

자동차용 라디에이터와 응축기 사이의 열적 상호작용에 관한 연구

김경국 · 원성필
기계 · 자동차공학부

<요 약>

라디에이터와 응축기는 자동차에서 발생하는 다양한 열을 방출하기 위한 중요한 장치들이다. 자동차에 있어서 이 둘은 각기 다른 목적으로 사용되고 있지만 매우 가깝게 장착되어 있기 때문에 상호간의 열적인 영향을 무시할 수 없다.

본 연구에서는 양산되고 있는 자동차의 에어컨 시스템과 라디에이터를 이용하여 실험장치를 제작하고 실제 자동차가 놓여질 수 있는 상황을 구성하고 실험하여 라디에이터와 응축기 각각의 방열특성과 동시에 작동할 경우의 열적 상호작용에 대하여 검토하였다.

응축기와 라디에이터를 동시에 작동시킨 경우에도 라디에이터의 냉각수 유량 증가나 압축기 회전수 증가에 따라 각각 그 열방출량이 증가한다. 하지만 라디에이터의 경우 단독으로 구동되었을때에 비해 방열율이 크게 감소하며 유량이 증가할수록 그 감소율이 커진다. 또한 응축기의 경우도 응축기 단독으로 구동되어질 때 보다 라디에이터가 구동될 때 응축기 열방출율이 감소하며 이 또한 라디에이터의 냉각수 유량이 증가할수록 그 감소 폭이 커진다.

따라서 응축기와 라디에이터가 동시에 가동될 경우 라디에이터는 입구 공기온도상승에 기인하여, 응축기는 열적 상호작용에 기인하여 각각의 열방출율이 감소하며 따라서 성능저하가 초래된다.

Analysis of Mutual Thermal Effects between Automotive Radiator and Condenser

Kyungkook Kim and Sungpil Won
School of Mechanical and Automotive Engineering

<Abstract>

Radiator and condenser are important mechanical devices to reduce various kinds of thermal load. In vehicle, those two devices have the respective objectives, but each thermal interaction must be important because those are mounted so closely.

In this study, the experimental apparatus was made by using an air-conditioning system and a radiator of a commercial vehicle, and the experiment was performed under actual situation, and then mutual thermal effect between automotive radiator and condenser was analyzed.

In case of simultaneous operation of radiator and condenser, each heat rejection rate increased by increasing cooling water flow of the radiator and compressor speed. But comparing with the radiator operation only, the heat rejection of radiator decreased more and the decreasing rate grew up by increasing the flow rate. Comparing with the condenser operation only, the heat rejection of the condenser decreased also.

So when the radiator and the condenser were operated simultaneously, the performance of the radiator became worse because of low heat rejection due to the rise of the entrance air temperature of the radiator, and also that of the condenser became worse because of the mutual thermal effect between them.

1. 서 론

국내외로 자동차 기기의 현대화, 고 효율화를 지향하는 시점에서 이들의 새로운 기술개발이 중요하게 대두되고 있으며, 아울러 현 시점에서 에너지 절약, 환경보호 및 적절한 제어방식 등 새로운 설계기술 대한 연구의 필요성이 부각되고 있다. 그 중 자동차에 발생하는 대부분의 열부하를 담당하는 라디에이터와 응축기의 중요성은 자동차에 있어서는 무시할 수 없는 것들이다.

라디에이터는 과거의 자동차에서부터 현재의 최신 자동차에 이르기까지 자동차의 엔진 열부하를 방출시키는 장치이다. 그러나 현대식 자동차가 양산된 후 라디에이터 모양의 변화는 과거에 비해 거의 없다고 할 수 있다. 물론 핀이나 튜브의 수 또는 그 형상 등은 조금씩 개선되어져 왔지만 라디에이터의 기본적 형상은 그다지 변화한 것이 없다. 이것은 라디에이터만큼 엔진의 열부하를 효과적으로 방출시킬 수 있는 장치가 아직까지 개발되지 않았다는 것을 의미한다.

자동차에 있어 라디에이터만큼이나 그 중요도를 부여 할 수 있는 장치는 응축기라 말할 수 있다. 응축기는 자동차 에어컨에 있어서 하나의 구성요소이며 그 방열 능력에 따라 자동차 에어컨의 성능이 좌우된다. 초기의 자동차에는 에어컨 장치가 거의 없었기 때문에 응축기의 중요도가 낮았을 것이다. 하지만 요즈음 들어 편리함과 쾌적함을 추구하는 현대인들의 요구가 증가하면서 자동차에 있어 에어컨 시스템의 장착은 매우 당연시되고 있다. 따라서 종전에 그 중요도가 낮았던 응축기 또한 자동차에 있어 거의 필수적인 장치로 여겨짐에 따라 응축기에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

라디에이터와 응축기는 결국 자동차에서 발생하는 다양한 열부하를 해소하기 위한 중요한 장치들이다. 자동차에 이 둘은 다른 목적을 지니고 있지만 너무나 근접하여 장착되어 있기 때문에 상호간의 열적인 영향은 무시할 수 없다. 응축기에서 배출하는 열은 라디에이터의 한쪽 면에 항상 영향을 주고 라디에이터 냉각능력에 영향을 끼친다. 라디에이터 또한 응축기에 대해 똑 같은 영향을 미친다. 만약 자동차가 에어컨을 작동시키면서 고속주행을 한다면 에어컨 시스템은 필요 이상으로 작동되고 따라서 라디에이터에서 수행되어야 할 냉각능력에 큰 영향을 미치게 된다. 이처럼 열적인 상호 영향을 두 장치를 시스템 계통이 다르다는 이유로 각각을 분리하여 고려해서는 안 된다.

