

벤치 연비 모사 조건에서 차량용 에어컨 압축기의 특성에 관한 연구[§]

유성연* · 김영신*[†]

* 충남대학교 기계설계공학과

Study on Characteristics of Car Air-con Compressor Under Bench System Fuel Economy Simulation Condition

Seong Yeon Yoo* and Young Shin Kim*[†]

* Dept. of Mechanical Design Engineering, Chungnam Nat'l Univ.

(Received December 19, 2011; Revised April 9, 2012; Accepted April 16, 2012)

Key Words: Air-Conditioning System(에어컨), Compressor(압축기), Fuel Economy(연비), Bench Test(대상 시험), Climate Wind Tunnel(환경 풍동), RPM(revolution per minute)

초록: 본 연구에서는, 차량용 에어컨 시스템으로 구성된 벤치 장비에서의 실험을 통하여 에어컨 관련 북미 실차 연비 평가 모드 중의 하나인 SC03 모드 연비 평가의 벤치 모사 시험 가능성을 검증하였다. 본 연구에 사용된 설비는 차량용 에어컨 시스템을 실차 조건처럼 구성할 수 있는 각각의 챔버로 구분되어져 있으며, 외부 환경을 재현할 수 있도록 온도와 습도, 풍속을 제어할 수 있도록 구성하였다. 지금까지 실차 환경 풍동에서 평가 되어지던 SC03 모드 연비 평가에 대하여 시스템 벤치에서 모사가 가능하도록 실차에서 가장 중요한 변수인 차속과 차량 전면 풍속에 대응하는 압축기 회전수와 응축기 전면풍속에 대한 신뢰성을 확보하였다. 이를 바탕으로 다양한 토출 용량을 가지는 압축기를 가지고 에어컨 시스템 벤치 장비에서 SC03 연비 모사 실험을 수행하여, 압축기 토출량의 차이에 따른 연비의 차이가 특징 지어지는 것을 확인하였다.

Abstract: In this study, an experiment on an air conditioning test bench was performed to verify the possibility of fuel economy simulation for the SC03 mode, North America fuel economy certification mode with a/c on condition, one of the vehicle fuel economy evaluation modes. The air conditioning test bench used in this study had each chamber simulating the actual vehicle air conditioning system and the controlling temperature, humidity, and air flow velocity to reproduce environmental conditions. Reliable results were obtained about the compressor RPM and inlet air velocity in front of the condenser corresponding to vehicle speed and air velocity in front of the vehicle, respectively, in the simulation of the SC03 mode, previously performed in CWT, in an air conditioning test bench. It was also discovered that there was a distinct difference in the fuel economy depending on the difference in the compressor displacement in the simulation test of the SC03 mode in the air conditioning test bench under various displacement conditions of the compressor.

1. 서 론

20 세기 후반부터 전세계적으로 이상 기후와 자연 재해가 속출하여 인적 물적 피해가 급격하게 증가되고 있다. 이러한 현상의 주 요인으로 과학자들은 화석 연료사용의 증가와 이로 인해 발생되

는 오존층 파괴 물질로 인한 지구 온난화를 지목하여 선진국을 주축으로 지구 온난화 방지 및 화석 연료 사용을 줄이기 위한 노력이 경주되고 있다.

최근 동일본 대지진으로 선진국간에도 약간의 변화 움직임은 있었으나 1997 년 도쿄 의정서에 준한 이산화탄소 저감을 위한 각국의 노력과 규제는 여전히 진행형이다.

세계 경제의 주요한 위치를 차지하고 있는 자동차 산업은 지구 온난화의 주범으로 여겨지는 이산화탄소 배출의 상당 부분을 차지하고 있으며, 각

§ 이 논문은 대한기계학회 2011 년도 추계학술대회(2011. 11. 2.-4., EXCO) 발표논문임

† Corresponding Author, yskim2@e-hcc.com

© 2012 The Korean Society of Mechanical Engineers

국의 완성차 업체들은 앞다투어 이를 감축하기 위한 노력과 기술 개발에 총력을 기울이고 있다.

