< 기술논문 >

인테이크 도어 제어를 이용한 고성능 냉난방 시스템

박 동 규¹⁾ · 김 용 철^{*2)}

현대모비스 안전선행설계팀¹⁾ · 현대자동차 카핏모듈설계팀²⁾

Air Intake Door Control for the High Air Conditioning Performance

Dongkyou Park¹⁾ · Yongchul Kim^{*2)}

¹⁾Technical Center, Hyundai MOBIS, 17-2 240 Beon-gil, Mabuk-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi 446-912, Korea

²⁾Research & Development Division, Hyundai Motor Company, 772-1 Jangdeok-dong, Hwaseong-si, Gyeonggi 445-706, Korea

(Received 31 May 2013 / Revised 3 September 2013 / Accepted 5 September 2013)

Abstract : Recently, the quick heating performance is an important issue in the car because engine power becomes so high. So car makers have been adapted the additional heating devices as like PTC(Positive Temperature Coefficient) heater. And the quick cooling performance is also important issue because its result is used in the IQS(Initial Quality Study). In this paper, control of the HVAC(Heating, Ventilation and Air Conditioning) intake door has been studied for the quick heating and cooling performance. Heating performance is improved 4.0°C at -20°C ambient temperature after 20 minutes. And cooling performance is improved 1.5°C at 35°C ambient temperature after 10 minutes. In addition, intake door control system brings on the cost reduction because the flab door can be eliminated. This intake door control system has been adapted to the new developing cars.

Key words : Intake door(인테이크 도어), Blower unit(블로워 유닛), Heater control(히터 컨트롤), Quick heating and cooling performance(초기 냉난방성능), Flab door(플랩 도어)

1. 서 론

최근 자동차 산업에서 연비가 중요시 되면서 엔진 효율은 크게 향상되었고, 이에 따라 에너지 소비로 나타나는 엔진 폐열이 줄어들게 되었다. 이러한 폐열의 부족은 차량 공조시스템의 난방성능 부족으로 이어지게 된다. 추운 날씨 조건에서 빠른 시간 안에 쾌적한 난방을 원하는 고객의 요구를 만족시키기 위해 각 자동차 회사에서는 PTC(Positive Temperature Coefficient) 히터 및 연소식 히터 등의 보조히터를 적용하여 초기 쿼(Quick) 난방성능 확보를 위해 노력하고 있다. 냉방성능에 있어서도 2006년에 북미 차량의 품질평가지수가 IQS2(Initial Quality Study 2)

에서 IQS3로 바뀌면서 초기 쿼냉방성능 항목이 추가되었으며, 이 평가지수에서 좋은 점수를 받기 위해 각 자동차사는 초기 냉방성능 확보를 위하여 노력중이다.¹⁾ 이러한 연구 중 하나의 방법으로 선진 자동차사에서는 HVAC(Heating, Ventilation and Air Conditioning)에 들어오는 외부공기와 내부공기의 양을 적절히 조절하는 연구를 진행하여 각 자동차사별로 교유한 기술을 적용하고 있다.²⁻⁵⁾ 일본 T사의 경우 HVAC 케이스에 플랩 러버 도어(Flap Rubber Door)를 설치했으며, 일본 H사의 경우에는 HVAC 인테이크 도어(Intake Door) 면에 플랩 러버 도어를 설치하였다.⁶⁾ 국내에서는 HVAC 필터케이스에 플랩 러버 도어를 설치하여 일부 차종에 적용하고 있다. 본 연구에서는 이러한 플랩 러버 도어를 대신하

*Corresponding author, E-mail: kimyc@hyundai.com

여 주변 상황에 따라 인테이크 도어를 능동적으로 제어함으로써 플랩 러버 도어 설치 이상의 초기 쿨 냉난방 성능을 확보할 수 있는 제어로직을 연구하였다.

2. 내외기 혼입 기술

초기의 빠른 쾌적온도 도달을 위해서 차량 외부 공기를 100% 유입하는 것보다 일정 비율의 내부 공기를 혼입하는 것은 차량 실내 냉난방 성능을 향상 시키는데 많은 도움이 된다. 예를 들어 -30°C 의 100% 외부공기가 히터 코어에 들어가 열교환 후 토출 온도가 10°C 로 된다고 하자. 만약 0°C 의 차량 실내공기가 일부 혼입하여 히터 코어 입구에서 -20°C 공기가 들어가면 열교환 후 실내 토출 온도는 20°C 가 되어 실내 온도를 더 빨리 올릴 수 있게 된다. 냉방 성능의 경우도 이와 마찬가지로 된다.

