 2차에 걸친 에너지 파동, 자동차로 인한 육상교통의 구조적 한계와 공항 건설의 입지조건 및 환경문제 악화로 인해 세계 도처에서 교통문제가 심각한 장애 요인으로 대두되었다.

이러한 문제 해결을 위하여 수송원가, 효율성, 안정성, 신속성, 대량수송성 등의 장점을 가진 철도 교통이 재평가되기에 이르렀고, 실제 철도교통이 꾸준히 발달되어온 일본, 프랑스, 독일 등의 국가에서는 상당수준의 기술축적과 효율적 관리를 통해 원활한 수송목적 달성은 물론, 세계철도시장의 주도적인 사업자로써 시장개척여건에 따라서는 잠재성 있는 유망업종으로 성장하고 있는 추세이다.

철도차량에 최초로 전기식 냉난방장치를 부착한 것은 1968년 KFX(Korean Foreign Exchange) 자금으로 구입한 관광호(현 새마을) 객차이다. 이후 1975년도에는 국내 자금으로 전기 냉난방

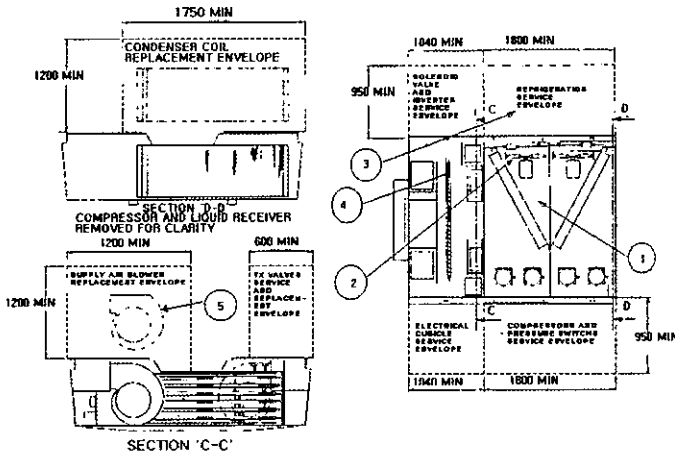
객차가 생산되었고 1977년에는 당시 특급과 새마을호객차의 장점을 보완하여 우리 고유의 모델인 우등객차(현재 무궁화호 객차)가 국내에서 개발 제작되어 운행을 하게 되었다.



새마을호
1. 압축기 2. 응축기모터 4. 증발기모터 5. 증발기냉각판)

<그림 1> 새마을호 객차 냉방기

이때의 냉방장치는 객차천장에 설치하는 집중그릴 방식을 채택하였으며, 이로 인하여 응축수가 객실로 누수 될 수 있고 노후된 차량에서는 부식으로 인한 씰링의 불량으로 빗물이 객실로 유입될 수 있는 소지도 있었다. 또한 객실 상부



1. 압축기 2. 응축기 3. 응축기모터 4. 증발기 5. 증발기모터

〈그림 2〉 2000년 제작 무공화호 객차용 냉방기 구조 도면

에 냉방기가 설치된 관계로 인하여 소음이 바로 전달되는 경향도 있으며, 하중이 지붕에 실리는 관계로 측벽에 강도를 보강해야하는 결과로 차체의 경량화에 문제가 되기도 했다

신개념 철도차량 냉방시스템

철도차량에서는 기존의 문제점을 해결하기 위하여 차량의 하부에 설치할 수 있는 냉난방장치의 필요성을 절실히 느끼게 되었으며 2000년도부터 신조 제작되는 무공화호 철도차량에는 이러한 문제점을 해결할 수 있도록 〈그림 2〉와 같은 형식의 냉난방장치를 개발 하였다.

고속 철도차량의 냉방시스템은 일반 냉방기와 같은 구조이나 차량이 운행 시 진동과 충격이 다르므로 이러한 면을 고려하여 특별히 설계되어 있다. 고속철도차량의 공기시스템은 기존차량의 냉방기와 유사하며 다음과 같다.〈그림 3, 4 참조〉

공기분배 시스템

공기조화장치의 또 다른 요소는 차가운 공기

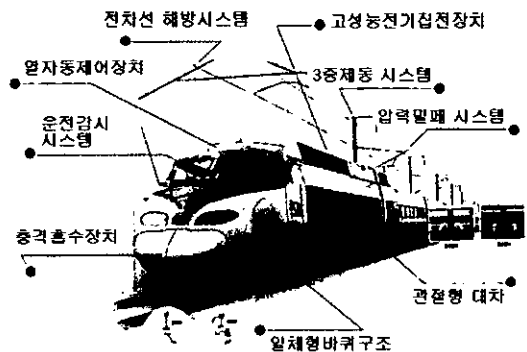
를 분배하는 것인데 공기의 질에 따라 크게 좌우된다.