만약 이 두 장치의 열적인 상호작용을 이해하고 그것에 부합하는 적절한 제어방식을 고안해 낸다면 각 시스템의 효율향상, 에너지 손실감소 등의 이득을 얻을 수 있다. 비단 에너지 측면뿐만 아니라 라디에이터와 응축기의 크기와 무게를 줄일 수 있고, 나아가 차체모양의 다양화 등 많은 분야에 이익을 가져올 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 양산되고 있는 자동차의 에어컨 시스템과 라디에이터를 이용하여 실험장치를 제작, 실제 자동차가 놓여질 수 있는 상황을 구성하여 실험을 통해 라디에이터와 응축기 각각의 방열특성과 동시에 작동할 경우의 열적 상호작용에 대하여 검토하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 이론 및 실험

2.1 응축기와 라디에이터의 열적 상호작용

요즘 자동차의 응축기와 라디에이터는 일반적으로 일렬로 근접하여 장착되어 있다. Fig.1에서 보는 바와 같이 공기의 유동에 대하여 응축기는 앞쪽에 라디에이터는 뒤쪽에 설치되어 있으며, 뒤쪽에 두 개의 팬이 달려있다. 이렇게 배치하는 중요한 이유는 사용 공간을 줄이기 위한 것이다. 따라서 응축기와 라디에이터는 자체의 평균온도에 따라 서로에게 열적 작용을 끼치게 된다. 열적 작용의 일반적인 결과는 다음과 같다.

-응축기 평균온도가 라디에이터 평균온도보다 큰 경우

응축기측 방열능력은 증가하나 라디에이터의 방열능력은 감소한다.

-응축기 평균온도가 라디에이터 평균온도보다 작은 경우

응축기측 방열능력은 감소하며 라디에이터측 방열능력은 다소 증가한다.

자동차 운전 시 발생하는 경우는 대부분 두 번째에 해당한다.

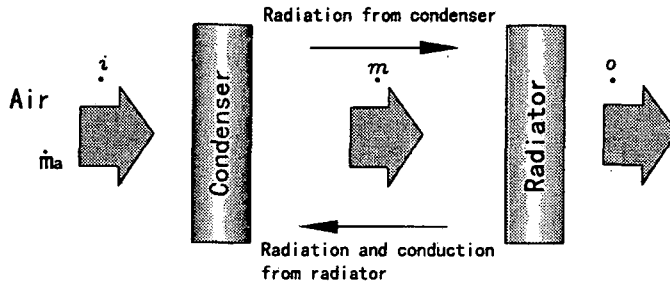


Fig.1 Heat transfer relation between condenser and radiator

본 연구에서는 라디에이터 측의 냉각수의 방열율과 공기의 흡입열율, 그리고 응축기 측의 열방출율을 구하기 위해서 다음과 같은 식을 사용하였다.

냉각수의 방열율 :

$$Q_{rad,w} = \dot{m}_w c_{p_w} \Delta T_w = \frac{\rho_w G c_{p_w} \Delta T_w}{60 \times 1000} \quad (1)$$

공기의 흡입열율 :

$$Q_{rad,a} = \dot{m}_a c_{p_a} \Delta T_a = \rho_a \dot{V}_a c_{p_a} \Delta T_a \quad (2)$$

응축기에서의 열방출율 :

$$Q_{cond,r} = \dot{m}_r \Delta h_r \quad (3)$$

여기서 Q_{rad} 는 라디에이터에서의 냉각수와 공기를 매체로 계산된 방열율을 각각 나타내며, \dot{m} 은 질량유량(kg/sec) 그리고 c_p 는 정압비열(kJ/kg $^{\circ}$ C)이다. 또한 ρ 는 밀도(kg/m 3), G 는 냉각수 체적유량(ℓ /min), \dot{V} 는 공기의 체적유량(m 3 /sec)을 각각 나타낸다. 하첨자 w 와 a 는 각각 냉각수와 공기를 나타낸다.