2000년대 이후로 국내·외에서 자동차 관련 산업에서는 연비 개선을 위한 많은 실험과 제안들이 쏟아져 나오고 있으며, 최근에는 자동차 보기류들 중에서 자동차 연비에 상당한 영향을 주고 있는 에어컨 시스템 관련 연비 분석 및 개선 활동이 활발하게 진행되고 있다.

송준형 등⁽¹⁾은 차량 자체의 문제가 아닌 운전자의 운전 특성, 즉 과도한 급가속이 연비를 악화시킨다는 것을 연구하였으며, 김대광 등⁽²⁾은 차량에서 에어컨의 작동 유·무에 따른 연비 영향에 대하여 실험을 통하여 에어컨을 작동시킬 때 약 15.92% 연비가 악화됨을 연구하였다. O. Gaveau 등⁽³⁾은 에어컨 벤치 시스템을 통하여 에어컨에서 연비에 상당한 부분을 차지하는 압축기의 일량에 따른 COP(Coefficient of Performance)의 변화에 대한 연구를 진행하였으며, 차용웅 등⁽⁴⁾은 에어컨 시스템의 저온과 고온 상태의 냉매 배관의 열전달 특성 변화에 따른 성능 향상을 통하여 압축기 사양을 낮추어 연비를 약 2.4%정도 개선됨을 확인하였다. 김세준 등⁽⁵⁾은 동일 차량에서 동일 용량의 가변식 압축기와 고정식 압축기에 대한 연비 평가를 진행하여 분석 결과를 발표하는 등 다양한 실험들이 진행 되어져 오고 있다.

완성차 업체가 아닌 자동차 부품 업체에서는 실차 연비 평가를 진행 할 수 있는 초기 건축비와 유지비가 고가인 실차 환경 풍동(CWT : Climate Wind Tunnel)을 보유한다는 것이 쉽지 않은 게 현실적인 상황이다.

따라서, 본 연구의 목적은 에어컨 시스템에서 차량 연비에 가장 크게 기여하고 있는 압축기에 대한 연비 평가 영향도를 파악하기 위하여 실차 연비 평가 설비의 활용상의 제약성과 많은 실험 비용이 소요되는 실차 상태의 평가 대신 에어컨 시스템 벤치를 구성하여 SC03 모드 연비 평가 조건을 구현하고, 구현된 에어컨 시스템 벤치에서 압축기 토출 용량별로 SC03 모드 연비 모사 평가를 진행하여 압축기별 연비 차이를 확인 하고자 함에 있다.

2. SC03 연비 모드

2.1 연비 규제

자동차에 대한 세계 각국의 연비 규제는 해를 거듭할수록 강화되어 가고 있는 실정이다.

대표적으로 유럽과 북미에서는 이미 규제가 적

용되고 있으며, 미국의 연비규제법(CAFE : Corporate Average Fuel Economy)의 경우 Table 1에서 보는 바와 같이 차량의 중량과 크기에 따라서 연비 규제를 하고 완성차 메이커별로 판매량과 연비를 총량제로 연계 하고 있으며, 규제 초과시에는 차량 판매 대수 별로 과징금을 부과하고 차량의 판매에 불이익을 줄 수 있도록 하고 있다.

미국 환경 보호청(EPA: Environmental Protection Agency)에서는 소비자들이 차량을 구입할 때 연비 수준과 차량 유지 비용은 물론 차량 운행시 환경에 미치는 영향을 쉽게 확인하고 차량을 선택 할 수 있도록 연비 라벨을 규제화하여 차량에 부착하는 것을 법으로 규제화 하고 있다.

또한, 국내에서도 지식 경제부에서 2012년부터 2015년까지 단계적으로 자동차 이산화탄소 배출량을 감소하여 결과적으로 2009년 대비 12.2% 감축하는 규제를 시행할 예정이다.