객실의 온도를 균일하게 하려면 내부의 공기 분배도 또한 균일해야 한다. 신선공기와 재 순환 공기는 공기 조화 장치의 입구 측에 설치된 혼합상자에서 혼합된다. 이러한 방법으로 외부공기와 객실에서 사용된 공기가 혼합되어 증발기 측으로 불어 내어진다. 이 혼합 공기는 증발기 용량과 노점(증발기 코일의 이상적인 평균온도)에 따라 결정된다

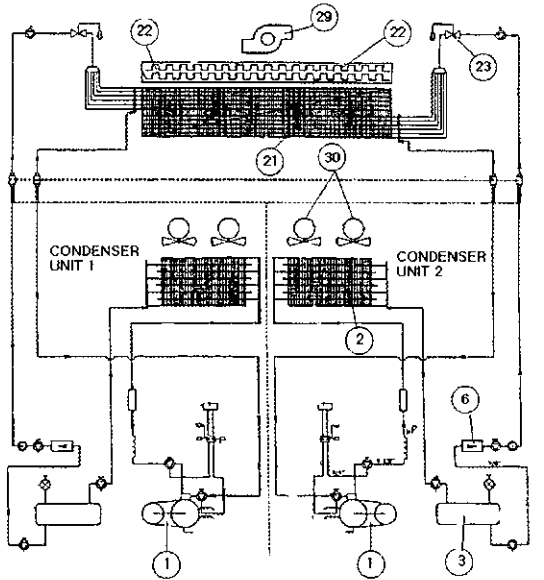
증발기 코일에 도달하기 전에 외기와 재 순환 공기의 공기 필터를 거친다. 건강에 해로운 불순물, 먼지, 꽃가루 등을 포함한 공기는

인체에 해롭고 불편함을 초래하기 때문에 이 필터링은 절대적으로 필요하고 공기조화 장치의 질은 필터의 질과 순도에 따라 크게 좌우된다.

일단 공기 조화 장치에 의해 처리된 공기는 객차 덕트 시스템을 통하여 바로 객실로 보내진다. 덕트에 의해 분배 시스템은 보온 덕트를 포함하고 차체 하부에 위치하며 공기조화 장치의 공기 출력측에 연결되고 객실 내부의 양 벽측에 설치된 덕트를 통해 공기를 보낸다.



〈그림 3〉 고속철도 차량의 각 기기 배치도



1. 압축기, 2. 응축기, 3. 냉매통, 6. 제습필터, 21. 증발기, 22. 객실냉방용히터, 23. 팽창변, 29. 증발기 팬 모터, 30. 응축기 팬 모터

<그림 4> 고속철도 차량의 냉방기 구조 도면

이러한 내부 덕트는 창문 아래쪽의 배출 공기 유니트와 연결된다

배기 시스템

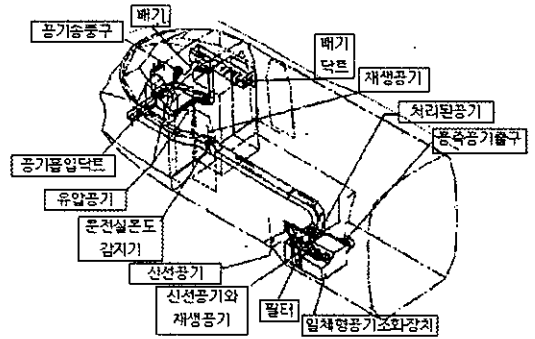
각 객차에는 배기 상자와 원심 팬 모터가 설치되어 있다.

덕트에는 또한 공압식 댐퍼와 평행하게 연결되는데 이 댐퍼는 열차가 터널을 지날 때 과대 압력이 발생하는 것을 방지한다.

제어시스템

고속철도차량의 공기조화 시스템은 사계절 차내의 실내 온도를 적절히 조절하며 실내의 온도를 요구하는 값으로 유지하는 것은 공기를 원하는 대로 가열하거나 냉각함으로써 가능하다.