다음 Fig. 1은 T사가 최초로 적용한 블로워 케이스에 플랩 도어를 적용한 사례이며, Fig. 2는 H사가 인테이크 도어 내부에 플랩 도어를 설치한 사례이다.

이 두 가지 기술은 특허 등록이 되어 국내 차량에서는 사용이 불가능한 상황이었어서, 이러한 구조를 회피하기 위하여 Fig. 3과 같이 에어컨 필터 케이스에 플랩 도어를 설치하여, 실제 차량들에 적용하고 있다. 그러나 이러한 플랩 도어의 적용은 HVAC 블로워 풍량이 높을 경우 효과를 발휘하나, 블로워 풍량이 적을 경우 러버(Rubber)의 자중에 의해 도어가

Fig. 1 Flap door on blower case

Fig. 2 Flap door on intake door

Fig. 3 Flap door on blower case

열리지 않아 그 효과가 작아지며, 특히 플랩이 케이스를 때리면서 발생하는 “짹짹” 노이즈를 개선하기 위하여 실링(Sealing)제를 부착하여 원가가 증대되는 문제점이 발생하고 있다.

3. 인테이크 도어 제어시스템

차량 공조장치인 HVAC의 장착 위치와 HVAC 내의 블로워 유닛 위치 및 내외기의 도입을 Fig. 4에 나타내었다. 본 연구에서는 국내 SUV 차량 및 MPV 차량을 이용하여 초기 냉난방 성능의 영향도를 평가하였으며, 냉난방성능에 영향을 미치는 인자들의 영향도를 연구하였다.

Fig. 4 Inlet and outlet air mixing configuration

3.1 제어인자 선정

차량의 초기 냉난방 성능 향상을 위한 인테이크 도어 제어를 위해 필요한 인자는 냉방 모드와 난방 모드로 분리하여 구분하였다. 먼저 난방 모드에서 필요한 인자를 살펴보면, 엔진 예열 전후를 판단하기 위하여 엔진 냉각수 온도를 인자로 선정하였으며, 쿨난방 필요 유무를 판단하기 위하여 외부공기 온도, 설정 온도 및 템프 도어(Temp Door) 위치의 피드백(Feed-Back) 값, 그리고 인테이크 도어 열림량을 인자로 선정하였다. 또한 블로워 작동시만 인테이크 제어로직 진입을 해야하므로 블로워 On/Off도

Fig. 5 Inlet of fresh air

Table 1 Control factors of intake door

Items	Control factors
Cooling	Blower, Temperature Condition, Car Velocity, Intake Door Open Length, Outlet Air Temperature
Heating	Blower, Temperature Condition, Car Velocity, Intake Door Open Length, Outlet Air Temperature, Cooling Water Temperature

인자로 선정되었다. 다음으로 냉방의 경우는 대부분 난방과 중복이 되나, 엔진 수온은 의미가 없어서 인자에서 제외하였다. 위의 인자 중 차속은 Fig. 5와 같이 고속주행시 내외기 도어와 블로워 유닛 사이의 틈을 통해 외부의 차가운 공기가 실내로 유입되어 승객의 무릎 시림을 발생시키므로, 차속에 의한 공기 압력에 의해 실내로 공기가 들어오지 않도록 일정 차속 이상시 인테이크 도어 제어로직 진입을 차단할 필요가 있다. 다음 Table 1에 인테이크 도어 제어인자를 냉난방을 구분하여 정리하였다.

