

자동차용 에어컨의 용량제어

• 출처 : Refrigeration, Sep., 1999
 • J. Kawasumi, Denso Corporation
 (Japan Society of Refrigeration and Air Conditioning Engineers)



윤 정 인

최 근 자동차는 지구환경 보호의 관점에서 고효율화나 경량화에 의한 연비향상의 요구가 점점 강하게 대두되어 지고 있으며, 자동차용 에어컨에 대해서도 에어컨 사용시 동력을 적게 소비하는 압축기에 대한 필요성이 강하게 대두되고 있다.

자동차용 에어컨은 룸 에어컨에 비해 주거공간 용적은 일반주택에 비해 약 1/10에도 못미치지만 여름철 자동차 실내가 60°C에서 70°C까지 상승할 때의 급속냉각성능을 확보하기 위해서는 약 2배의 냉각능력이 필요하다. 또, 겨울에는 유리의 착상 방지를 목적으로하는 제습까지 그 사용환경도 광범위 하다. 특히 에어컨 구성상 능력을 결정하는 압축기는 엔진에서 벨트를 연결하여 에너지를 받기 때문에 그 회전은 엔진의 회전에 좌우되며 필요이상으로 고회전 운전되는 경우가 있다. 이러한 것으로부터 자동차용 에어컨에 대하여 냉방능력을 제어하는 것은 대단히 중요하다.

이 냉방능력 제어방법에는 압축기에 장착된 자석 클러치(magnet clutch)를 이용하여 동력 전달을 차단하여 제어하는 on/off 제어, 증발기와 압축기 사이에 STV(Suction Throttling Valve)를 장착하여 냉매유로 면적을 제어하는

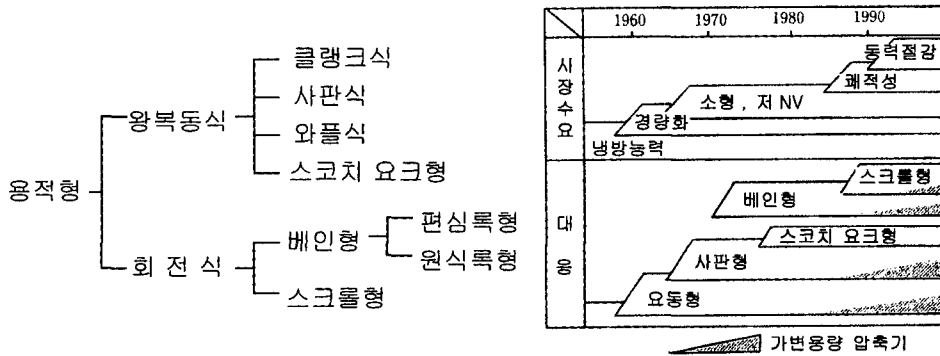
STV제어, 압축기 자체가 토출하는 냉매량을 제어하는 가변용량 압축기 제어 등이 있다. 이들 제어방법 중에서 on/off 제어가 현시점에서는 주류이지만, 차량특유의 요구조건인 승차감, 취출 온도 변동에의 영향 때문에 일부 고급차에는 STV 제어가 사용되고 있다. 가변용량 압축기 제어는 다양한 자동차 환경 조건에 최적 용량으로 운전이 가능하기 때문에 불필요한 동력 낭비를 막을 수 있고 또 승차감 향상, 취출 온도변동 저감에 대하여도 유효한 수단이므로 최근 이 제어 시스템을 사용하는 차량이 증가하고 있다.

압축기의 종류

압축기 형식을 분류하면 용적형과 속도형으로 분류된다. 자동차 에어컨용 압축기는 현재까지 전부 용적형이며, 사용 역사를 <그림 1>에 나타내었다. 왕복동식의 현재의 주류는 사판형(wobble plate compressor)이다. 또 소형, 저소음화 요구에 대응하여 회전식의 압축기도 있다.

가변용량 압축기는 각각의 형식을 기초로 하여 가변용량 기구를 첨가하는 형식으로 실용화되어지고 있다.