냉각수 측에서 계산된 방열율과 공기측에서 계산된 방열율(흡입열율에 해당)은 손실이 없다면 $Q_{rad,a} = Q_{rad,w}$ 가 성립된다. 실제로 있어서는 열손실이 있기 때문에 라디에이터의 열손실율을 $Q_{rad,loss}$ 라 하면 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$Q_{rad,loss} = Q_{rad,w} - Q_{rad,a} \quad (4)$$

한편 응축기의 실제 방열율을 Q_C , 라디에이터의 실제 방열율을 Q_R 이라 하면

$$Q_C = Q_{cond,a} - \Delta Q, \quad Q_{cond,a} = \dot{m}_a c_{p_a} (T_m - T_i) \quad (5)$$

$$Q_R = Q_{rad,a} - \Delta Q, \quad Q_{rad,a} = \dot{m}_a c_{pa} (T_o - T_m) \quad (6)$$

의 관계가 성립하며 여기서 ΔQ 는 라디에이터에서 응축기로 전도되는 열전달량과 순복사열전달량을 합한 양이 된다. 결국 ΔQ 는 열적 상호작용을 나타내는 지수라 할 수 있다.

2.2 실험장치 및 방법

본 연구에서 사용된 실험장치는 두 개의 덱트와 H사의 G 자동차의 에어컨 그리고 동차종의 라디에이터와 실차에서의 환경을 재현 할 수 있는 주변장치 등으로 구성되어 있다.

응축기 입구 공기온도는 덱트 입구에 10kW 히터를 설치하여 슬라이다스로 전압을 변화시켜서 조절할 수 있도록 하였으며, 공기유량은 4개의 팬 회로에 0.3, 0.1, 0.2Ω의 저항을 병렬로 2개씩 설치하여 저항이 없을 때를 포함해서 4단계로 조절될 수 있도록 하였다.

압축기는 회전수를 정확하게 변화시킬 수 있도록 3상 2극 10hp짜리 인버터가 부착된 모터로 구동되며 모터의 회전수는 주파수를 변화시키면서 최대 3600rpm 까지 가능하도록 하였다. 에어컨 시스템 내부에 흐르는 냉매의 질량유량을 측정하기 위하여 냉매 질량유량계와 체적유량계를 사용하여 측정 비교하였다. 압축기 모터의 입력전력을 측정하기 위해 전력계를 설치하였고 실내 공기온도와 습도는 디지털 건습구온도계를 사용하였다. 냉매회로 각 지점의 압력은 불온계이저를 사용하여 고압부에 2곳, 저압부 2곳에서 측정하였으며 압축기 입·출구측에는 압력변환기를 추가로 설치하여 측정 데이터의 신뢰도를 높였다.

라디에이터와 냉각수 계통의 구성은 크게 항온조, 냉각수 순환펌프, 유량계 등의 부속품으로 구성하였는데, 15kW의 히터를 장착한 항온조로부터 냉각수 순환 펌프로써 라디에이터에 일정한 유량이 공급되도록 하였다. 이때 콰벨브로서 유량을 제어하며 유량계를 사용하여 유량을 측정하였다. 아울러 유량보정을 위해 일정시간 직접 냉각수를 추출해 그 무게를 측정하여 그 신뢰도를 높였다.

각 부위의 온도는 T형 열전대를 사용하여 공기측에서는 응축기 입·출구 12곳, 라디에이터 출구 6곳 등 총 46 곳에서 측정하였다.

앞서 서술한 46개의 열전대를 포함하여 모든 측정장치 데이터들은 데이터 처리장치에 연결되어 컴퓨터로 데이터를 받아 관련 소프트웨어를 이용하여 분석하였다. Fig.2는 실험장치의 구성도를 보여주고 있다.

실험은 3가지 경우에 대해 수행한다. 라디에이터 방열 능력실험, 응축기 방열능력실험 그리고 라디에이터와 응축기의 열적 상호작용에 관한 실험이 그것이다. 실험에서 유입되는 공기온도 $30 \pm 2^\circ\text{C}$, 항온조에서 공급되는 냉각수의 온도는 $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며 실험은 비정상상태에서부터 데이터를 측정하되 실험환경을 쉽게 알 수 있도록 실험 전 적정 환경을 만든 후 본 실험 시작 3분전부터 데이터를 측정하였다.