2.2 연비 평가 조건

완성차에 대한 연비 규제의 충족 여부를 확인하

Table 1 2012-2025 CAFE standards for each model year in miles per gallon ⁽⁶⁾

Model Year	Passenger Cars				Light Trucks			
	smaller		bigger		smaller		bigger	
	CAFE	EPA Window Sticker	CAFE	EPA Window Sticker	CAFE	EPA Window Sticker	CAFE	EPA Window Sticker
2012	36	27	28	21	30	23	22	17
2013	37	28	28.5	22	31	24	22.5	17
2014	38	28	29	22	32	24	23	18
2015	39	29	30	23	33	25	23.5	18
2016	41	31	31	24	34	26	24.5	19
2017	44	33	33	25	36	27	25	19
2018	45	34	34	26	37	28	25	19
2019	47	35	35	26	38	28	25	19
2020	49	36	36	27	39	29	25	19
2021	51	37	38	28	42	31	25	19
2022	53	38	40	30	44	33	26	20
2023	56	40	42	31	46	34	27	21
2024	58	41	44	33	48	36	28.5	22
2025	61	43	46	34	50	37	30	23

Table 2 EPA Automotive Fuel Efficiency Modes ⁽⁶⁾

Driving Schedule Attributes	Test Schedule				
	City	Highway	High Speed	AC	Cold Temp
Trip Type	Low speeds in stop-and-go urban traffic	Free-flow traffic at highway speeds	Higher speeds ; harder acceleration & braking	AC use under hot ambient conditions	City test w/colder outside temperature
Top Speed	56 mph	60 mph	80 mph	54.8 mph	56 mph
Average Speed	20 mph	48 mph	48 mph	22 mph	20 mph
Max. Acceleration	3.3 mph/sec	3.2 mph/sec	8.46 mph/sec	5.1 mph/sec	3.3 mph/sec
Simulated Distance	11 mi.	10 mi.	8 mi.	3.6 mi.	11 mi.
Time	31 min.	12.5 min.	10 min.	9.9 min.	31 min.
Stops	23	None	4	5	23
Idling time	10% of time	None	7% of time	19% of time	18% of time
Engine Startup	Cold	Warm	Warm	Warm	Cold
Lab temperature	68-86 °F			95 °F	20 °F
Vehicle air conditioning	Off	Off	Off	On	Off

고 결과를 공개할 수 있는 신뢰성 있는 국제 연비 평가 조건이 필요하게 되었다. Table 2 는 현재 미국 환경 보호청(EPA)에서 연비 인증을 위하여 사용되고 있는 여러 가지 연비 평가 조건을 보여주고 있다.

시내 주행시의 평가 조건과 고속도로 주행 및 급가속, 급감속 조건과 혹한 조건 등 다양한 조건에서의 연비를 측정할 수 있도록 정의하고 있으며, 특히 1996 년 이후에는 에어컨의 차량 연비 기여도가 크다는 것을 감안하여 연비 평가조건(FTP : Federal Test Procedure)에 에어컨 작동 조건에서의 연비 평가 조건인 SC03 모드를 추가하게 되었다.

2.3 SC03 연비 모드

연비 평가 조건 중에서 에어컨 관련 평가 조건이 별도로 구분 되어 있는데, SC03 모드는 혹서 조건에서 캘리포니아 도심 지역 주행 조건을 기준으로 선정되었으며, 에어컨 부하를 가장 잘 나타낼 수 있는 정차 조건과 고속 주행 등이 포함되어 있다. Fig. 1 은 EPA 에서 제공하는 SC03 모드 연비 시험 주행 조건이다.

SC03 모드 평가는 연비 측정 장비가 구성된 환경 챔버(CWT)에서 진행하며, 본 시험을 진행하기 이전에 차량을 외기온도 35℃의 상태로 충분히 포화시킨다. 이후 본 시험 진행 시에는 에어컨을 켜 상태에서 운전자가 탑승하여 다이내모를 통한 실제 운전 상황을 구현하도록 차속을 변화시키면서 총 약 9.9 분 동안 연비를 측정하게 된다. 이때 총 운전 거리는 약 5.8km 이며, 평균 차속은 약 35.4km, 아이들 운전 구간은 전체 시간의 약 19% 정도로서 평가 기간 중 총 5 회의 아이들 상태 운전이 포함된다.

