

차량용 전자식 솔레노이드 밸브 필터간의 유동특성에 관한 연구

김병준¹, 조행묵^{1*}

¹국립 공주대학교 기계공학부

A Study on Flow Characteristics about Valve Filter for Electronic System Solenoid Structure

Byeong-Jun Kim¹ and Haeng-Muk Cho^{1*}

¹Division of Mechanical Engineering, Kongju National University

요약 향후 제작 될 솔레노이드 구조의 방향을 제시하고자 실험 및 유동 특성에 대한 비교 분석 연구가 진행 되어 졌다. 실험값과 해석값의 비교 분석은 ANSYS CFD와 전자식 측정 기구를 이용하여 수행하였다. 구조의 3D 모델링은 CATIA V5R18을 이용하였으며, 유동구간의 격자 생성은 ICEM CFD 프로그램을 사용하였다. 유동해석 분석은 수치 해석 프로그램인 ANSYS CFD를 이용하여 실험값에 대한 검증이 진행되었다. 실험값을 통해 정밀 필터구간에서 나타난 유량은 0-10ℓ /min 으로 나타났으며 유동해석결과 최대 0.18ℓ /min로 나타났다. 유동 해석 결과와 실험값의 비교 분석을 통해 유동환경에 보다 효율적인 솔레노이드 구조를 제시 할 수 있었다.

Abstract Comparative analysis study of the flow characteristics and the experiment was done to try to present the orientation of the solenoid structure to be produced in the future. The comparative analysis of the analysis and experimental values was performed using the experiments and ANSYS CFD. 3D modeling of the structure are designed by the CATIA V5R18, meshing process of the flow section was used by ICEM CFD program. Flow rate was indicated by using the experimental values appear in 0-10 ℓ /min, the result of the flow analysis, was 0.18 ℓ /min Max. It was possible to suggest a solenoid structure more efficient through comparative analysis of experimental values and flow analysis.

Key Words : Flow Characteristic, Solenoid Structure, Valve Filter.

1. 서론

1.1 배경이론

최근의 자동차 기술은 전기/전자기술의 발전에 맞추어 에너지 절약과 연비향상을 위한 하이브리드 자동차, 연료 전지자동차, 인공지능형 자동차 개발에 관심이 집중되고 있으며, 기존의 자동차 변속기 비효율성을 극복하기 위해서 점화 시기 지연 및 연료공급량 제어, 승차감 개선 등 연구 개발이 활발하게 진행 되고 기계식에서 전자식, 인공지능형으로 기술 변화가 이루어지고 있다[1].

또한, 급변하는 정보화 현대 사회에서 자동차는 신속한 생활을 영위하는데 없어서는 안 될 필수품 이상의 역할을 차지하게 되었으며, 최근에는 자동차를 이용하는 고객의 수준이 높아짐에 따라 자동차의 주행과 제동 등 본래의 기능 외에 승차감, 안정성, 스타일, 고 출력성능 등이 차량의 선택에 있어서 중요한 요소로 대두되고 있다.

차량용 에어컨은 탑승자의 편안함을 위한 것으로 모든 차량에서 가장 중요한 역할을 하는 기능 중 하나이다. 또한 고연비 자동차 제작을 위해 차량용 에어컨의 역할은 점차 중요해지고 있다[2].

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.
과제번호(No.201212A0106113010100)

*Corresponding Author : Haeng-Muk Cho(Kongju National Univ.)

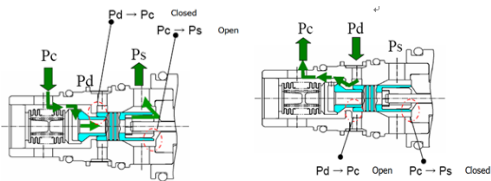
Tel: +82-41-521-9287 email: hmcho@kongju.ac.kr

