

국내 자동차 에어컨의 변천과 추이

정 덕 수

The Technical Progress of Automotive Air Conditioning System in Korea

Duck-Soo Chung



● 정덕수(두원공조 기술연구소)
● 1953년생
● 기계공학을 전공하였으며, 차세대 자동차 공조시스템 개발 및 시뮬레이션에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

자동차가 사치품이나 부의 상징에서 이제 필수품으로 인식되어 왔듯이 자동차 에어컨 또한 고급 악세사리라는 개념에서 최근 수년간 자동차의 증가와 더불어 차량에 꼭 있어야 할 기본품으로서 실내의 쾌적성을 확보하기 위하여 없어서는 안되는 상품으로 인식이 바뀌어졌다.

또한, 소비자는 자동차 에어컨 제작자에게 시원함만을 요구하기보다는 엔진 출력에 따른 주행성, 저소음 에어컨, 실내 공기의 청정도 관리의 필요성, 편일사(偏日射)시의 느낌이 좋은 에어컨 등의 구체적이고 수준 높은 요구를 하고 있다. 이러한 요구는 에어컨 제조업체로 하여금 전문화된 고급 인력과 고도의 기술, 실험 장비, 정밀한 부품생산체제를 갖추지 않으면 안되게 되었다.

이러한 쾌적성에 대한 소비자의 요구는 점차로 높아져서 차량의 내외기와 차량의 주행 정보를 각종센서가 감지하여 인체가 가장 쾌

적하게 느끼는 실내를 항상 유지할 수 있는 시스템의 개발을 추구하고 있다. 현재 업계에서는 지구 환경 보호에 대응하기 위한 신냉매 에어컨 시스템의 개발은 물론 공해 문제로 인하여 새로운 자동차의 등장에 따른 차세대 에어컨 시스템의 개발과 관련된 연구 개발에 활발한 투자가 이루어지고 있다.

이 글에서는 '70년부터 시작된 한국 자동차 에어컨의 변천을 되돌아보고, 현재 사용되는 차량용 에어컨 시스템과 앞으로 사용될 차량용 에어컨 시스템이 어떻게 변화할 것인지에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 승용차 에어컨 시스템

'70년대에는 판매된 차량에 덧붙이는 고급 악세사리 개념으로 시작된 자동차 에어컨은 백지 상태에서 출발하여 약 20여 년의 세월을 지내오면서 많은 기술이 축적되었고, 자동차 판매 신장에도 큰 기여를 했다고 생각된다. 국내의 자동차 에어컨은 그 형상과 구조에 따라 크게 외장형이 주류를 이루었던

시대, 초반기 내장형의 시작과 세미 에어 믹스(semi air mix), 에어 믹스(air mix)로 이어지는 내장형의 시대, 그리고 이미 시작된 자동화형의 시대로 크게 나눌 수 있다.

2.1 외장형 시대

히터(heater)와 쿨러(cooler)는 서로 개별적으로 어느 차량에나 부착될 수 있도록 설계되어 왔다. 대표적인 히터로서 환형히터는 편형 튜브, 코러게이티드 핀(corrugated fin)형 열교환기를 차바퀴처럼 배열하고 중간에 팬모터를 배치하여 바깥으로부터 유입된 공기를 가열시켜 가열된 공기를 중공부(中空部)의 양쪽으로 불어내는 형태로 되어 있다.

쿨러는 외장형과 제어부가 환기토출구 부위에 부착된 일체형과 분리형으로 개발되었으나 분리형이 주종을 이루고 있다. 냉방 능력을 높이기 위한 공기 유동에 관한 연구와 미관을 고려한 그릴의 설계가 이러한 외장형으로부터 시작되었다.

히터와 쿨러의 각부품에 대한 끊임없는 개량으로 품질이나 가격면에서도 진보되어 양산 사양이 정립되어 있다. 특히, 쿨러는 차량 모델에 따라 내장 또는 거주 공간을 효율적으로 사용할 수 있는 전용기종 모델로서의 필요성이 대두되고 있다.

2.2 내장형 시대

외장형 에어컨은 대리점을 통하여 장착하던 히터 쿨러 시대로부터 국내 최초의 독자 모델인 포니의 등장과 더불어 세미 에어 믹스 방식의 내장형과 70년대 말부터 80년 초기의 경우에 유사한 구조의 제미니 내장형의 에어컨이 개발되었다. 히터의 경우 자동차 회사들은 에어컨 제작 업체로부터 납품을 받아 조립 라인에서 장착하게 되었다. 당시만 하여도 에어컨 장착률이 낮았으며 히터는 에어컨과 조합(HVAC)하여 사용함으로써 종래의 외장형보다 앞유리의 서리제거(demist)

성능이 향상되었다.