윤 정 인 부경대학교 기계공학부(yoonji@pknu.ac.kr)



〈그림 1〉 자동차 에어컨용 압축기

$$\text{도출용량} = \text{기통수} \times \text{행정체적} \times \text{체적효율} \times \text{회전수}$$

↓ ↓ ↓
 (기통수 가변) (스트로크 가변) (바이패스 가변)

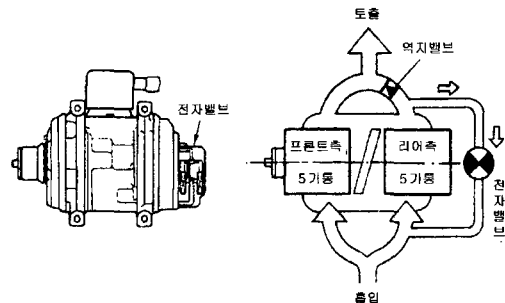
〈그림 2〉 압축기의 용량제어 방법

가변용량 압축기

용적형 압축기에서의 용량가변방식은 그 취출용량을 변화시키는 것이다. 〈그림 2〉에 압축기 취출용량을 가변으로 하는 방법을 나타내었다. 자동차 에어컨용 압축기는 회전수가 임의로 변화되지 않기 때문에 그림에 나타난 것과 같이 기통수, 행정용량, 압축기 자체의 체적효율을 변화시켜 제어하는 방법이 이용되어 진다.

기통수 변화

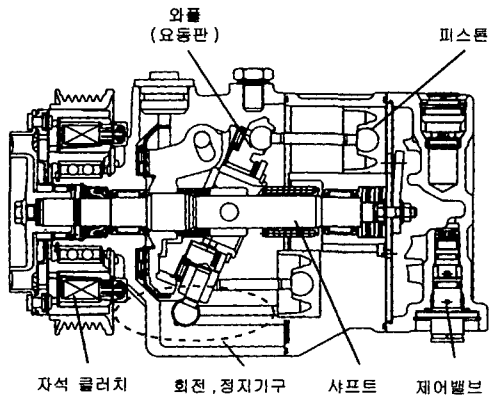
〈그림 3〉에 사판형의 기통수 가변용량 압축기를 나타내었다. 최대용량 상태에서는 프론트(front)와 리어(rear)측 합하여 10기통으로 압축토출을 하지만 압축기에 내장된 전자밸브로의 통전에 의해 리어측 5기통에 토출밸브를 개방하여 압축작용을 하지 못하게 함으로서 단계적으로 50%의 용량으로 된다.



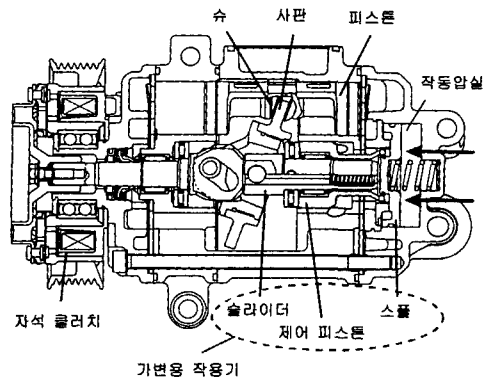
〈그림 3〉 기통수 용량제어 압축기

스트로크(stroke) 가변

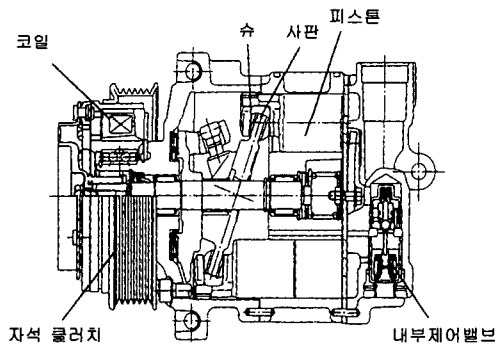
왕복동식의 사판(wobble)형, 와플(waffle)형 압축기에서 피스톤 행정을 변화시킴으로써 그 행정용적을 변화시켜 연속적으로 용적을 가변하는 방식이다. 이 방식은 기통수 가변, 바이패스 가변에 비하여 용량의 저하에 따라 기계일도 저하하기 때문에 효율면에서 우수한 특성을 가진다.