Received February 12, 2014 Revised March 5, 2014 Accepted March 6, 2014

자동차 에어컨용 압축기는 자동차 엔진의 불규칙적인 회전수에 의해 구동됨으로 넓은 회전수 영역에서 운전이 가능해야 하고 동시에 운전 가능한 회전수 영역에서 높은 효율을 가져야 한다. 또한 차량용 압축기는 주어진 기후, 온도 및 도로 특성 등에 의한 다양한 운전 특성에 적합하도록 높은 내구성을 지녀야 한다. 가변 용량형 압축기(Variable Displacement Com- pressor)는 자동차 에어컨용 압축기의 한 종류로서 기존의 압축기인 고정식압축기(Fixed Disk Type Com- pressor)와는 구별되며, 내부에 압축피스톤과 연결되어 압축피스톤을 움직여 주는 사판(Disk)을 회로 내의 압력에 의하여 가변적으로 작동하는 구조로 하여 사판의 각도를 무단 자동 제어하여 고정식압축기보다 에너지가 적게 들고 냉방효율을 높일 수 있는 진보 된 압축기이다. 솔레노이드 밸브는 전자제어식 압력 제어밸브로서 자동차의 ECU에서 제어된 신호를 이용하여 회로내의 압력을 자동제어 함으로서 압축기의 사판의 각도를 자동 조절하여 압축기 효율을 향상 시킨다[3].

1.2 솔레노이드밸브 특성

솔레노이드 밸브의 주요 부품으로는 마그네틱 코일, 플런저, 하우징, 코어, 밸브가이드로 구성 되어 있으며, Fig. 1에서 볼 수 있듯이 전기신호를 통해 플런저와 벨로우즈를 정밀하게 제어함으로써 Suction port(Ps) 와 Crank port(Pc) 및 Discharge port(Pd)의 유량을 조절하여 운전자에게 안락한 공기를 제어해 주는 장치이다[4].



[Fig. 1] Performance property of solenoid valve

차량용 전자식 솔레노이드 밸브를 개발하기 위해 다양한 정밀필터 구간이 제작되어 제시되어졌으며, 제시 되어진 솔레노이드 밸브 정밀 필터 구간의 유동특성에 관하여 연구가 진행되어졌다.

양갑진은 자동변속기용 유압제어 솔레노이드 밸브의 설계 최적화 및 개발에 대하여 연구하였고[5], 김재욱은 SMD 솔레노이드 형태의 RF 칩 인덕터의 최적 구조 도출에 대해 연구하였으며[6], 김대영은 가변 용량형 압축기 ECV 내부의 유동특성에 관한 수치해석에 대하여 연구하였다[2].

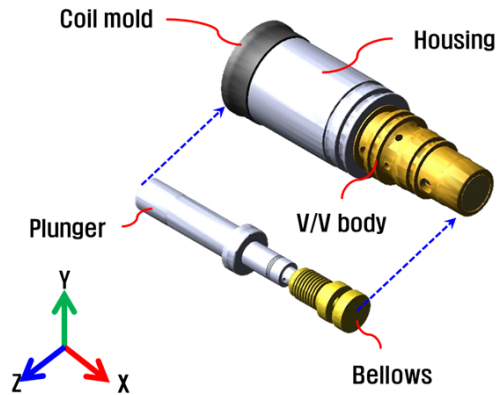
본 연구 에서는 실험을 통하여 나타난 솔레노이드 밸브의 실험값과 수치해석을 통하여 얻게 된 해석값의 비교 분석을 통하여 보다 효율적인 솔레노이드 밸브 구조를 제시함으로써 차량용 전자식 솔레노이드 밸브의 개발에 유용하게 사용 될 수 있을 것으로 사료된다 .

2. 차량용 전자식 솔레노이드 구조 및 유동 특성 실험 기구 특성

Fig. 2은 본 연구에서 진동 해석을 진행한 차량용 전자식 솔레노이드 구조이다. 그림에서 볼 수 있듯이 외부 구조로는 플런저, 밸브 바디, 하우징 및 코일 조합 금형으로 구분되어지며, 내부 구조는 벨로우즈, 플런저 및 핀으로 구분 된다.

차량용 전자식 솔레노이드 구조는 3차원 모델링 소프트웨어인 CATIA V5R18을 사용하여 모델링 하였다. 이 모델을 이용하여 유동해석 수행은 ANSYS CFD 를 사용하여 진행되었다. 격자 구조 형성은 ICEM Metrix 를 이용하여 진행 하였으며, 생성된 격자 구조를 이용하여 CFD 해석을 수행 하였다.