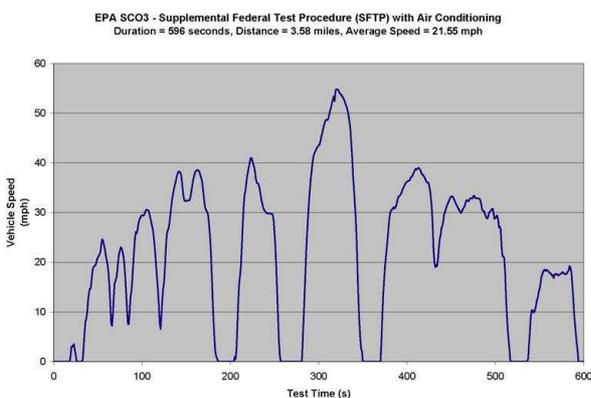


Fig. 1 EPA SC03 SFTP Diagram⁽⁶⁾

완성차 업체에서는 실차 환경 챔버의 다이내모를 이용하여 EPA 에서 제시하는 실제 차량 주행 조건을 기준으로 SC03 모드를 실현하여 연비를 측정하지만, 본 실험을 진행한 에어컨 시스템 벤치에서는 완성차 업체의 실차 평가 에서 얻어진 차량 데이터를 벤치에서 유사하게 구현하여 SC03 연비 모사 평가를 진행하였다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

본 연구에서는 에어컨 시스템 구성품 중에서 주요 부품인 압축기, 응축기, 증발기를 각각 별도의 제어실에 두어 온도, 압력, 풍량 등 실차 상태의 외부 환경 조건을 제어 할 수 있는 에어컨 시스템 벤치를 구성 하여 실험에 임하였다. 각각의 제어실은 -20℃ ~ 120℃ 까지 온도 제어가 가능하도록 제작 되었다. 차속 제어는 고용량 가변 제어 모터를 사용하여 차량 크랭크 폴리와 압축기 폴리를 반영한 압축기 회전수 제어로 실험을 할 수 있도록 구성 하였다.

압축기의 구동은 모터와 압축기를 직접 벨트로 연결하지 않고 중간축을 통한 간접 제어를 하도록 하였으며, 중간 구동축에 토크미터를 설치하여 압축기의 토크를 측정할 수 있도록 하였다.

Fig. 2 는 본 실험에 사용 되어진 에어컨 벤치 시스템의 구성을 보여주고 있으며, 국내 양산 차량의 에어컨 부품을 사용하여 시스템을 구성하였다. 차속을 대신하여 압축기 회전수 제어를 위하여 압축기 폴리에서 회전수 측정을 할 수 있도록 광학 센서를 설치 하였으며, 중간축의 회전수와 토크를 압축기 회전수와와의 비례식을 통하여 압축기 토크를 쉽게 계산하여 얻을 수 있었다.

압축기 회전수 제어와 함께 본 실험에서 가장 중요하게 고려한 실차에서 주행 조건에 상응하는 차량 전면 풍속 값은 실차 측정 풍속 값을 응축기 제어실에서 동일하게 반영할 수 있도록 풍속계를 설치 하였다. 풍속계는 응축기 전면에 9 곳에서 측정하여 평균값으로 제어를 하였으며, 풍량의 직진성을 확보하기 위하여 풍속계 전면에 벌집형 가이드를 설치하였다.

증발기 제어실에서는 증발 부하를 효과적으로 제어할 수 있도록 정압 박스를 설치하여 증발기 입구 풍량을 정밀하게 제어하도록 하였다. 풍량의 정밀 제어를 위하여 블로워 모터의 전압을 측정 및 제어할 수 있도록 컨트롤러를 설치 하였다.