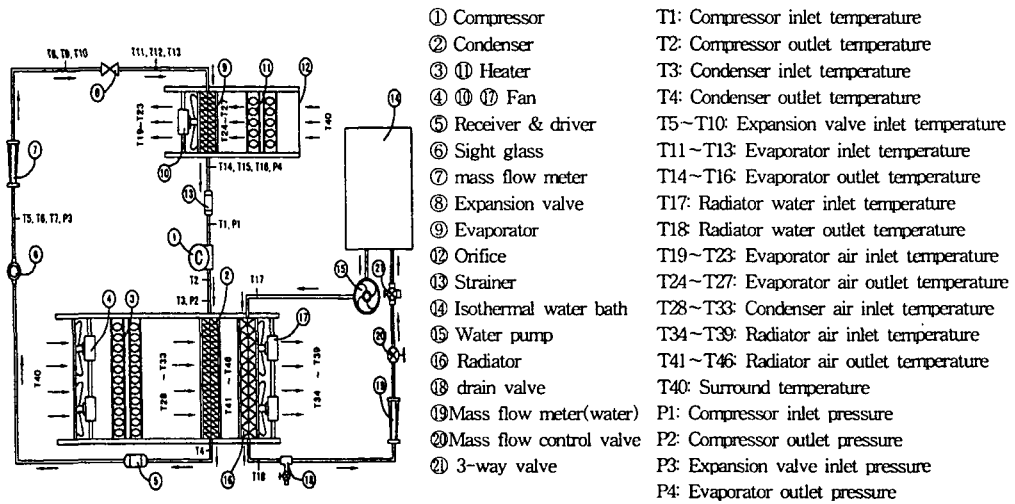


Fig.2 Schematic diagram of an experimental apparatus

2.3 실험결과 및 검토

실험결과는 라디에이터만 작동시킨 경우, 에어컨만 작동시킨 경우 및 라디에이터와 에어컨을 동시에 작동시킨 경우로 나누어 분석하고자 한다.

앞에서 이미 유도한 바와 같이 라디에이터와 응축기에서의 방열율, 관계되는 손실율 등을 실험결과로부터 계산하게 되는 데 다시 한번 요약하면 다음과 같다.

$Q_{rad,w}$ = 라디에이터에서 냉각수를 매체로 계산한 방열율

$Q_{rad,a}$ = 라디에이터에서 공기를 매체로 계산한 방열율

$Q_{rad,loss}$ = 라디에이터에서의 열손실율(= $Q_{rad,w} - Q_{rad,a}$)

$Q_{cond,r}$ = 응축기에서 냉매를 매체로 계산한 열방출율

$Q_{cond,a}$ = 응축기에서 공기를 매체로 계산한 열방출율

$Q_{cond,loss}$ = 응축기에서의 열손실율(= $Q_{cond,r} - Q_{cond,a}$)

$Q_{subloss}$ = 응축기나 라디에이터 미가동시 응축기나 라디에이터 자체의

열흡수율 (= $\dot{m}_a c_{p,a} \Delta T_a$, ΔT_a = 관계되는 공기 온도차)

1) 라디에이터만 작동한 경우

라디에이터만 작동시킨 경우, 냉각수량을 최소 5 l/min에서 최대 20 l/min까지 5 l/min 씩 증가시키면서 실험을 수행하였다. 공기 유량은 모든 실험에서 43.9 l/min로 일정하게 유지하였다.

Fig.3은 대표적으로 냉각수량이 10 l/min의 경우 중요 온도의 시간에 대한 변화를 보여 주고 있다. 전반적으로 가동된 지 5분 정도 지나면 정상상태에 도달함을 알 수 있다. 냉각수의 온도 강하는 11℃ 정도이고 대응하는 공기 온도 상승은 8℃ 정도임을 알 수 있다. 공

기가 응축기를 통과하면서 2℃ 정도의 온도 강하가 생기는 데, 이 온도차는 $Q_{subloss}$ 를 계산하기 위해 사용된다.

Fig.4는 역시 대표적으로 냉각수량이 10 l/min의 경우에 대해서 냉각수측 방열율 ($Q_{rad,w}$), 공기를 매체로 계산한 방열율 ($Q_{rad,a}$), 열손실 ($Q_{rad,loss}$) 및 응축기 자체의 열흡수율 ($Q_{subloss}$) 등을 시간에 대해서 계산하여 나타낸 것이다. 냉각수 온도차로 계산한 방열율은 8kW 정도이고 공기를 매체로 계산한 방열율은 6.5kW로 기타 열손실이 1.5kW 정도 된다는 것을 알 수 있다. 한편 응축기에 의한 열흡수율은 1.4kW 정도임을 알 수 있다. 본 실험에서 대기온도가 20℃이므로 응축기는 공기의 열을 흡수하여 라디에이터로 들어가는 공기온도를 낮추는 역할을 하고 결국 라디에이터의 방열율을 증가시키게 된다. 그러나 실제에 있어서 에어컨이 가동되었다 멈춘 상태라면 응축기 자체의 온도는 공기 입구온도인 30℃보다 높은 상태가 되고 이것은 라디에이터의 방열율을 다소 감소시키는 작용을 할 것이다.

Fig.5는 냉각수량 변화에 대한 방열율, 손실을 등을 비교한 것이다. 각각의 Q 값은 정상 상태 동안의 평균온도차로 계산된 것이다. 냉각수량의 증가에 따라 모든 Q 값이 증가함을 볼 수 있다. 냉각수량 증가에 따른 응축기 자체의 열흡수율은 큰 차이가 없는 데, 이는 응축기 자체의 열용량에 의존하는 값이기 때문이라 할 수 있다. 한편 10 l/min 이하일 때와 15 l/min 이상일 때 방열율이 큰 차이가 나타나는 데, 이는 입구 냉각수의 온도가 모든 유량일 때 동일하지 않은 것을 비롯한 실험 오차에 기인한다 할 수 있다.