〈그림 4〉 와플형 용량제어 압축기



〈그림 5〉 사판형 용량제어 압축기



〈그림 6〉 단사판형 용량제어 압축기

〈그림 4〉에 와플형 연속가변용량 압축기의 예를 나타내었다. 이 압축기는 한쪽(rear 측)에 압축작동실을 갖고, 그 피스톤 배면측(그림의 좌측)의 압력을 중간압력으로 제어함으로써 작동압실을 별도로 설치하지 않고도 토출용량을 변화시킬수 있다. 단, 기본구조상, 진동판의 회전과 정지를 위한 기구가 필요하고 고속시 회전진동이 큰 특성이 있다.

〈그림 5〉에 고정용량으로서 현재 주류인 사판의 양측에 실린더를 갖는 양사판형의 연속가변용량 압축기를 나타내고 있다. 이 압축기의 특징은 대용량, 소형화에 적합하고 정밀성, 신뢰성이 우수한 것이다. 단, 피스톤 행정을 결정하는 사판경사각을 변경하기 위해서 엑츄에이터 및 작동압실이 필요한 것 등 복잡한 구조로 되어 있다.

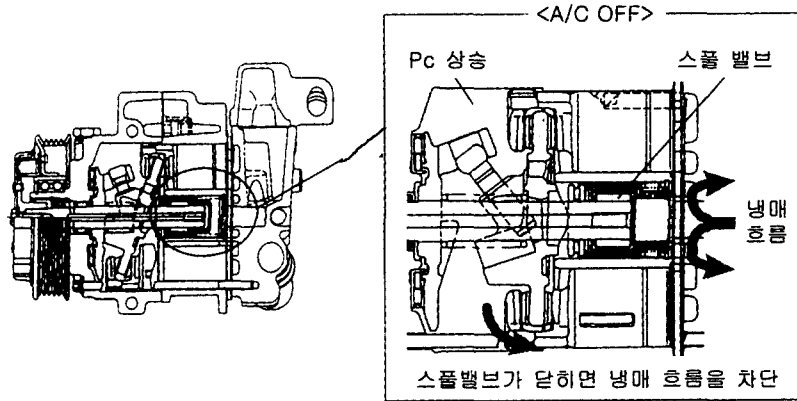
가변용량 압축기로서 현재 주류가 되고 있는 단사판형 연속 가변용량 압축기를 그림 6에 나타내었다. 이 압축기는 전술의 와플형과 양사판형 양자의 특징을 모두 가지고 있다.

용량가변폭을 최대한으로 이용하여 〈그림 6〉의 연속 가변용량 압축기의 최소용량을 거의 0%까지 낮추는 것으로 종래의 자석 클러치가 가지는 압축기 운전의 단속 기능을 내장한 상시 회전형 압축기가 실현되었다. 〈그림 7〉에 그 구조와 에어컨 on/off 기구를 나타내었다. 최소용량 상태에서 압축기내의 냉매통로를 차단하여 냉매의 토출을 없애 off 상태로 된다.

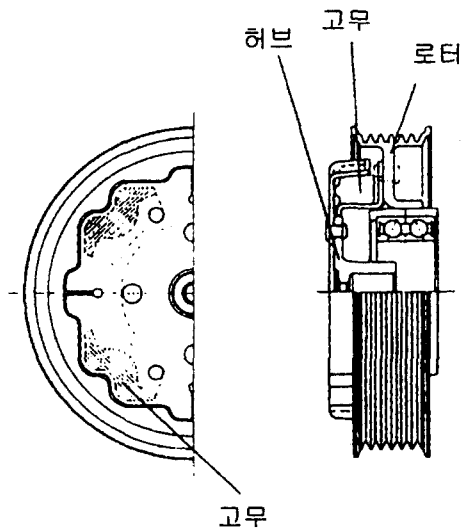
이 상시회전형 압축기는 종래의 자석 클러치를 대신하여 아래에 나타낸 2가지 기능을 가지는 풀리가 사용되고 있다.

- 토크 변동의 흡수 기능
- 록(rock) 퓨즈 기능

이 풀리를 〈그림 8〉에 나타내었다. 압축기 샤프트에 체결된 허브(hub), 엔진에 벨트로 연결되어 회전하는 로터 및 요철형상의 고무가 허브와 로터의 사이에 끼워져 있는 간단한 구조로 종래의 전자력을 발생시키는 코일이 없고 샤프



<그림 7> 상시 회전형 용량제어 압축기



<그림 8> 상시회전형 압축기용 폴리

트 방향 길이의 단축화와 경량화가 가능하다.