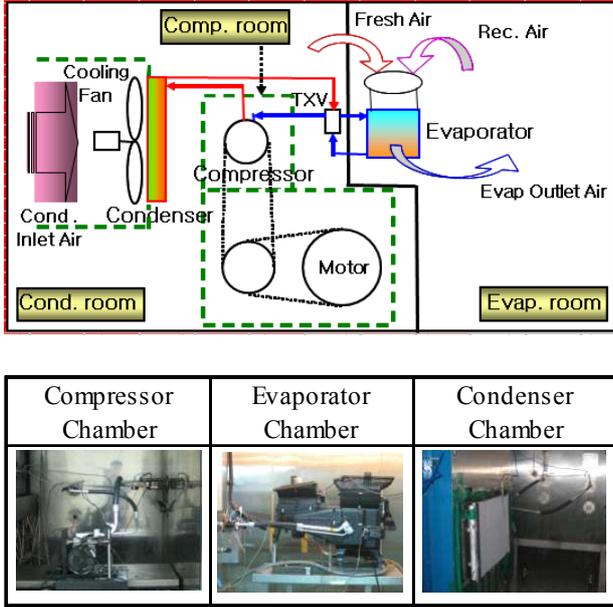


Fig. 2 A/C System Bench Diagram

또한 압축기 흡입, 토출측의 온도와 압력을 측정할 수 있도록 냉매 배관에 센서를 설치하였으며 증발기와 응축기측에도 동일하게 구성하였다.

3.2 실험 방법

실험은 앞서 언급한 완성차 업체의 SC03 모드에 대한 실차 평가를 진행한 조건을 가지고 벤치에서 차속에 상응하는 압축기 회전수 제어와 차량 전면 풍속에 해당하는 응축기 전면 풍속 제거 모사가 가능한지 여부에 대한 검증용 실험을 평가하였다.

이후에 동일한 에어컨 시스템에서 최대 토출 용량이 다른 압축기를 교환 장착하여 SC03 연비 모사 평가시의 압축기 토크를 측정하고, 토크 값의 차이를 확인하는 순서로 실험을 진행 하였다.

연비 예측은 압축기의 일로서 나타내었으며, 압축기의 일은 SC03 연비 모사 조건 실험에서 초당 측정된 압축기의 토크를 전체 측정 시간에 대하여 적분한 값으로서 연비 변화를 비교하였다.

여기서 W 는 압축기가 한 일(J)을 나타내며, P 는 압축기 동력(W)을, T 는 압축기 토크(Kgf.m), N 는 압축기 회전수(rpm), t 는 측정 시간(sec.)을 나타낸다.

$$W = \int P * dt \tag{1}$$

$$P = 2 * \Pi * N * T \tag{2}$$

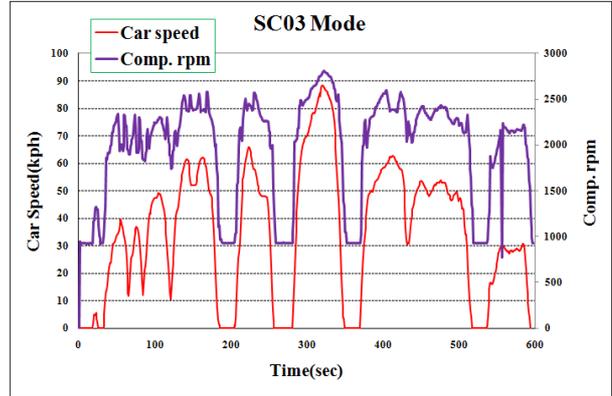


Fig. 3 SC03 Mode Car Speed vs. Bench Compressor Speed

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 SC03 연비 모드 구현

실차 SC03 연비 조건에서 벤치에서 구현이 쉽지 않은 일사 조건은 결과 비교에 큰 영향을 주지 않는다고 가정하고 조건에 반영하지 않았다. 실제로 완성차 업체에서도 인증 평가를 제외한 비교 평가에서는 일사가 없이 평가를 진행하기도 한다.