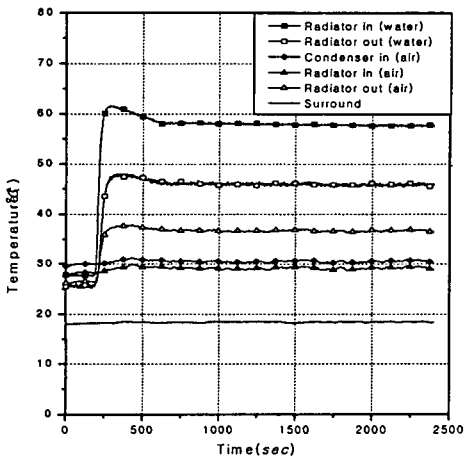


Fig.3 Important time-tracing temperatures for radiator operation only
($G=10$ l/min, $\dot{V}=43.9$ l/min)

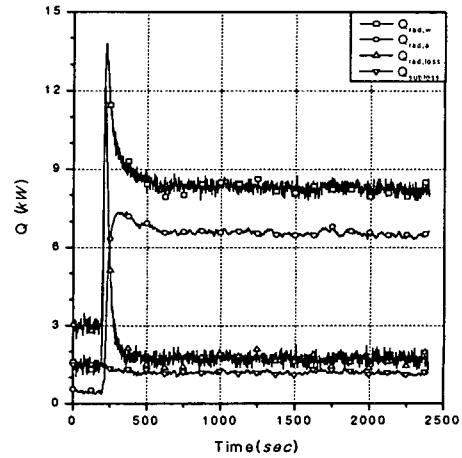


Fig.4 Time-tracing heat transfer rates for radiator operation only
($G=10$ l/min, $\dot{V}=43.9$ l/min)

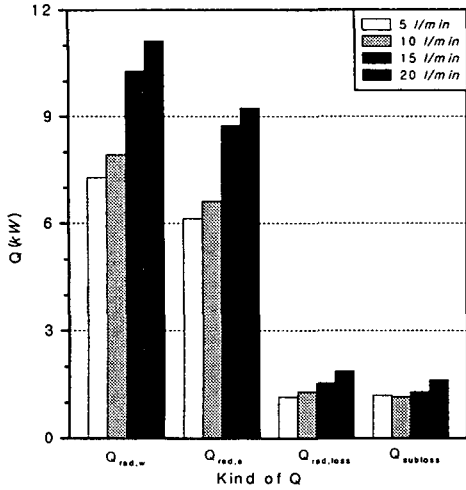


Fig.5 Comparison of various heat transfer rates according to water flow rates, for radiator operation only ($\dot{V}=43.9 \text{ l/min}$)

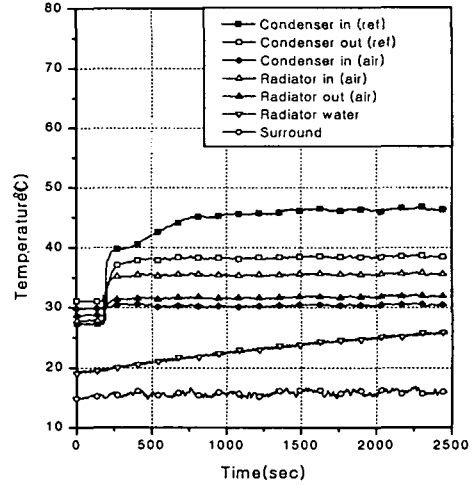


Fig.6 Important time-tracing temperature for condenser operation (compressor speed=1500rpm, $\dot{V}=43.9 \text{ l/min}$)

2) 응축기만 작동한 경우

응축기만 작동시킨 경우, 압축기 속도를 1000rpm에서 2000rpm까지 500rpm 씩 증가시키면서 실험을 수행하였다. 앞서와 같이 공기 유량은 모든 실험에서 43.9 l/min로 일정하게 유지하였다. Fig.6은 대표적으로 압축기 속도가 1500rpm인 경우 중요 온도의 시간에 대한 변화를 보여주고 있다. 냉매의 응축 온도는 40°C 정도로 입구 공기 온도인 30°C보다 10°C정도 크다. 응축기를 통과하는 공기의 온도 상승은 6°C 정도임을 알 수 있다. 응축기를 지난 공기가 라디에이터를 통과하면서 4°C 정도의 온도 강하가 생기는데, 라디에이터만 가동 시 응축기를 통과하는 공기온도차인 2°C 보다 두 배 정도 크다(Fig.2.7 참조). 이 온도차는 라디에이터 자체의 열흡수율 $Q_{subloss}$ 를 계산하기 위해 사용된다.