내장형은 자동차 설계 초기 단계부터 차량형에 맞게 설계함으로써 성능 향상을 이룰 수 있다. 쿨러의 본체는 계기판의 안쪽에 설치되어 공간을 효율적으로 이용할 수 있다. 전술한 세미 에어 믹스 방식의 경우 겨울철에는 히터, 여름철에는 쿨러, 중간기에는 강제 통풍으로 환기를 할 수 있는 방법이다. 이러한 내장형 에어컨은 냉풍을 차량 내부에 골고루 분포하는 형태로 바뀌면서 이로부터 내장형에 대한 본격적인 검토가 이루어졌다.

내장형의 구조로 보아 일체형과 에어컨을 나중에 장착할 수 있는 분리형의 제품이 개발되어 대부분의 차량에 에어컨을 선택할 수 있는 제품이 생산되었다. 그 당시 가장 큰 문제중의 하나는, 내장형이 됨에 따라 일정한 공간에 짜 넣어야 하므로 공간 이용상 효율이 좋은 증발기가 필요하였으나, 국내의 업체들은 핀-튜브 방식의 열교환기만을 생산하고 있었다. 따라서 내장형 초기에는 에어 믹스 방식의 시스템이 도입되기는 하였지만 에어컨의 냉방 성능과 증발기의 동결현상이 문제가 되었다. 그 후 좀더 나은 차량의 쾌적성 추구를 위하여 제습이 가능하고 인체의 쾌적함을 확보하기 위한 리히트 에어 믹스 에어컨이 개발됨으로써 제어 성능이 향상되어 현재 시스템의 주류를 이루는 반자동 에어컨 및 완전 자동 에어컨으로 발전하게 되었다. 이 시스템의 특징은 내·외기 전량이 증발기를 통과하게 되므로 항상 제습이 된 공기는 상하의 온도차를 둘 수 있어 머리쪽을 차게 하고 발부위는 따뜻하게 할 수 있으며 좌우의 온도를 제어할 수 있다. 자동차 에어컨의 시스템 구성도를 그림 1에 나타내었다.

2.3 연비 향상과 가변 압축기의 등장

자동차 에어컨의 냉방 사이클은 엔진 고출력시의 잉여 성능과 동결 방지를 위해 온도 감지에 의한 사이클링 클러치로 압축기를 단

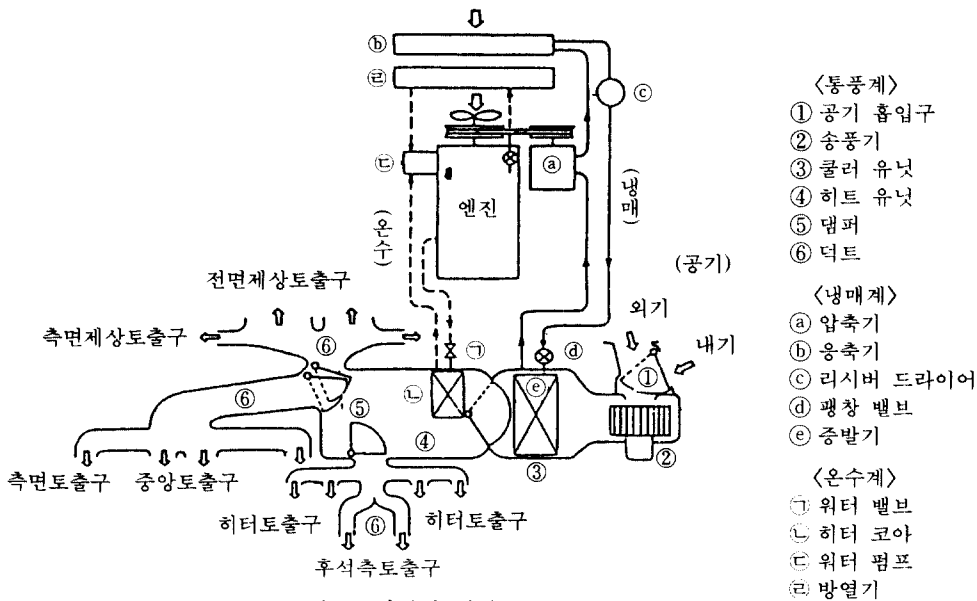


그림 1 자동차 에어컨의 시스템 구성도

속(斷續)하는 방식과 압축기를 최대로 가동하여 흡입 압력을 교축하는 STV(suction throttle valve)방식이 있다.