실험에서 중요한 항목 중 하나인 분위기 온도와 차속 구현의 경우 실차 조건과 최대한 유사한 조건으로 모사 조건을 설정하였다. 우선 분위기 온도의 경우 실차에서는 외기 챔버 온도 35℃로 평가를 진행하지만 벤치에서는 각각의 챔버가 별도로 구성되어 있고, 실차 엔진 룸 조건을 최대한 고려하여 압축기 제어실의 온도를 100℃로 설정하였다. 단, 응축기와 증발기 제어실 온도는 35℃ 를 그대로 유지 하였다.

또한 벤치에서 구현하기가 가장 어려운 실차 차속의 경우에는 가변 모터를 사용하여 1 초 단위로 압축기 회전수를 제어 할 수 있도록 장비를 구성하여 실험을 진행하였다. 이때 압축기 회전수는 차속에 따른 엔진 크랭크 폴리 회전수를 압축기와 폴리비를 고려하였으며 본 실험에서는 폴리비 1.2로 실험을 진행하였다.

먼저 SC03 모드 연비 평가 조건의 벤치 모사를 위하여 차속의 변화를 구현할 수 있는지 확인하였으며, Fig. 3 에서 보듯이 차속의 변화와 압축기 회전수의 변화에 유사성이 확인 되었으며, 이를 바탕으로 향후 실험 진행은 압축기 회전수 제어로도 충분한 결과를 얻을 수 있다는 결론은 얻었다.

Fig. 4 는 앞서 확인한 압축기 제어성이 본 실험 설비에서 반복 재현성이 있는가를 확인하기 위하

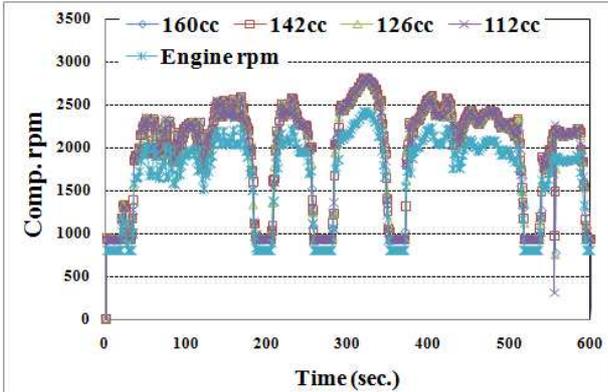


Fig. 4 SC03 Bench Mode Reliability – Comp. Speed

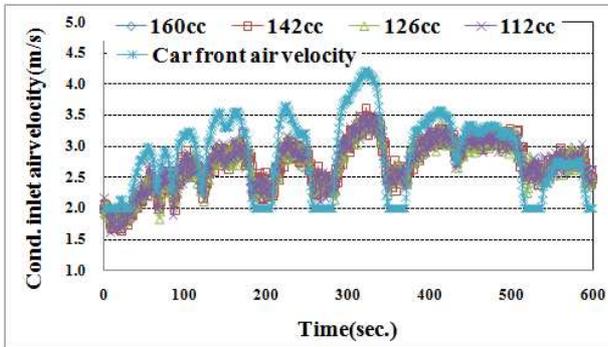


Fig. 5 SC03 Bench Mode Reliability – Air Velocity

여 압축기 용량이 다른 4 개의 시료를 통하여 회전수 제어를 진행한 결과를 보여준다. 결과적으로 4 번의 실험에서 거의 동일한 수준의 압축기 회전수를 얻을 수 있었으며, 충분히 신뢰할 만한 반복 재현성을 얻게 되었다.

또한, 차량 전면 풍속에 상응하는 응축기 전면 풍속의 경우에도 다양한 형태의 풍속 가이드와 풍속 센서의 위치에 따른 실험을 통하여 Fig. 5 에서와 같이 압축기별 평가에서 신뢰할 만한 반복 재현성을 얻을 수 있게 되었다.

실차 상태의 SC03 연비 평가 모드에서 가장 중요한 요인인 차속과 전면 풍속을 에어컨 시스템 벤치에서 구현한 압축기 회전수와 응축기 전면 풍속을 비교 했을 때 충분한 신뢰성을 확보할 수 있었다.