Fig.7은 역시 대표적으로 압축기 속도가 1500rpm의 경우에 대해서 냉매측 열방출율 ($Q_{cond,r}$), 공기를 매체로 계산한 열방출율 ($Q_{cond,a}$), 열손실 ($Q_{cond,loss}$), 라디에이터 자체의 열흡수율 ($Q_{subloss}$), 소요 동력 등을 시간에 대해서 계산하여 나타낸 것이다. 냉매의 엔탈피차로 계산한 열방출율은 5kW 정도이고 공기를 매체로 계산한 열방출율은 4.5kW로 기타 열손실이 0.5kW 정도 된다는 것을 알 수 있다. 한편 라디에이터에 의한 열흡수율은 3kW 정도로 응축기의 열흡수율인 1.4kW 보다 두 배 이상 크다는 사실을 알 수 있다. 이것은 라디에이터의 열용량이 응축기 보다 두 배 이상 크다는 사실을 보여주고 있다.

Fig.8은 압축기 속도 변화에 대한 열방출율, 손실율, 소요 동력 등을 비교한 것이다. 각각의 Q 값과 소요동력 값은 정상상태 동안의 평균온도차 또는 평균엔탈피차로 계산된 것이다. 압축기 속도가 증가함에 따라 모든 값이 증가함을 볼 수 있다. 역시 라디에이터 자체의 열흡수율은 큰 차이가 없으며, 물의 열용량이 크므로 응축기의 열흡수율보다 크다.

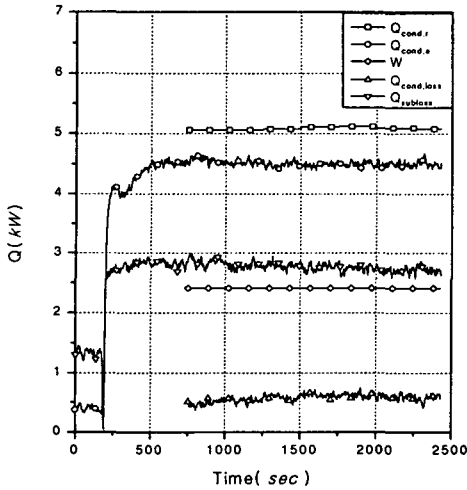


Fig.7 Time-tracing heat transfer rates and input power for condenser operation only (compressor speed=1500rpm, $\dot{V}=43.9 \text{ l/min}$)

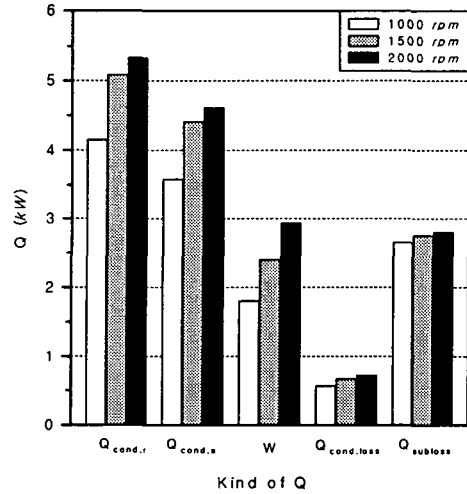


Fig.8 Comparison of heat transfer rates compressor speed, for condenser and input power according to operation only ($\dot{V}=43.9 \text{ l/min}$)

3) 응축기와 라디에이터가 동시에 작동한 경우

응축기와 라디에이터를 동시에 작동시킨 경우는 냉각수량을 일정하게 한 후, 압축기 속도를 1000rpm에서 2000rpm까지 500rpm 씩 증가시키면서 실험을 수행하였다. 역시 공기 유량은 모든 실험에서 43.9 l/min로 일정하게 유지하였다.

Fig.9는 대표적으로 압축기 속도가 1500rpm이고 냉각수량이 10 l/min인 경우 중요 온도의 시간에 대한 변화를 보여주고 있다. 냉매의 입출구 온도를 보면 응축 온도는 대략 40℃ 정도임을 알 수 있다. 한편 공기는 응축기를 통과하면서 8℃, 라디에이터를 통과하면서 4℃ 정도 온도가 상승된다.

Fig.10은 대표적으로 압축기 속도가 1500rpm이고 냉각수량이 10 l/min의 경우에 대해서 공기를 매체로 계산한 라디에이터 방열율($Q_{rad,a}$)과 응축기 열방출율($Q_{cond,a}$)을 시간에 대해서 계산하여 나타낸 것이다. 라디에이터측의 방열율은 정상상태에 도달한 후 일정하게 유지되는 것에 반해 응축기측 열방출율은 계속 조금씩 감소하고 35분 이후 3kW로 유지되는 경향을 볼 수 있다. 라디에이터의 온도가 응축기보다 높기 때문에 전도와 복사에 의해 라디에이터로부터 응축기로 열전달이 일어나고 이것이 응축기의 열방출율을 감소시킨 것으로 보여진다. 결국 응축기와 라디에이터의 열적 상호작용의 결과로 보여진다.