전자의 사이클링 클러치 방식은 마그네틱 클러치의 단속음과 단속시의 주행감이 나쁘며, 후자의 방식은 연속운전이 가능하나 효율적인 동력 사용 및 연비면에서 불합리한 점 때문에 오일 쇼크 이후 거의 사용하지 않게 되었다. 이러한 시스템상의 불합리한 점을 보완하기 위하여 시스템의 동력을 줄이고 운전성을 향상시키기 위하여 가변 용량 압축기가 개발되었다. 가변 용량 압축기는 흡입 압력이 항상 일정하게 유지되며 내부 제어 밸브에서 용량을 자동제어하는 방식이다.

2.4 자동 에어컨의 등장

'60년대 중반 미국의 GM사가 캐딜락에 채용한 이래 국내에서는 리히트 에어 믹스 방식이 보편적으로 채용된 '80년 중반부터 개발하여 현재 생산되는 중형차급에는 반자동

에어컨 및 완전 자동 에어컨이 개발되어 채용되고 있다. 전자 기술과 차량의 전자화에 맞추어 현재 사용하고 있는 방법은 각종 입력 신호(내·외기, 일사 등)를 받아 마이크로 컴퓨터에서 연산된 출력 신호에 의하여 소형의 정밀 모터나 진공 액츄에이터를 이용하여 각각의 댐퍼 도어를 작동시킴으로써 장착성의 개선은 물론 각 모드의 정지 정도가 향상되었으며 정밀한 제어가 가능하게 되었다. 특히, 저소음화의 실현이 가능하게 되었다. 송풍기 모터의 구동 회로는 파워 트랜지스터를 사용하여 무단 변속 제어가 가능하게 되었다.

한편 종래의 방식은 진공방식으로써 관련 기기 즉, 진공 탱크, 호스, 트랜스듀서, 진공선택기 등의 기기에 의한 구동 방식으로 작동의 정도 부족 및 소음 문제, 진공의 누설 등의 단점이 있으나 원가의 장점으로써 국내의 일부 차종에 채용되고 있다. 그림 2는 일반적인 자동 에어컨의 블록 다이어그램이다.