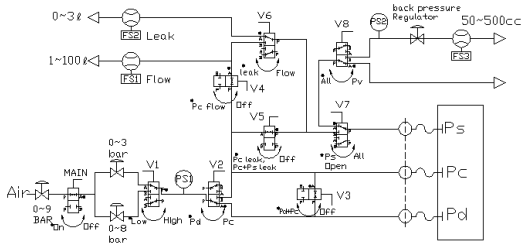
솔레노이드 정밀 필터구간의 유동특성 실험은 전자식 유동 측정기구가 사용되어졌다.



[Fig. 2] Variable capacity solenoid structure

3. 솔레노이드 구조 유동 실험

솔레노이드 정밀 필터구간의 유동특성 실험을 하기 위해 Fig. 3과 같은 실험기구가 사용되어 졌다[4].

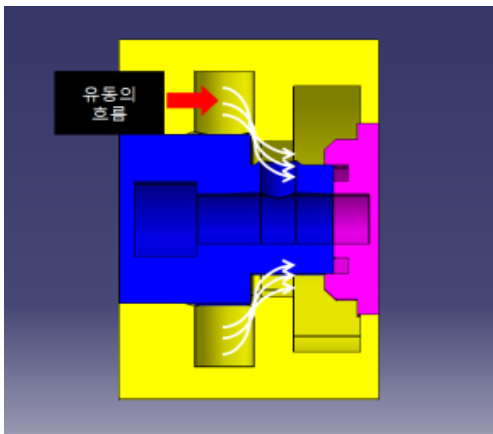


[Fig. 3] Diagram for flow tester machine

Table 1에 실험 조건을 이용하여 실험을 진행하였다.

[Table 1] Condition of tester[4]

Flow setting	V1→high, V2→Pd, V3→off
DC power supply	23.7V
Duty controller	13.5V
Maximum pressure	0.69 bar
Frequency	400Hz



[Fig. 4] Flow direction of solenoid valve

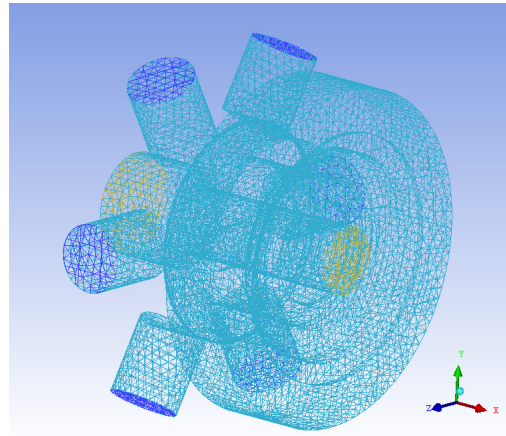
다음 Fig. 4의 유동 해석 모델은 V2와 V3 밸브 사이를 세부적으로 모델링을 한 결과이다.

유동해석 모델의 V2와 V3 밸브 사이의 간극은 0.8Amp가 흘렀을 경우일 때의 모델링 결과이다. 간극은 80%로 약 0.14mm가 폐쇄 되었다. 위와 같은 유한요소 모델을 가지고 Table 1과 같은 조건을 적용하여 유체격자 형성 및 해석을 진행하였다.

4. 솔레노이드 구조 유동 격자 형성

Fig. 4에서 세부적으로 모델링된 솔레노이드 구조를

요소 분할 한 구조를 Fig. 5에 나타내었다.



[Fig. 5] Fluid mesh for CFD analysis

기존의 구조해석과는 다르게 유동해석에서는 유동의 흐름의 구간의 공간을 가져와야한다. 따라서 Fig. 4에서 Material 구조로 모델링 되어있는 필터 구간의 유동구간을 Frozen body로 형성하고, 형성된 유동구조를 ICEM CFD를 통하여 요소분할 작업을 진행하였다.

격자 요소의 크기는 0.05mm로 설정하였으며, 모든 부분은 Tetra 형태로 모델링 하였다. 유동의 흐름이 제어되는 정밀 필터구간에 요소분할이 집중되었다.

