

소형엔진 기화기 내의 흡기 맥동 특성

오진우* · 최영하* · 김병국* · 이동근* · 김동선** · 윤석주†

Characteristics of Pressure wave Pulsation at Carburetor on Small SI Engine

J. W. Oh, Y. H. Choi, B. G. Kim, D. G. Lee, D. S. Kim and S. J. Yoon

Key Words: 2 Stroke engine(2행정기관), Carburetor(기화기), Dynamometer(다이내모미터), Pressure wave(맥동)

Abstract

This paper presents the pulsation of carburetor inlet and outlet pressure of a small SI gasoline engine. The engine used in this paper is a 23cc, single cylinder, diaphragm carburetor, two-stroke, air-cooled for brush cutter. The rpm and pressure wave pulsation at the inlet and the outlet of carburetor were measured and analysed for the understand of the internal air flow into the barrel on the diaphragm carburetor. These data should be used for the development of the dual fuel injection system for gasoline and LPG. The results showed that the carburetor inlet pressure variations were very steady, but the pressure variations at carburetor outlet were very sensitive to the pressure variation into the crank case and were to similar independently to the engine speed on partial opened throttle conditions. According to increasing engine speed, the pressure waves started to come out and be developed after closing the intake port of the engine at carburetor outlet. Reverse flow occurred on the WOT (wide open throttle) condition.

1. 서 론

소형엔진은 체인톱, 미니스쿠터, 예취기와 같은 분야에 사용되고 있는데 특히 19kW 미만의 4행정 또는 2행정엔진을 통틀어 정의하며 EPA에서는 배기량과 작동 방식에 따라 분류하기도 한다⁽¹⁾.

2행정 엔진은 소형엔진 분야에서 4행정 엔진에 비해 기계장치가 단순하여 가볍고 조작성이 용이하며, 중량당 출력이 높다는 장점 때문에 널리 사용되고 있으며 시장 규모는 날로 증가되고 있다.

하지만 2행정 소형엔진은 많은 장점이 있는 반면에

농후한 연소 조건으로 미연탄화수소가 과다하게 배출되며 연료소비도 많다는 단점을 가지고 있다.⁽²⁾ 이러한 점을 고려하여 최근 EPA와 CARB에서는 자동차엔진과 더불어 소형엔진에도 배기규제를 시행하고 있으며 점차 강화되어지는 추세이다⁽³⁾. 현재 2행정 소형엔진의 배기규제에 대응하기 위한 기술로는 소기포트 개조에 의한 소기효율 개선 방안, 분사방식 적용에 의한 공연비 최적화 방안, 기화기(carburetor) 니들 형상 및 스톱 위치제어를 통한 공연비 제어 방식 등의 연구가 있으며, LPG, CNG 등의 연료 적용에 대한 연구와 흡기관내 압력 특성을 분석하여 엔진에 흡입되는 공기량과 연료유량의 관계를 파악하는 연구도 진행되고 있다.^(4,7)

2행정 소형 엔진을 비도로용으로 사용하는 장치들은 윤활유 혼합 가솔린 연료를 사용하는데 사용 후 남은 연료를 재사용 할 수 없기 때문에 버려야 하는 문제로 환경오염 측면에서 새로운 과제로 대두되고 있다. 하지만 국내외적으로 관련 연구가 일부 이루어지고 있으나

(2008년 3월 12일 접수 ~ 2009년 3월 18일 심사완료)

* 전북대학교 기계공학과 대학원

** 한성공업주식회사

† 책임저자, 회원, 전북대학교 기계공학과

E-mail : mecysj@chonbuk.ac.kr

TEL : (063)270-2324 FAX : (063)270-2315

아직은 매우 부족한 실정이다⁽⁸⁾.

본 연구에서는 윤활유 혼합 가솔린 연료를 사용하는 2행정 소형엔진 기화기 내부 부압 변동을 이용한 LPG 연료공급시스템을 개발하기 위한 선행연구로써 기화기 내의 스로틀 밸브 개구면적 변화와 엔진부하 변화에 따른 엔진회전수 변화에 대해 기화기 전후단 압력 특성을 측정, 분석하여 기화기 내부에서 흡입공기의 맥동 특성을 규명, 예측하고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 실험에서는 원심형 클러치에 의해 동력을 전달하는 예초기용 23cc 2행정 가솔린 엔진을 사용하였으며 실험 엔진의 제원을 Table 1에 정리하였다. 엔진에 공급되는 연료는 가솔린과 엔진오일이 50대 1의 비율로 첨가된 혼합유를 사용하였다.