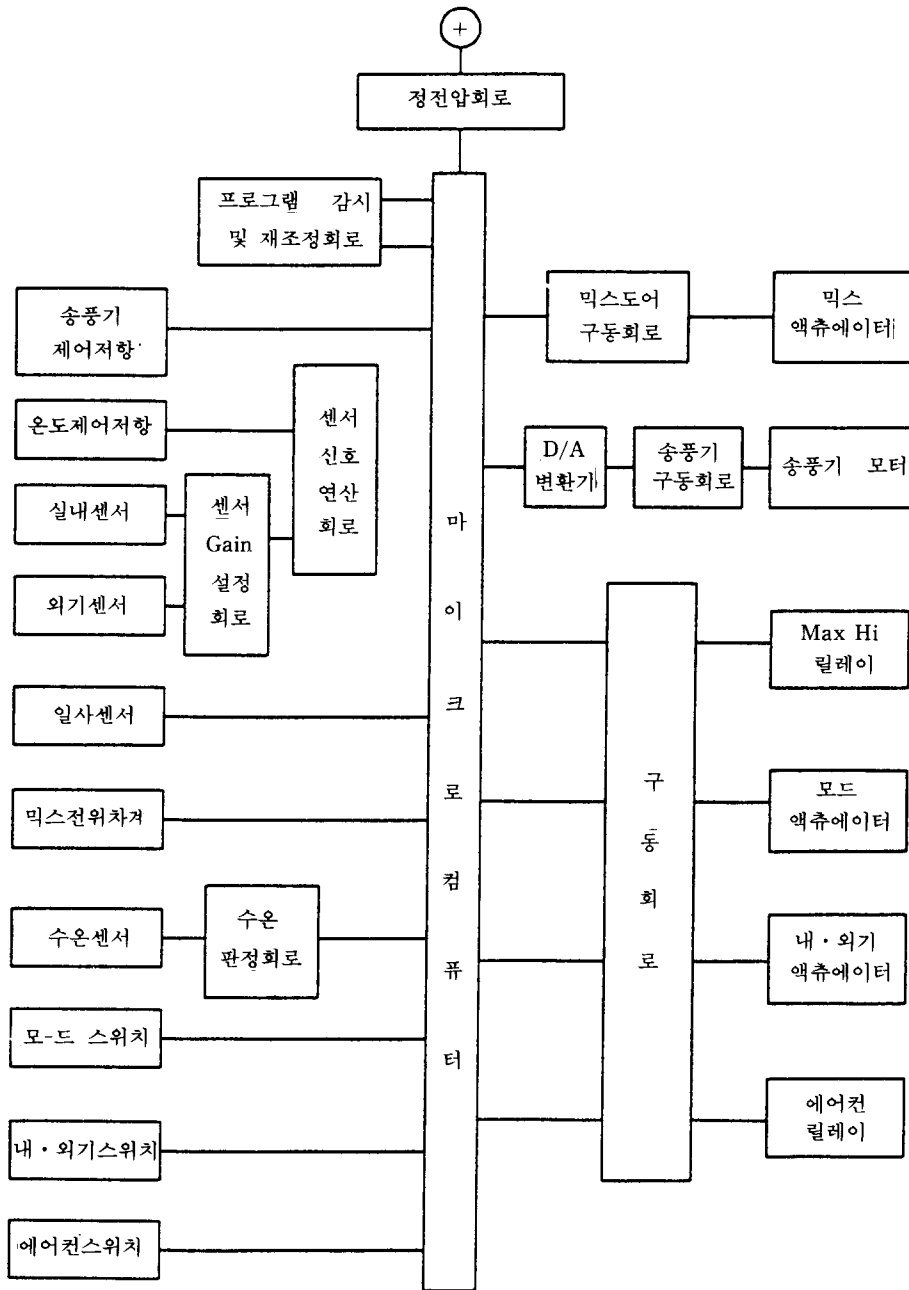


그림 2 자동 에어컨의 계통도

2.5 부분품의 변천

(1) 압축기 (compressor)

자동차용 에어컨의 부분품은 차량의 주행

상태 즉, 동적(dynamic)인 상태에서 성능 및 신뢰성이 만족되어야 한다. 그 중에서도 특히 회전수 변화가 크고, 사이클링이 심한

압축기의 경우 개발 초기 단계부터 신뢰성 확보가 최대의 문제였으며 점차 저소음 및 경량화가 요구되고 있다. 자동차 에어컨에서 사용되는 압축기는 다음과 같다.

1) 크랭크(crank)형 압축기

에어컨용으로 가장 최초로 개발된 압축기로서 개발 초기의 주철제 하우징(housing)에서 알루미늄 다이캐스트 공법에 의한 하우징이 개발되면서 경량화가 되어 많은 차량에 채용되었다. 또한 보수가 간편한 장점이 있어 장기간 사용되었다.