Fig.11은 응축기를 가동할 때와 하지 않을 때 라디에이터의 방열율과 그 차이를 각 유량에 대해서 보여주고 있다. 응축기가 가동되면 라디에이터의 방열율이 매우 크게 감소하는 것을 볼 수 있으며, 유량이 증가함에 따라 그 감소율이 커진다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 방열율의 감소는 공기가 응축기를 통과하면서 열을 받아 온도가 상승되어 라디에이터 입구측 공기온도가 상승하는 것에 기인한 것으로 열적 상호작용은 아니다. 결국 응축기

의 작동 여부가 라디에이터의 방열율에 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

Fig.12는 라디에이터를 가동할 때와 하지 않을 때 응축기의 열방출율을 냉각수량의 변화에 따라 비교한 것이다. 단 압축기 속도는 1500rpm으로 일정하게 유지한 경우이다. 일정한 압축기 속도에서 라디에이터의 냉각수량이 증가함에 따라 응축기의 열방출율이 감소한다. 냉각수량 20 l/min의 경우 응축기의 열방출율은 4.15kW로서 라디에이터 미가동시에 비해 8% 가까이 감소한다.

사실 공기의 흐름만을 생각하면 라디에이터는 응축기 뒤에 설치되어 있으므로 응축기에 영향을 끼친다고 볼 수 없다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 전도나 복사(본 실험의 경우 대부분을 차지함)에 의해 라디에이터의 열이 응축기에 전달되고 이것이 응축기의 열방출율을 감소시킨 것으로 볼 수 있다. 이는 열적 상호작용을 단적으로 보여주는 결과라 할 수 있으며 그림에서의 차이 값은 이론부에서 언급한 열적 상호작용 지수인 ΔQ 의 의미라 할 수 있다.

본 실험장치에서 응축기와 라디에이터가 10cm 가량 떨어져 있다. 이 정도 떨어져 있음에도 최대 8% 정도 열방출율이 감소한다는 사실은 실제 차량에 있어서 그 감소 폭은 더 클 것으로 예상된다. 왜냐하면 실제 차량에서 응축기와 라디에이터는 거의 접촉되어 있는 상태이기 때문이다.

그러므로 응축기와 라디에이터가 동시에 가동될 경우, 라디에이터는 입구 공기 온도의 상승 때문에, 응축기는 열적 상호작용 때문에 각기 열방출율이 감소한다는 것을 알 수 있다.

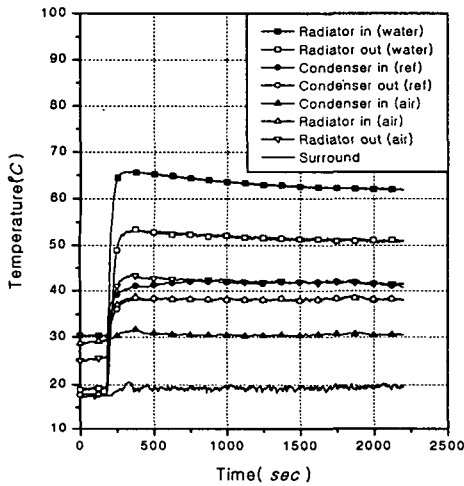


Fig.9 Important time-tracing temperatures for simultaneous condenser and radiator operation (compressor speed = 1500rpm, $\dot{V}=43.9$ l/min)

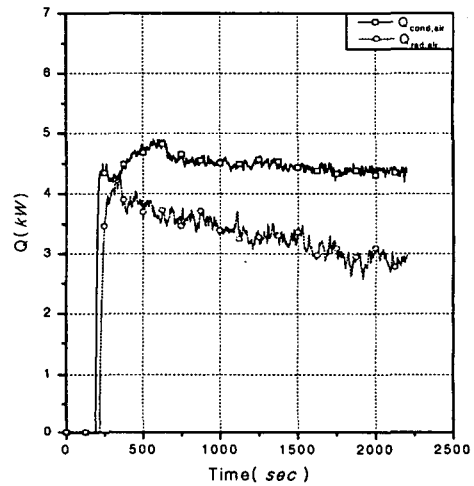


Fig.10 Time-tracing heat rejection rates for simultaneous condenser and radiator operation (compressor speed=1500rpm, $\dot{V}=43.9$ l/min)

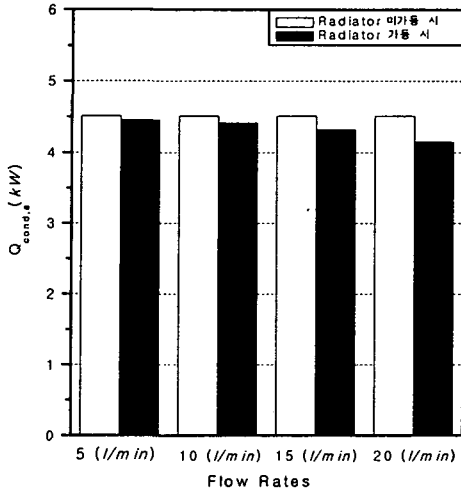


Fig.11 Comparison of heat rejection rates of radiator when condenser operates or not, according to water flow rates (compressor speed=1500rpm, $\dot{V}= 43.9 \ell / \text{min}$)