유동이 흡입되는 구간을 각각 Inlet으로 Named selection 하였고 출구부분은 Outlet으로 각각 Named selection 하였다. 정밀필터 구간의 간극이 매우 조밀하게 격자가 형성되었기 때문에 Inflation 구간은 별도로 설정하지 않고 격자 형성을 마무리 하였다.

5. 실험 결과 및 분석

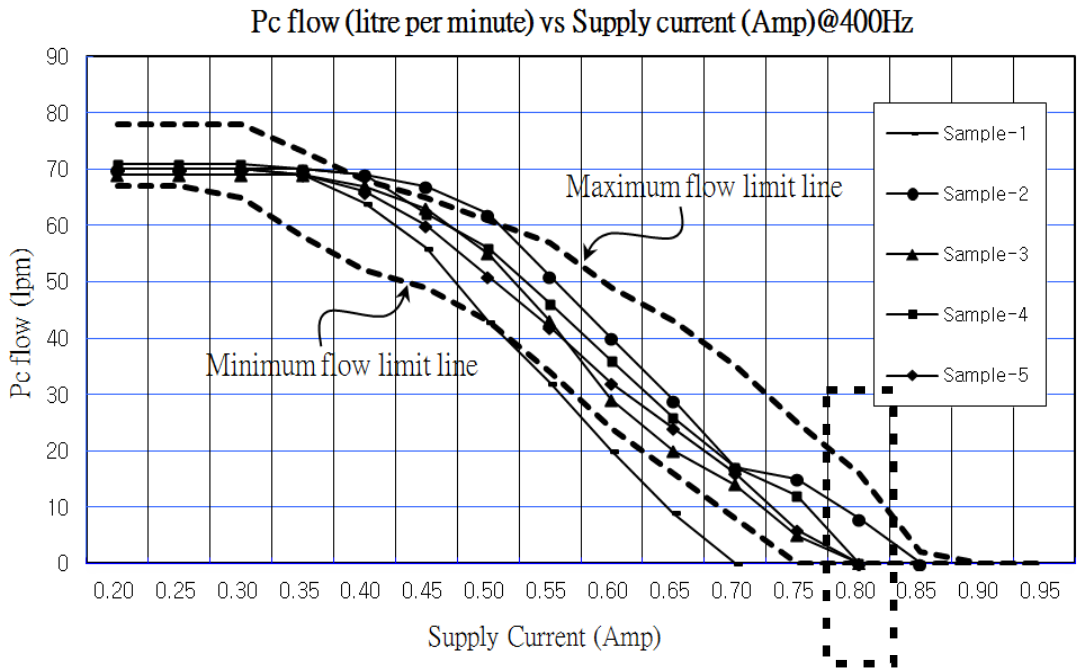
5.1 실험결과

정밀필터구간의 유량 실험결과는 Fig. 6에서 볼 수 있듯이 0.8 Amp 에서 최대, 최소 유량은 0~10 l/min 으로 측정 되어진 것을 확인 할 수 있었다[4].

따라서, 본 연구에서 진행한 솔레노이드 구조의 유량은 0.8 Amp 에서 유동의 흐름의 거의 제어된 것을 확인할 수 있었다.

5.2 해석 결과 및 분석

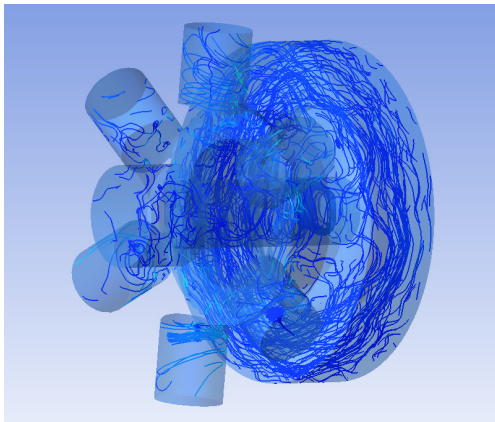
실험조건과 실험결과를 바탕으로 형성된 격자구조의



[Fig. 6] Results of experiments[4]

솔레노이드 밸브의 유동해석을 진행 하였다. 실험조건과 동일하게 흡입 압력을 Inlet으로 Named selection 지정되어진 부분에 0.69bar(70kPa)의 값을 입력하고 Outlet 으로 named selection 지정된 면에서 나타난 유동값을 계산하였다.