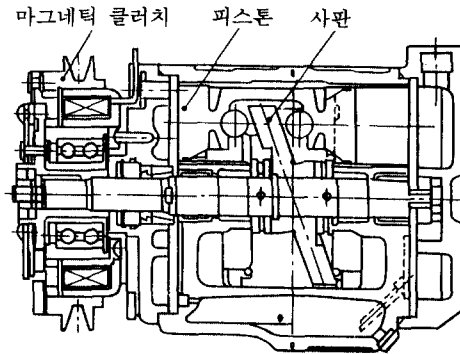


그림 3 사판형 압축기

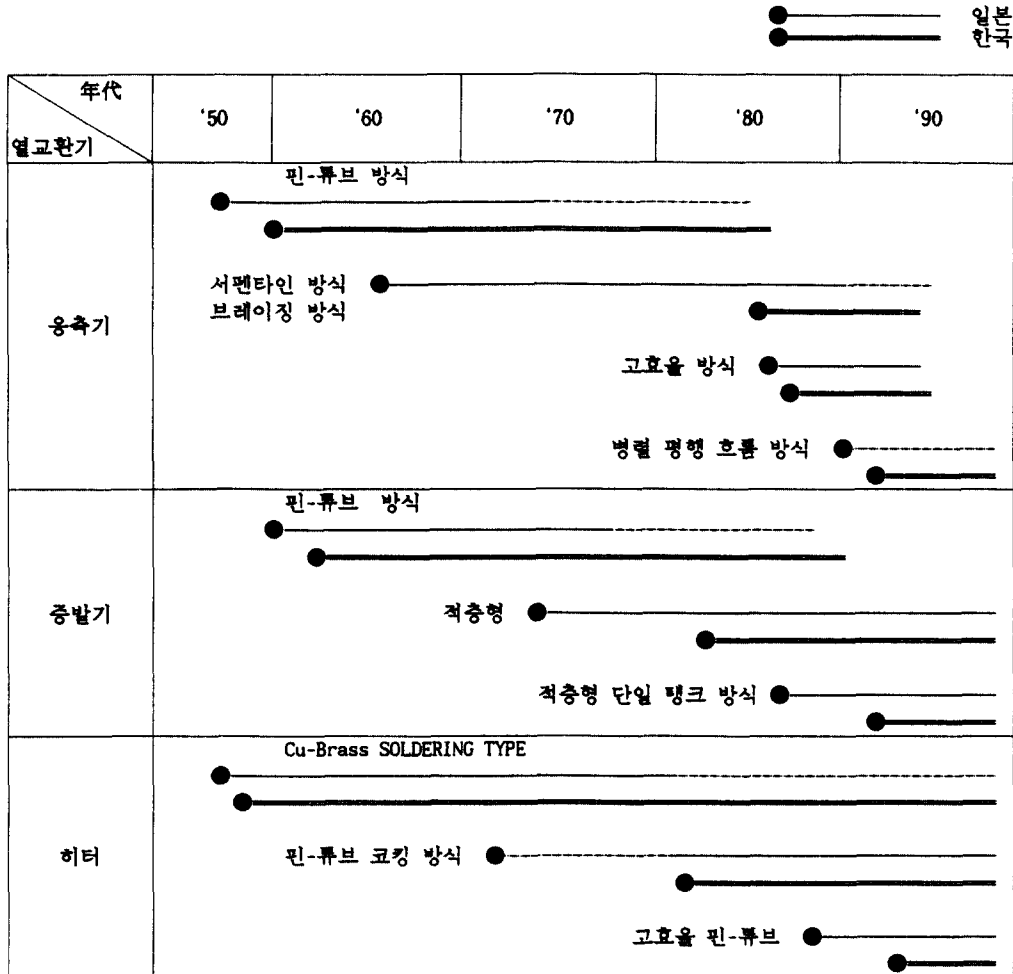


그림 4 열교환기의 변천 과정

2) 사판(swash plate)형 압축기

이 형은 대칭형의 피스톤을 사판상에 배열시킨 것으로 진동 및 소음면에서 크랭크형보다 우수하며 또 축형이기 때문에 장착성이 좋아 '70년대부터 현재까지 널리 사용되고 있다.

3) 로터리(rotary)형 압축기

사판형보다 좀더 경량 소형화, 부품 점수의 감소 및 원가 절감의 새로운 요구에 의해 개발된 압축기이다. 이 압축기는 5매의 베인(vane)을 채용하여 저소음 및 저진동 측면에서 유리하고 소형 고급 차량에 사용되고 있으며, 대체 냉매인 R134a에 대한 적응성이 우수한 것으로 평가되고 있다.

4) 가변 용량형 압축기

가장 최근에 개발된 압축기로 부하의 변동에 따른 압축기의 흡입 압력을 일정하게 하여 용량을 자동 조절할 수 있다. 이 압축기는 제어 밸브를 흡입측에 설치하여 흡입 압력을 일정하게 하는 내부 제어식과 외부로부터 전기 신호로서 흡입 압력을 제어하는 전자 제어식으로 대별할 수 있다. 가변 방식에 따라 워블(wobble)가변형과 베인(vane)로터리 가변형이 있다.

(2)열교환기

열교환기의 개발은 열전달 향상에 의한 소

형화 및 내식성을 만족시키기 위해 많은 발전을 하여왔으며 그 변천 과정은 그림 4와 같다.

1) 응축기

초기에 핀-튜브(fin-tube)방식이 개발되었으나 이 방식은 설비비는 적지만 제조 원가가 높다. 최근에 성능이 우수한 서펜타인(serpentine)응축기가 개발되었다.그림 5에 개발 과정에 따른 응축기의 형상을 나타내었다.

이와 동시에 제조 공법의 개발도 이루어져 최초 FB(furnace brazing)공법에서 내식성을 좀더 개선한 CB(carrier gas brazing)공법 및 NB(nocolock brazing)공법이 차례로 개발되었다.