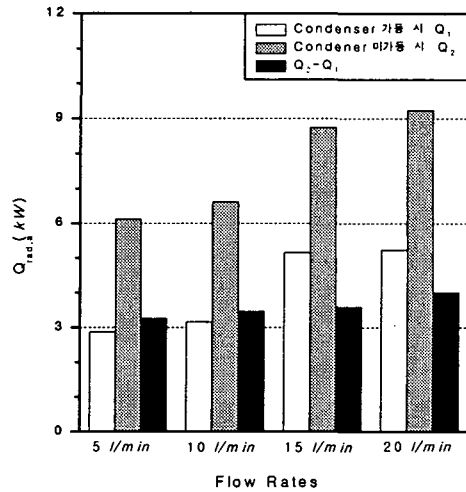


Fig.12 Comparison of heat rejection rates of condenser when radiator operates or not, according to water flow rates (compressor speed=1500rpm, $\dot{V}= 43.9 \ell / \text{min}$)

3. 결론

본 연구에서는 응축기의 영향에 의해 발생하는 라디에이터의 방열 특성 변화뿐만 아니라 열적 상호작용을 고찰하기 위해 실험장치를 구성하고 라디에이터만 단독으로 작동하였을 경우, 응축기만 단독으로 작동하였을 경우 그리고 라디에이터와 응축기를 동시에 작동하였을 경우에 대하여 각각 실험을 수행하였다.

실험결과 고찰로부터 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 라디에이터만을 가동시켰을 경우 냉각수 유량의 증가에 따라 방출열이 점차 증가함을 알 수 있었고, 응축기 자체의 열흡수율이 분명 존재 하지만 그다지 큰 차이를 나타내지는 않았다. 이 값은 응축기 자체의 열용량에 의존하는 값이기 때문이다.

둘째, 응축기만을 작동시켰을 경우 역시 압축기의 회전수가 증가할 수록 열방출량이 증가함을 알 수 있었다. 이때 역시 라디에이터 자체의 열흡수는 존재하며 그 변화는 큰 차이를 가지지 않으나 응축기의 열흡수율 보다는 큼을 알 수 있었고, 이 또한 라디에이터 자체의 열용량에 의존하는 값이기 때문이다. 또한 라디에이터의 열흡수율은 응축기의 열흡수율에 비해 대략 2배 이상 크다.

셋째, 응축기와 라디에이터를 동시에 작동시킨 경우에도 라디에이터의 냉각수 유량과 압축기 회전수 증가에 따라 그 열방출량이 증가한다. 하지만 라디에이터의 경우 단독으로 구

동되었을 때에 비해 방열율이 크게 감소하며 유량이 증가할수록 그 감소율이 커진다. 또한 응축기의 경우도 응축기 단독으로 구동되어질 때 보다 라디에이터가 구동될 때 응축기 열 방출율이 감소하며 이 또한 라디에이터의 냉각수 유량이 증가할수록 그 감소 폭이 커진다.

따라서 응축기와 라디에이터가 동시에 가동될 경우 라디에이터는 입구 공기온도상승, 응축기는 열적 상호작용으로 인하여 각각의 열방출율이 감소하여 각각의 성능저하를 초래한다. 그러므로 라디에이터와 응축기 사이의 열적인 상호간섭의 감소방법이나 적절한 제어 방식 등의 개발에 관한 연구가 앞으로 필요하다고 하겠다.

참고문헌

1. Toru Asanuma, Kazuhiko Kojima, Hironori Muramoto and Katsumi Nakamura, "Analysis of Mutual Thermal Effects in Radiator and Condenser Cooling", SAE Paper 971774, 1997.
2. 선우명호, 임홍재, 이기형, 이장명, "Automotive Mechanics", 1998.
3. K. Newton, W.Steeds and T. K. Garrett, "The Motor Vehicle", 1972.
4. T.P. Newcomb and R. T. Spurr, "A Technical History of the Motor Car", 1996.
5. Herbert E. Ellinger and James D. Halderman, "Automotive Engines (second edition)", 1997.
6. Ken Layne, "Automotive Engine Performance(second edition)", 1995.
7. J. P. Holman, "Heat Transfer(seventh edition)", McGraw-Hill, 1992.
8. 정동수, 이춘식, "자동차용 라디에이터의 방열성능설계에 관한 연구", 자동차공학 회지 Vol.16, No.5, pp.65~75, 1989.
9. ASHRAE Handbook, Fundamentals, 1997.
10. H. Kamotf, B. Dlenhart, B. Taxis-Reischl, "Optimization of Automotive Refrigeration Systems Using Load Maps", SAE Paper 971801, 1997.
11. Sadik Kakac, Hongtan Liu, "Heat Exchangers", Univ. of Miami, 1995.
12. Yunus A., Cengel, "Heat Transfer", McGraw-Hill, 1999.