유동해석 결과 Fig. 7에서 볼 수 있듯이, V2와 V3 밸브 사이에 0.69bar 로 흡입된 솔레노이드 구조는 내부 최대 3m/s의 유동속도가 나타났으며, 최대유량은 0.18 ℓ/min 으로 계산되어졌다.



[Fig. 7] The result of fluid analysis of solenoid valve

6. 결론

본 연구에서는 자동차 에어컨용 전자제어식 압축밸브의 유동특성을 파악하고, 유한요소 모델을 직접 요소분할 작업과 유량 측정을 통해 솔레노이드 정밀 필터 구간의 유동 특성에 대하여 설계 및 검증 하였다. 유동해석 결과 흡입 압력이 0.69bar(70kPa) 일 경우 솔레노이드 정밀필터구간에서 발생하는 최대 흡입속도는 0.3 m/s 로 나타난 것을 확인 할 수 있었으며, 최대유량은 0.18 ℓ/min 으로 계산 되어졌다. 정밀필터 구간의 실험 결과 0.8Amp 일 경우 솔레노이드 구조의 최대, 최소 유량은 0~10 ℓ/min 으로 측정 되어진 것을 확인 할 수 있었다.

따라서 본 연구 결과는 향후 솔레노이드 정밀필터 구간을 설계할 경우 실험적 고찰의 과정을 줄일 수 있을 것으로 사료된다. 하지만 해석결과를 통해 제시된 구조의 실험을 추가로 수행해야 하며, 향후 유한요소 해석에 대한 오차를 감소하기 위하여 보다 효과적인 요소분할 모델링이 제시될 필요가 있다고 사료된다. 또한, 제시된 효과적인 요소분할 모델의 유동해석을 통해 실험값과 추가로 비교 분석하여 좀 더 신뢰가 갈 수 있는 해석법이 제시될 필요가 있다고 판단된다.

References

- [1] Y. J. Lee, G. H. Lee, B. E. Lim, "Noise Evaluation of a Control Valve in a Variable Compressor," *4th International Conference on Sustainable Automotive Technologies*, pp. 337-341, 2012.
- [2] B. J. Kim, H. M. Cho, "Evaluation and Verification on Vibration Characteristics of Electronic Solenoid Structure for Vehicle," *Journal of Korean Society of Mechanical Technology*, Vol 15(2) pp. 161-165, 2013.
- [3] D. Y. Kim, H. M. Cho, "Numerical Analysis Study on Flow Characteristic Inside Variable Displacement Compressor of ECV," *Journal of Korean Society of Mechanical Technology*, Vol 15(2) pp. 167-172, 2013.
- [4] M. I. Mahmud , H. M. Cho, "Analysis of Crankcase Flow of an Automobile ECV for Air Conditioning Control System," *Applied Mechanics and Materials*, Vol 373-375, pp. 421-426, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.373-375.421>
- [5] K. J. Yang, E. D. Ro, C. H. Lee, H W. Lee, "Design Optimization and Development of Hydraulic Control Solenoid Valve for Automatic Transmission", *Journal of The Korean Society of Automotive Engineerings*, Vol. 2, pp. 647-652, 2004.
- [6] J. W. Kim, "Optimum Structure Design of SMD Solenoid Type RF Chip Inducto", *Conference of The Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, pp. 124-127, 2010.

조 행 목(Haeng-Muk Cho)

[정회원]



- 1993년 2월 : 현대자동차(주)
- 1998년 12월 : 영국 Loughborough University(Post.Doc)
- 2004년 2월 : 중국 Tsinghua University(Visiting Prof.)
- 2004년 8월 : 스웨덴 Royal Institute of Technology(Visiting Research)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 국립공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>
기계공학, 융합

김 병 준(Byeong-Jun Kim)

[학생회원]



- 2012년 2월 : 국립 공주대학교 자동차공학과
- 2014년 2월 : 국립 공주대학교 기계공학과 (기계공학석사)

<관심분야>
기계공학, 융합