2) 증발기(evaporator)

초기의 증발기는 핀-튜브(fin & tube)형이었으나 VB(vacuum brazing)공법의 개발로 대량생산, 고효율화의 관점에서 적층형 증발기가 개발, 양산되어 에어컨의 성능 향상을 이루게 되었다. 그 후 최초의 3패스(pass)형에서 4패스형으로 또 편탱크(tank) 4패스형으로 변천되면서 성능 향상 및 경량화 되었다. 그림 6은 증발기 종류와 형상을 나타낸 것이고 그림 7은 증발기 형상에 따른 냉방능력의 차이를 나타낸 것이다.

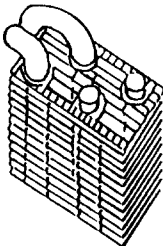
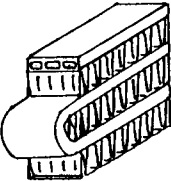
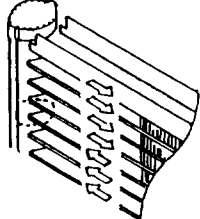
구분	핀 튜브형	서펜타인형	병렬 평행 흐름형
형상			

그림 5 응축기의 종류와 형상

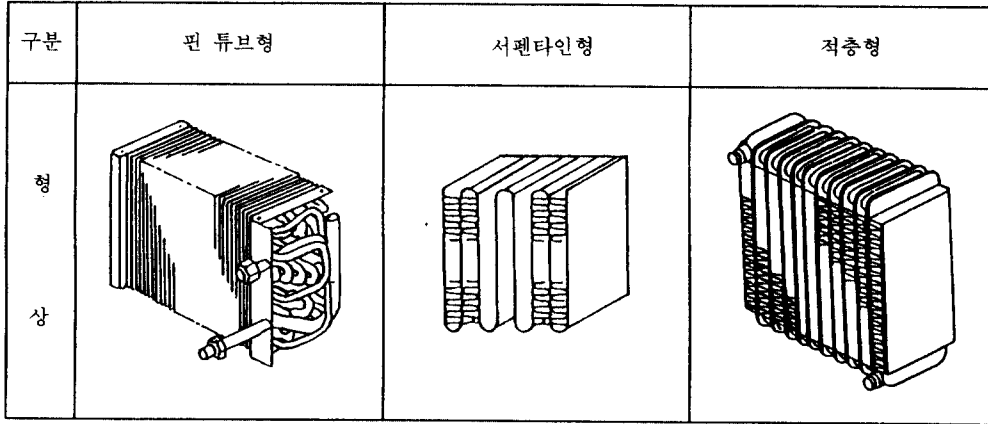
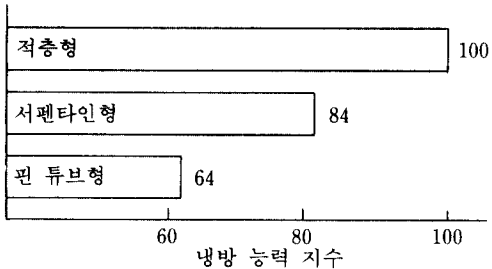


그림 6 증발기의 종류와 형상



(동일 크기, 동일 시스템을 사용했을 때의 성능비교)

그림 7 증발기의 형상에 따른 냉방 능력 비교

3) 히터 코어(heater core)

히터 코어는 최초 Cu-Brass 코러게이티드(corrugated)형으로 개발되었지만 작업환경이나 공해 측면에서 개량형으로 현재 양산중인 핀-튜브(fin & tube)형이 개발되었다. 그 후 마찰 용착 공법의 개발로 생산성이 크게 향상되었고 멀티 루버(multi-louver)의 채용으로 성능이 한층 더 향상된 경량의 박형코어를 개발하게 되었다.

3. 버스 에어컨 시스템

국내 버스 에어컨은 고속도로 개통에 따른 중고품의 벤츠 고속버스 도입에 따라 직결식의 천정형 버스 에어컨이 소개되었다. '70년

중반부터 고속버스의 증차와 더불어 초기 수입된 버스에 국산화한 버스 콜러는 서브 엔진 방식의 일체형 단일 압축기 방식(그림 8 참조)이었으며 현재도 주류를 이루고 있다.