3.2 실차 난방 성능 평가 결과

실차 평가에 사용된 차량은 국내 소형 SUV 가솔린 2400cc엔진, 디젤 2000cc 엔진과 국내 MPV 디젤 2200cc 엔진이 이용되었다. 먼저 가솔린 2400cc엔진의 난방성능 평가는 Fig. 6에 표시된 것과 같이 -30°C 외부 공기 온도, 50km/h 주행조건, 20분 시점에 차량 실내 평균 온도를 평가한 결과 인테이크 도어 제어가 들어간 차량의 경우 18.3°C, 인테이크 도어 제어가 들어가지 않은 차량의 경우 15.7°C로 인테이크 도어 제어 유무에 따라 약 2.6°C의 난방 성능 향상 효과가 있었다. 가솔린 2400cc 엔진의 히터코어 토출 온도는 인테이크 도어 제어가 들어간 경우가 10분 시점에서 약 18°C, 20분 시점에서 약 10°C의 온도 상승 효과가 있음을 Fig. 7에서 볼 수 있다.

Fig. 6 Average room temperature of the 2400cc gasoline engine

Fig. 7 Discharge temperature of the 2400cc gasoline engine

Fig. 8 Average room temperature of the 2000cc diesel engine

SUV 차종의 디젤 2000cc엔진의 외기 온도 -20°C에서의 평가 결과는 20분 시점에서 약 4°C의 난방 성능 향상을 가져왔으며 Fig. 8과 같다. 또한 아이들 (Idle) 상태에서 60분 동안 측정된 데이터는 인테이크 도어 제어가 적용된 차량이 적용되지 않은 차량보다 60분 시점에서 약 6°C의 난방 성능 향상 효과가 더 있었고 그 결과는 Fig. 9와 같다.

Fig. 9 Average room temperature of the 2000cc diesel engine (Idle state)

Fig. 10 Average room temperature of the 2200cc diesel engine

차종 간의 상관성을 확인을 위해 MPV 차량의 2200cc 디젤 엔진의 경우 동일 조건에서 평가한 결과 인테이크 도어 제어가 들어가지 않은 차량이 20분 시점에서 약 2.1°C, 40분 시점에서 약 4°C의 난방 성능 향상 효과가 있었고 그 결과는 Fig. 10과 같다.

이 두 차종의 평가 결과 초기 난방 성능은 인테이크 도어 제어가 들어간 차량의 경우 20분 시점에서 실내 평균 온도가 2°C 이상 난방 성능 효과가 높음을 확인할 수 있었다.

3.3 실차 냉방 성능 평가 결과

실차 냉방 성능 평가를 위해 사용된 차량은 SUV 디젤 2000cc 엔진 차량이다. 다음 Fig. 11은 외기 온도 35°C 조건, 아이들 상태에서 차량 공조장치의 설정 온도를 23°C로 하고 인테이크는 강제 외기로 평가한 결과이다. 초기 10분 후부터 인테이크 도어 제어 유무에 따라 약 1.5°C 실내 온도 차이가 발생함을

Fig. 11 Average room temperature of the 2000cc diesel engine (Idle state)

Fig. 12 Average room temperature of the 2000cc diesel engine (Go-Stop state)

알 수 있었다. 또한 Fig. 12는 외기온 45°C 조건에서 설정 온도를 23°C로 하고 인테이크는 강제 외기로 맞춘 후, 2분 단위로 아이들과 50km/h 속도로 고스탑(Go-Stop)을 반복하여 얻은 결과이다. 아이들 상태 평가와 마찬가지로 인테이크 도어의 제어 유무에 따라 약 1.5°C의 실내 온도 차이가 발생하고 있다. 이는 실내의 열적 부하가 인테이크 도어 제어를 적용한 차량의 경우에 상대적으로 온도가 낮은 실내 공기를 일부 흡입하면서 에어컨 시스템에 작용되는 열적부하가 감소됨을 나타낸다고 할 수 있다. 즉 에어컨 시스템의 열적부하 감소에 따라 컴프레서의 부하가 줄어들어 연비 개선 효과가 있다고 할 수 있다.

3.4 외부 공기의 실내 유입 평가

인테이크 도어 제어를 사용함에 있어 문제점으로 예상되는 차량 속도에 따른 외부 공기의 실내 유입을 검증 평가하였다. 검증 평가를 위해 Fig. 13과 같이 블로워 유닛의 6개소에 온도센서를 설치하여 외부의 차가운 공기가 속도에 따라 실내로 유입되는지 평가하였다. 결과는 Fig. 14와 같이 차속이 80km/h 이상일 경우에만 외부의 공기가 실내로 유입되는 것을 알 수 있었으며, 보다 악의 조건 평가를 위해 필터의 50%를 밀봉한 상태에서 평가한 결과 차속이 70km/h 이상일 때에 외부의 공기가 실내로 유입되었다.