내부 공기의 기준 값은 각 객차마다 다르게 조절할 수 있다. 각 객차마다 컴퓨터가 있어 자



<그림 5> 동력차 공기 순환도

동적으로 동작하고 감시하며 객차의 거의 모든 전기적 기능을 담당하고 있다. 동력차의 두 번째 편성(중련 운전)을 포함한 모든 컴퓨터망을 통하여 서로 연결되어 있다. 각 객차는 동력차와 컴퓨터망에 의해 전달된 제어 명령에 의해서 각각의 공기조화를 수행한다.

공기조화는 다음과 같은 것을 포함한 여러 장치에 의해 시행된다(송풍기, 압축기, 공기난방기, 부속실난방기 등)

이 장치들은 객차 컴퓨터에 의해 제어된다. 공기조화 기능을 처리하는 컴퓨터 소프트웨어는 두 개로 서로 보충되는 부분으로 나누어진다.

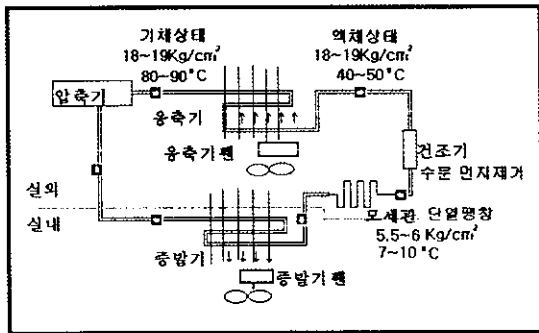
- 제어부분 : 온도감지기, 객차 온도 조절기, 여러 가지 계전기의 보조 접점 입력에 기초하여 냉방과 난방을 제어한다.
- 로직(logic)처리 부분 : 컴퓨터망의 인터페이스, 우선 처리, 고장의 현시와 기억 등은 소프트웨어에 의해 처리된다.

냉방시스템 비교

고속철도차량의 냉방시스템과 기존의 철도차량 냉방시스템 정격은 아래 <표 1>과 같다.

〈표 1〉 철도차량의 냉방시스템 정격비교

구분	고속철도용 (KTX)	2000년제작 무궁화호용	새마을호용	무궁화호용	통일호용
주회로	AC440V 3Φ 60Hz	AC440V 3Φ 60Hz	AC440V 3Φ 60Hz	AC440V 3Φ 60Hz	AC440V 3Φ 60Hz
제어회로	DC72V	DC24V	AC110V	AC110V AC220V	AC110V
압축기형식	반 밀폐형	hermetic, scroll	왕복동 밀폐형	왕복동 밀폐형	왕복동 밀폐형
응축기	전동기 직결	전동기 직결	전동기 직결	전동기 직결	전동기 직결
송풍기 형식	프로펠러팬	프로펠러팬	프로펠러팬	프로펠러팬	프로펠러팬
증발기	전동기 직결	전동기 직결	전동기 직결 양축	전동기 직결 양축	전동기 직결 양축
송풍기 형식	원심 팬	원심 팬	다익 원심 팬	다익 원심 팬	다익 원심 팬
정격 냉방능력	34,400kcal/hr	34,400kcal/hr	15,000kcal/hr x2	5,500kcal/hr x6	10,500kcal/hr x3



〈그림 6〉 차량용 냉방기 기본사이클

냉방기의 원리 및 구성요소

냉동 기본 사이클

냉매는 압축기에 의해 압축되어 고온고압(18~19kgf/cm², 80~90°C)의 기체상태가 되어, 응축기에 송기 되고 응축기 송풍 전동기에 의해 냉각되어 압력변화는 없으나 저온으로 되어 고압저온의 액체상태로 변화한다.(18~19kgf/cm², 40~50°C). 다음 액체상태의 냉매가 드라이어를 지나면서 냉매 액체 속의 수분 또는 먼지가 제거되어 모세관을 통과할 때 관이 막히거나 관내저항을 줄인다. 드라이어를 지나온 액체상태의 냉매

가 모세관을 통과하면서 관내 마찰저항으로 인해 냉매의 압력이 감소하면서 단열팽창 된다. 따라서 액체의 온도는 저하되어 저압저온(5.5~6kgf/cm², 7~10°C)의 액체(기체포함)로 되어 증발기에 유입된다. 증발기에 유입된 액체는 외부에서 열을 흡수, 증발하여 기체상태로 변화되어 간다.