당시의 냉방 능력 제어는 Hot Gas By-Pass"로서 제어 부족, 온도 상승 등의 결점이 있었다. 80년 초반부터 이러한 결점을 보완한 STV(suction throttle valve)시스템이 도입되어 엔진 기동시의 부하 감소와 운전중에 압축기 능력을 제어하는 바이패스 방식과 교축식의 조합형으로 엔진 기동성을 향상시켰다. '80년대 중반 연비절감을 위한 노력에 따라 일부 고속버스 업체는 겨울철에 에어컨을 탈착함으로써 연료비를 절약하게 되었다. 이에 경량화되는 에어컨의 필요성에 따라 마그네트 클러치가 부착된 소형 압축기 2대를 서브엔진 벨트로 구동시키는 트윈 압축기 방식을 채택하게 되었다. 압축기를 끄고 환기 기능을 살리며 냉방 부하에 맞추어 압축기를 1개 또는 2개를 작동시켜 연비 절감은 물론 가격적으로 획기적인 전기를 마련하게 되었다. 이후 서브 엔진 방식이 주류를 이루었으나 '80년 후반 이후 민주화 및 노사문제의 대두와 '90년에 들어서서 3D기피 현상에 따른 정비사의 부족 등으로 인하여 효율을 높이고 개선된 천정형 에어컨이 개발되었다.

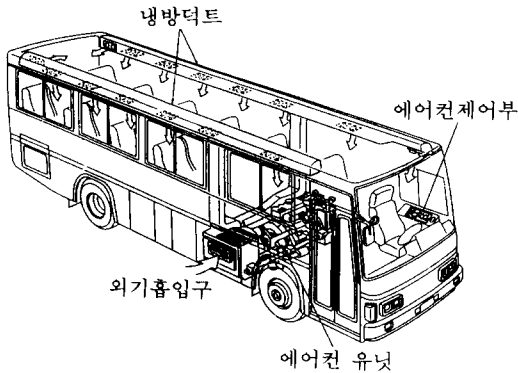


그림 8 서브 엔진 방식의 버스 에어컨

이러한 개량된 천정형 에어컨은 버스의 차체(body)강도 확보를 위한 CAD 및 CAE를 활용함으로써 보다 내구성이 강조된 에어컨이 등장하게 되었다. 한때('80년 중반기)는 승용차의 시스템을 이용한 에어 믹스 방식이 일부 차종에 도입되어 이러한 에어컨은 당시의 고급화 추세로 예상되었으나 중량 문제 및 겨울철에 에어컨을 탈착하는 사용자의 동향과 다르게, 연중 가동하여 냉·난방을 겸한 장점이 크게 부각되지 못하였다.

4. 환경 보호와 미래의 에어컨 시스템

지구 환경 문제의 대두로 인한 엄격한 환경 규제가 자동차 시스템 전반을 변화시키고 있으며, 그 변화는 다음과 같다.

- ① 자동차 동력계의 변화를 불러일으켜 전기 자동차의 개발로 연결되어지고 있다.
- ② 자동차용 에어컨의 냉매량의 절감 시스

템, 대체 냉매 시스템의 개발을 필요로 하게 되었다.

4.1 기존 판매 차량에 대한 에어컨 시스템 개발

대체 냉매 적용 차량과 현재 시스템의 중간 단계 대응책으로 다음과 같은 연구가 수행되고 있다.

(1) 혼합 냉매의 개발

전술한 바와 같이 수년 후에는 이미 판매된 차의 보충용 R12를 회수하여 재 이용한다고 하여도 부족할 것으로 예측된다. 이를 위해 애프터 서비스용 냉매로서 R12용 자동차 에어컨에 공용 가능한 냉매의 개발이 진행되고 있으며 그 일례로 R22/R152a/R124의 3종 혼합 냉매가 유망할 것으로 생각되어 자동차 에어컨에 최적한 혼합 비율, 시스템의 검토 등의 연구가 진행되어 활용되고 있다.

(2) 냉매량 절감 시스템 개발

고부하 조건(외기 35°C, 습도 RH 50%, 차속 40 Km/h)에서 리시버 드라이어와 응축기가 전 냉매량의 약 60~70%를 차지하고 있음에 착안하여 각 부품의 소 냉매량화를 추진하고 있으며 냉매 누설량의 감소도 포함해서 소 냉매량 시스템에서는 종래의 시스템에 대해 약 20~25% (200~250g)의 냉매 충전량을 절감할 계획이다. 표 1에 시스템의 냉매 사용량의 분포 및 개발 내용을 나타내었다. 이외에 냉매 회수 장치의 개발로 냉매의 회수, 재이용도 적극 검토되고 있다.