4.2 압축기 용량 별 연비 모사 평가

SC03 연비 평가 구현이 가능함을 확인한 실험 장비에서 동일한 에어컨 시스템 기준으로 압축기의 최대 토출 용량별로 SC03 연비 모사 평가를 진행하였으며, Table 3 은 본 실험에 사용된 압축기 사양을 보여준다. 본 실험에 사용된 압축기는

Table 3 Details of Test Compressor

Type	Variable Swashplate			
No. of Cylinder	7			
Max. displacement(cc/rev)	160	142	126	112

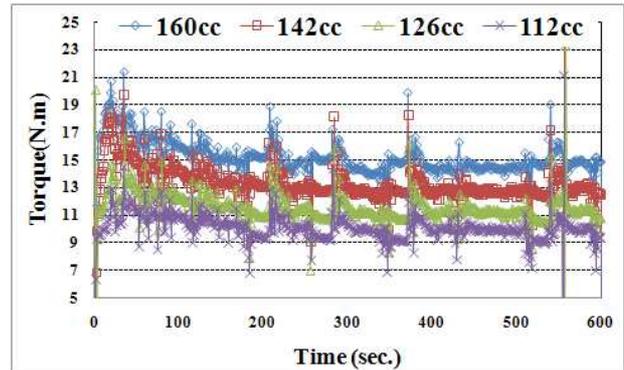


Fig. 6 SC03 Bench Mode Test Results – Comp. Torque

토출 용량을 제외한 다른 어떤 외부 인자의 영향을 배제하기 위하여 동일한 사양의 압축기 4 대를 가지고 최대 토출 용량 값만을 수정하여 압축기별로 동일한 용량 차이가 나도록 특별 제작하였다.

상기 압축기에 대하여 벤치 SC03 연비 모사 실험 결과 압축기 토출 용량에 따라 다른 압축기 토크 값을 얻을 수 있었으며, 압축기 토크의 차이는 용량이 큰 사양의 토크가 가장 높게 나타나며, 용량 차이 순으로 토크 값은 낮아진다.

상기 에어컨 시스템 벤치 SC03 모사 평가 결과에서 압축기 토크를 전체 평가 시간에 대하여 변화량을 적분하여 압축기가 한 일(Work)로 계산하면, 실차 연비 평가에서의 압축기가 연비에 미치는 영향도를 판단할 수 있다.

Fig. 6 은 에어컨 벤치 SC03 연비 모사 평가를 통한 압축기 토출 용량 별 토크 특성을 보여준다. 토출 용량이 가장 큰 160cc/rev 사양의 토크가 전 구간에서 가장 높은 수준으로 측정이 되었으며, 토출 용량이 작아지는 순서대로 일정한 수준 차이를 보이며 토크 값이 낮은 수준을 보이는 것을 알 수 있다.

상기 결과를 압축기 일로 변환한 값을 Table 4 를 통하여 확인할 수 있으며, 압축기 일은 압축기 토출 용량에 비례함을 알 수 있다. 즉, 압축기 토출 용량의 차이가 약 9~11% 정도씩 차이가 나도록 제작된 압축기에 대하여 실험을 진행한 결과 압축기 토크를 일로 환산한 값의 차이는 각각의

Table 4 Comparison of Test Results

Max. displacement (cc/rev)	160	142	126	112
Comp. Work (KJ)	1855	1632	1426	1249

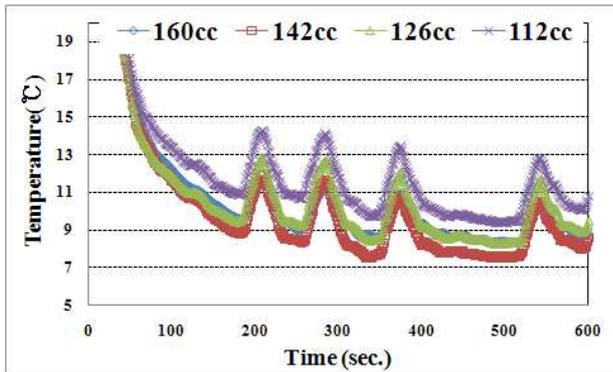


Fig. 7 SC03 Bench Mode Test Results

압축기별로 약 10~12% 정도의 일정한 수준을 보이는 것을 알 수 있다. 이를 통하여 압축기의 토크가 연비에 직접적인 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있게 되었다.