바이패스 가변

회전식 압축기의 베인 또는 스크롤형에서 사용되고 있는 방식이다. 예로서 <그림 9>에 베인형 압축기의 구조 및 가변용량 기구를 나타내

었다. 압축작동실에 설치된 바이패스 구멍을 스펴의 이동에 의해 개폐하여 압축개시시의 용량을 연속 또는 단계적으로 변화하는 방식이다. 이 방식에서는 바이패스 구멍의 위치에 따라 최소용량이 결정된다. 단, 고속회전시에는 바이패스 유량의 한계가 있어, 고속일수록 최소용량이 크지는 특징을 가지고 있다.

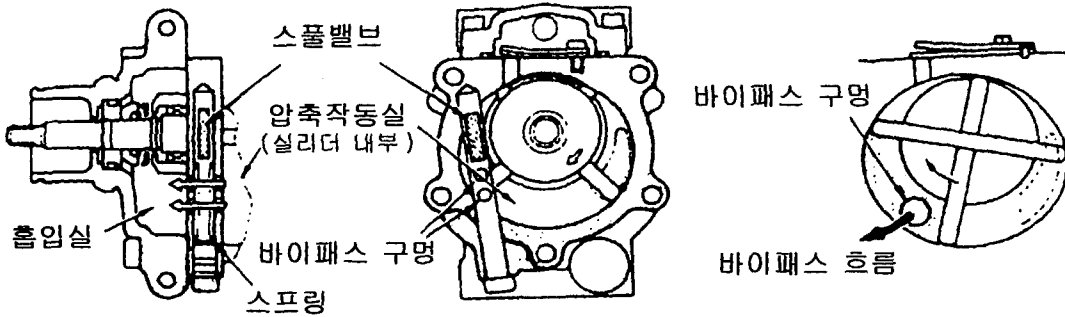
용량제어기술

가변용량 압축기의 제어수단에는 압축기의 흡입(냉매) 압력을 제어밸브로서 감지, 제어하는 내부 제어방식과 컴퓨터 등의 외부신호를 제어밸브에 입력하여 임의로 용량을 제어하는 외부제어방식이 있다.

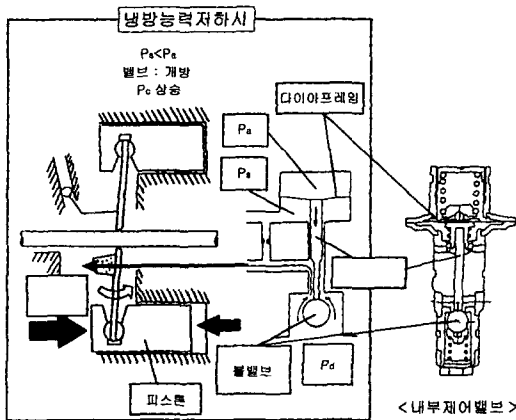
내부 제어방식

이 방식은 냉방부하가 저하 또는 회전수가 감소할 때의 압축기 흡입압력 P_s 의 저하를 감지하여 압력이 일정값 이하로 낮아지지 않도록 압축기를 부분용량상태로 제어한다.

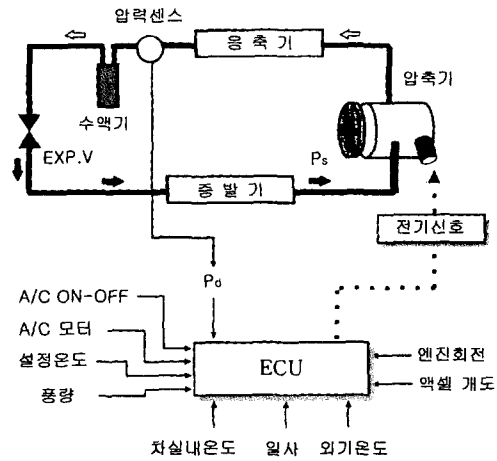
<그림 10>에 단사판형 연속 가변용량 압축기에서의 압력제어밸브(이하 내부제어밸브라 칭한다.)와 그 작동원리를 나타내었다. 냉방부하가