냉매상태

〈표 2〉 각 장치별 냉매의 상태

	입구 상태	출구 상태
응축기	고온, 고압의 기체	저온, 고압의 액체
팽창변	저온, 고압의 액체	저온, 저압의 액체
증발기	저온, 저압의 액체	저온, 저압의 기체
압축기	저온, 저압의 기체	고온, 고압의 기체

냉방기 구성부품 및 기능

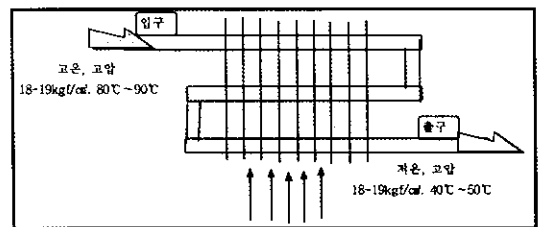
• COMPRESSOR

완전밀폐, 반밀폐 형식으로 냉매가스의 누설을 최소화한 구조로 되어 전동기와 압축기가 직결되어 동작하는 밀폐형에는 윤활유(냉동유)가 내장되어 진동, 충격, 기울어짐에 견딜 수 있는 구조이다.

압축기는 압력증대장치로 저온, 저압의 냉매가스를 고온, 고압(18~19kgf/cm², 80~90°C)로 만들어 주는 장치.

• CONDENSOR

압축기에서 고온고압의 냉매가스를 응축시키는 장치로 전열면적을 넓게 하기 위해 동관에

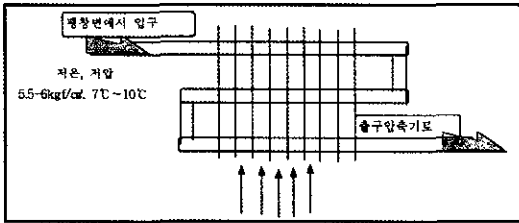


〈그림 7〉 응축기 작용도

얇은 알루미늄 편을 삽입 후 편과 동관이 완전히 밀착되도록 기계적으로 확관 한 구조로서 응축기 모터에서 발생한 외부 공기에 의해 냉매가 냉각된다.

• EVAPORATOR

팽창변에서 단열 팽창된 저온 저압(5.5~6kgf/cm², 7~10°C)의 냉매를 증발시키는 장치로 구조는 응축기와 같다. 즉 실내공기의 열을 흡수하여 냉각을 시킨다. 이때 사용되는 냉매는 R-134a를 사용한다



<그림 8> 증발기 작용도

• CAPILLARY TUBE

내경이 1.5mm 정도의 가는관으로 액체상태인 냉매가 유체마찰에 의해 통과하면서 단열 팽창한다. 단열 팽창하면 주위의 열을 흡수하는데 이것을 이용하여 냉각작용이 이루어진다.

• DRYER

배관속의 이물질 및 수분을 제거하기 위해 여과망과 원형입자 등의 건조제가 충만 되어 있다.

• ACCUMULATOR

증발기와 압축기 사이의 흡입가스 배관에 설치하여 흡입 가스중에 냉매액이 혼입 되었을때, 이것을 분리하여 GAS만을 압축기에 흡입시켜 액체압축을 방지하여 압축기를 보호하는 장치

• THERMOSTAT

실내온도를 조절하는 장치로서 감열부에서 온도를 감지하여 스위치를 ON, OFF하므로 냉방기를 조절한다.(온도조절 범위 : 24~28°C) *냉풍 토출구의 온도측정은 유니트쿨러를 운전하여 약 10분후 차내측에서 흡입구와 토출구의 온도차를 측정하여 다음 값에 있으면 정상이다.(다만, 풍속이 가장 빠른 곳에서 시행)

외기온도 30°C 이상일 때 : 6°C차, 30°C 미만일 때 : 7°C차 이상이어야 한다.

결론

위에서 살펴본 바와 같이 고속철도 차량용 공기조화장치는 기존 철도차량용의 냉, 난방이 분리된 개념을 떠나 계절에 관계없이 항온항습조건에 의하여 작동이 되며 장점은 다음과 같다

- ① 냉방작동에 의한 응축수의 객실유입이 전혀 없다.
- ② 완벽한 유선형 형태로 공기저항을 최대로 줄여 속도 향상을 할 수 있다.
- ③ 냉방기 노후시 빗물이 차내로 유입되는 것을 방지할 수 있다.
- ④ 객실 내부 공간확보로 여객대우 설비를 용이하게 설치할 수 있다.
- ⑤ 차량 지붕에서 발생하는 소음을 방지한다.
- ⑥ 차체 무게중심이 낮아져 속도향상 및 진동을 방지한다.
- ⑦ 전차선 구간에서 보수유지의 공간 확보가 가능하다 .
- ⑧ 쾌적한 실내 공기를 공급하여 공기의 신선도를 증가한다. ☺