반면에 증발기 토출 온도의 경우에는 압축기 토출 용량이 작을수록 동일한 에어컨 시스템에서의 부하를 크게 받기 때문에 상대적으로 일을 적게 하는 것처럼 보이는 결과를 초래한다.

그렇지만 Fig. 7 에서 보여주듯이 압축기 토크에서와 같은 일정한 경향을 보이지는 않음을 알 수 있다. 이를 바탕으로 압축기 설계 시 목표 성능을 유지하면서 토크를 저감할 수 있도록 하는 것이 설계의 중요인자임을 알 수 있다.

5. 결론

본 실험을 통하여 완성차의 에어컨 관련 북미 연비 인증 모드인 SC03 연비 평가를 실차 환경 풍동(CWT)이 아닌 에어컨 시스템 벤치에서도 구현 가능함을 알 수 있게 되었으며, 에어컨 시스템에서 연비에 가장 큰 영향을 주는 압축기에 대하여 동일한 사양으로 최대 토출 용량을 달리한 제

품을 제작하여 에어컨 벤치 연비 모사 평가 결과를 진행한 결과 우리는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 실차에서만 진행해오던 SC03 모드 연비 시험을 에어컨 시스템 벤치에서 모사 조건으로 구현할 수 있게 되었으며, 모사 실험에서 가장 중요한 압축기 회전수와 응축기 전면 풍속 제어에 대하여 충분한 신뢰성을 확보할 수 있게 되었다.

(2) SC03 모드 연비 모사 평가를 통하여 에어컨 시스템에서 연비에 가장 크게 영향을 주는 압축기 사양별로 연비 개선 여부를 충분히 예측할 수 있게 되었다.

(3) 동일한 에어컨 시스템에서 동일한 사양의 압축기를 최대 토출 용량별로 연비 모사 시험을 한 결과 최대 토출량이 약 9~11% 정도 차이가 나는 경우 연비 모사 결과도 약 10~12% 정도로 유사한 결과를 나타내는 것으로 보아 압축기의 토크가 연비에 절대적인 영향을 끼침을 알 수 있었다.

(4) 에어컨 시스템 벤치에서의 SC03 연비 모사 평가는 실차 연비 평가 결과에 대하여 상호 상관관계 특성만 찾게 된다면 평가 비용의 획기적인 절감과 평가 시료의 교체 용이성 등 효율성과 경제성에서 탁월한 연비 비교 평가 조건이 될 것이다.

참고문헌

- (1) Song, J., Kim, D., Lee, C. and Lee, C., 2009, "Simulation of Effect of Vehicle Driving Pattern on Fuel Consumption," *KSAE*, pp. 2039~2044.
- (2) Kim, D., Cho, G., Park, J. and Lee, J., 2007, "Effect of Air Conditioning System on Vehicle Fuel Economy in a Passenger Car," *KSAE*, Vol. 15, No. 1, pp. 16~22.
- (3) Gaveau, O. and Clodic, D., 1998, "Test Bench for Measuring the Energy Consumption of an Automotive Air Conditioning System," *SAE*, 980291
- (4) Cha, Y., Byon, S., Park, M., Kim, J. and Ko, C., 2009, "A study of Subcool Acceleration Air Conditioning System," *KSAE*, pp. 1372~1377.
- (5) Lee, S. I. and Kim, S., 2005, "Investigation of Variable Displacement Swashplate Compressor Effects on Fuel Economy," *KSAE*, Vol. 3, pp. 1824~1832.
- (6) EPA Homepage <http://www.epa.gov>