<그림 9> 바이패스방식(베인형) 용량제어



<그림 10> 내부제어밸브와 용량제어



<그림 11> 자동차 에어컨 제어

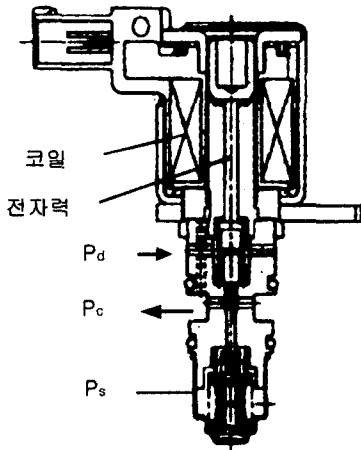
저하하고 내부제어밸브의 설정압력 P_a 보다 흡입압력 P_s 가 낮아지면 볼밸브가 그림의 아랫방향으로 이동하여 고압압력 P_d 가 사판실에 도달하여 사판실내의 압력 P_c 가 상승한다. 따라서 그림의 피스톤 좌측에 걸리는 힘이 우측에 걸리는 힘(실린더 내의 압력에 의한 힘)보다 높게 되고 그 결과 피스톤 행정이 작아져 부분용량 상태로 된다.

외부 제어방식

에어컨의 냉방능력을 임의로 제어하여 자동

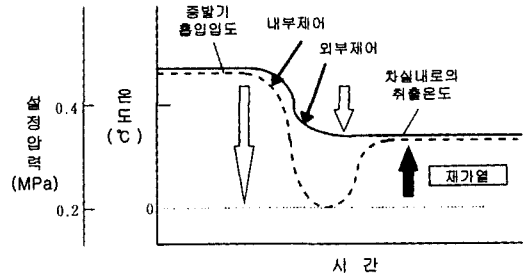
차 실내의 쾌적성을 유지하지 위한 동력을 필요 최소한으로 하는 동력절약 제어이다. on/off 제어에 의한 압축기 가동시간 비율을 필요냉방 능력에 맞추어 제어하는 방식이 있다. 여기서 나타낸 외부제어방식은 on/off 제어와 동등이상 동력이 절약되는 제어 방식이다.

구체적으로는 일사, 외기온도, 자동차 실내온도, 증발기 통과 풍량 등의 차량환경을 컴퓨터로 받아 컴퓨터에서 보내지는 전기신호로 압축기의 용량을 제어한다.(그림 11) 상시회전형 압축기에 사용되는 외부제어밸브를 <그림 12>에



〈그림 12〉 외부제어밸브

나타내었다. 이 제어밸브는 코일로의 전류량으로서 흡입압력 P_a 를 임의의 값으로 제어한다. 앞의 내부제어방식에서는 압축기의 흡입압력 P_s 를 일정하게 제어하는 기능이기에 때문에 냉방부하가 작아 설정온도가 높을 시는 증발기를 통과하는 공기를 설정온도까지 히터로 가열하여 자동차 실내로 취출시킨다. 그러나 외부제어방식에서는 흡입압력을 임의의 값으로 제어하는 것으로 증발기를 통과하는 공기온도를 임의로 제어할 수 있기 때문에 히터로 가열할 필요가 없다.(그림 13). 이와 같이 필요최소한의 냉



〈그림 13〉 용량제어 예

방성능으로 운전이 가능하고 동력을 절약할 수 있으므로 차량 특유의 요구조건인 승차감, 취출 온도 변동 저감을 실현할 수 있다.

앞으로의 전망

차량 연비가 보다 향상됨에 따라 자동차 에어컨 특유의 요구조건에 대응할 수 있는 동력 절약 기술로서 외부제어방식 가변용량제어화가 진행되고 있다.

앞으로 동력 절약을 위한 에어컨의 기술개발로서는 다음과 같은 점들이 주목되고 있다.

- 압축기 자체의 고효율화
- 차량 냉방부하 저감
- 차량, 엔진의 고효율운전을 고려한 압축기 제어방법의 적정화