표 1 에어컨 시스템 냉매 사용량의 분포

구성 부품	증발기	응축기	리시버	압축기·파이프	호 스
냉매량 분포(%)	15~20	30~35	30~35	10~15	
개발 내용	박폭 편탱크 적층형	박형고효율화	소형화 박판 부착	압축기 기밀성개선	냉매 투과 저하

*[조건 : 고부하(외기 35°C, 습도 RH 50%, 차속 40 Km/h)]

4.2 신개발 차량에 대한 대체 냉매 시스템 개발

'96년 R-12의 전량 폐기 (런던 회의 규제 강화 결과)에 대응하기 위한 대체 냉매의 개발이 활발히 진행되고 있다. 지금까지의 연구 결과로 볼 때 다음의 조건을 만족하는 대체 냉매로서 R134a가 선정되어 실용화 단계에 이르렀으며 전술한 냉매량 절감 시스템도 계속해서 적용될 예정이다.

- ① 포화 증기압이 R12에 매우 가까울 것
- ② 지구 온난화 지수가 적을 것
- ③ 오존 파괴 지수가 "0" 일 것
- ④ 불연성 무독성일 것

4.3 전기 자동차의 에어컨 시스템 개발

현행 차량용 에어컨의 엔진에 의한 벨트 구동으로 현행 압축기 대신 전기 모터가 내장된 배터리에 의하여 구동되는 밀폐형 (hermetic) 압축기가 채용되어 시스템을 구동하게 된다. 기타 에어컨 부품은 현재까지의 연구 결과 R134a용으로 개발된 것을 일부 변경 (minor modification)하여 사용할 예정이다나 시스템 전체의 밸런스 및 실차 시험 등의 결과에 의해 완전 변경될 가능성도 있어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

5. 맺음말

1970년부터 시작된 한국의 자동차 에어컨 변천사는 20여 년 간을 이어져 오면서 자동차 대중화와 메이커의 조립라인 장착화는 일본의 에어컨 장착 시스템 (out-line장착)과는 달리 급속한 장착률의 신장과 더불어 새로운 에어컨을 개발하는데 큰 기여를 하여 왔다.

현재 자동차 에어컨은 기본적인 요구 품질의 만족에서 양산에 따른 고신뢰도의 제품을 만들어야 하며, 향후 개발의 방향은 다음과

같은 과제가 중점적이라고 생각되어 진다.

R134a시스템의 전환 대책, N.V.H(noise vibration harshness)의 개선, 배기가스 규제에 따른 경량화 에어컨의 실현 등 좀더 나은 쾌적성을 확보하기 위하여 대량 풍량 시스템의 설계로써 급속한 냉방성은 물론 시스템 전체의 능력이 향상될 것이다. 아울러 공기의 청정도를 감지하는 기능, 증발기의 냄새 제거 방법 또는 공기 여과 시스템의 개발 및 각종 센서와 전자화를 통하여 차실내의 쾌적 상태를 유지하기 위하여 끊임없는 노력을 할 것으로 전망된다.

리어 클러를 장착하지 않고도 전석측(前席側)에어컨의 냉·난기류를 덕트로 후석에 보내며, 소형의 리어 블로어를 사용하여 후석측 공기 토출이 가능한 시스템이 개발될 것이다. 아울러 상용차도 수출의 돌파구 모색과 아울러 고급화 추세로 개발될 것으로 보이며 소형 승합차도 현재의 듀얼(dual)에어컨 시스템에 부가 기능의 냉·온장고는 물론 제빙 및 공기 청정 기능을 갖춘 고급시스템의 개발이 이뤄질 것이다. 이러한 과제를 수행하기 위하여 전문 인력의 양성과 자동차의 경쟁력을 갖추기 위하여 전문 업체로서의 연구 개발을 위한 과감한 투자가 이루어짐으로써 첨단 기술개발이 가능할 것으로 확신한다.

참고문헌

- (1) Zexel Tech. Review, 1991, "내연기관," pp. 58~68.
- (2) Jennings, B. H., 1959, "Air Conditioning and Refrigeration," pp. 296~297.
- (3) (주)두원공조, 1993, "냉동기술기초 및 자동차 에어컨," pp. 40~58. ■