따라서 본 연구에서는 인테이크 도어 제어를 사용함에 따른 예상 문제점을 없애기 위해서 차속이 60km/h 이하에서만 인테이크 도어를 제어하도록 설정하였다. 또한 급속한 냉난방 성능이 필요할 때에만 인테이크 도어 제어를 시작할 수 있도록 설정 온도, 냉각 수온의 일정 온도 이하 및 블로워 작동 상태 등을 규제하도록 하였다.

Fig. 13 Temperature sensor position

Fig. 14 Air velocity influence

4. 결 론

최근 이슈가 되고 있는 초기 쿨링난방 성능 향상을 위하여 기존의 플랩 도어를 대체하여 HVAC 내의 인테이크 도어 제어를 통해 기존 성능보다 높은 개선 효과를 확인하였다. 또한 고유 제어 로직을 연구하여 쿨링난방 성능 경쟁력을 갖게 되었고 플랩 도어 삭제를 통한 원가 절감 및 열적부하 개선을 통한 연비개선 효과도 기대할 수 있다. 주요 결론은 다음과 같다.

- 1) SUV 가솔린 2400cc 엔진의 경우 -30°C 외부 공기 온도, 디젤 2000cc 엔진의 경우 -20°C 외부 공기 온도에서 50km/h 속도의 주행조건 20분 시점에서 가솔린 엔진은 실내 평균 온도 약 2.6°C, 히터코어 유입 온도는 약 10°C 개선되었고 디젤 엔진은 실내 평균 온도 약 4°C 개선 효과가 있었다. 디젤 엔진 아이들 상태 60분 조건에서는 약 6°C의 난방 성능 향상 효과가 있었다.
- 2) MPV 디젤 2200cc 엔진은 -30°C의 외부 공기 온도와 50km/h 주행 조건의 20분 시점에서 인테이크 도어 제어 유무에 따라 실내 평균 온도는 약 2.6°C, 히터코어 인입 온도는 약 10°C의 난방 성능 효과가 있었다.
- 3) 실차 냉난방 성능에서는 아이들 상태의 외기는 35°C 조건에서 차량 공조장치 설정 온도를 23°C, 인테이크는 강제 외기로 평가한 결과 초기 10분 후부터 약 1.5°C의 실내 온도 개선 효과가 있었다.
- 4) 차량 Go-Stop 모드에서 냉방효과 검증을 위해 외기는 45°C 조건에서 설정 온도를 23°C, 인테이크는 강제 외기로 설정 후 평가한 결과 약 1.5°C의 실내 온도 개선 효과가 있었다.
- 5) 외부 공기의 실내 유입 문제를 없애기 위하여 차속, 설정 온도 및 수온 등의 인자를 진입 조건으로 부여하여 인테이크 도어 제어로직을 수립하였다.
- 6) 인테이크 도어 제어로직을 통하여 내외기 제어를 함으로써 기존의 플랩 도어를 삭제하여 원가 절감을 할수 있으며, 플랩 도어 작동에 의한 소음 문제 및 차속에 의한 내외기 유입량의 상이 문제를 해결할 수 있었다.

References

- 1) J. D. Power, The Report of Initial Quality Study, 2009.
- 2) M. Hirota, H. Asano, H. Nakayama, T. Asano, K. Tada and S. Hirayama, "Turbulent Mixing of Hot and Cold Air in HVAC for Automobile Air Conditioning System," National Heat Transfer Symposium of Japan, pp.615-616, 2004.
- 3) M. Kazuhiko, "The Trend of Vehicle Air Conditioning System," Refrigeration, Vol.80, No.937, pp.977-983, 2005.
- 4) D. Huang, M. Wallis, E. Oker and S. Lepper, "Design of Vehicle Air Conditioning Systems Using Heat Load Analysis," SAE 2007-01-1196, 2007.
- 5) D. Harrison, "Air Conditioning System Utilizing Vehicle Waste Energy," SAE 2009-01-0543, 2009.
- 6) DENSO, Air Passage Switching Device, Inside/Outside Air Switching Device for Vehicular Air-conditioner, Japan Patent 2005-219679, 2005.