본 실험에 사용된 실험장치의 개략도를 Fig. 1에 나타냈으며, Fig. 2는 자체 제작한 10cc 체적의 유량계이며, 연료소비량은 10cc 소비시간을 측정하여 환산하였다. 엔진 성능은 5마력 15,000 rpm까지 측정이 가능한 Rotronics사의 와전류 타입 다이내모미터를 사용하였다.

Table 1 Test engine specifications

Item	Specification
Number of cylinder	1
Displacement volume	22.5cc
Max .power	0.8 kW

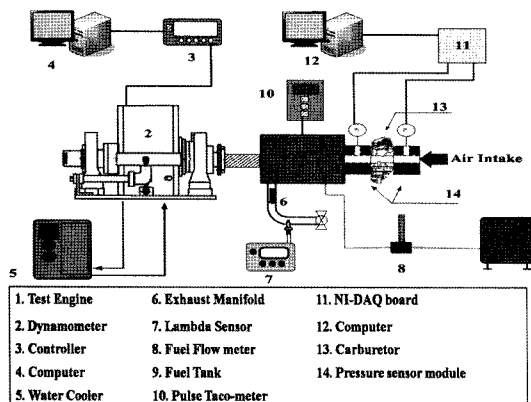


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

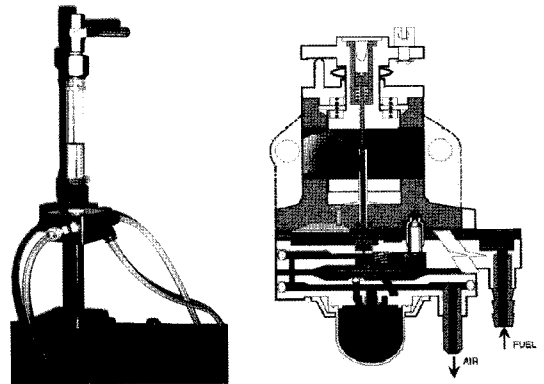


Fig. 2 Fuel flow-meter Fig. 3 WYJ diaphragm carburetor

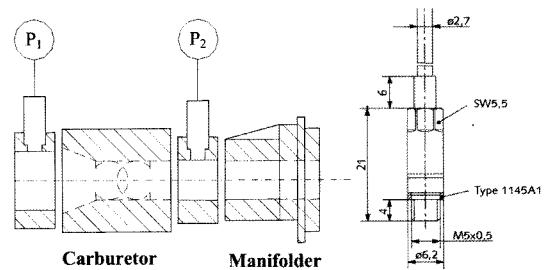


Fig. 4 Pressure sensor and measuring points

측정된 다이내모미터 회전수와 토크 값은 컨트롤러를 통해 컴퓨터에 저장된다. 엔진회전수는 유도전기의 픽업(pickup) 센서에 의해 발생하는 두 개의 타코미터 신호에 의해 측정되는 엔진회전계 DT-2237을 플러그에 연결되는 전원 케이블에 연결하여 측정하였다.

기화기는 Fig. 3과 같은 Walbro사의 diaphragm방식인 WYJ 모델의 스로틀 직경 12.2 mm인 제품을 이용하였다. 압력센서는 Fig. 4와 같이 Kistler사의 4005A 타입의 절대압력 0~200 kPa까지 측정 가능한 센서를 기화기 전단과 후단에 장착하여 엔진 회전수에 따른 압력 변동과 부하에 따른 압력 변동 특성을 분석하였다.

2.2 실험방법

실험은 시중에 판매되고 있는 엔진 상태로 수행하였으며 엔진의 워밍업을 위하여 엔진 시동 후 공회전 조건에서 30분 구동 후 실험을 시작하였으며 무부하 상태에서 시동조건인 엔진 회전수 4,780 rpm부터 개구면적 변화에 따라 6,390 rpm, 7,470 rpm과 완전개방(WOT) 상태에서 12,400 rpm까지 엔진 회전수에 따른 압력 변동 특성을 측정하였고, 완전개방 상태에서 다이내모미터의 부하변화에 대해 최대 출력이 발생하는 엔진회전

수 10,210 rpm과 7,980 rpm, 6,370 rpm에 따른 압력 변동 특성을 측정하였으며 각 조건마다 5분 구동 후 측정하였다.

측정된 기화기 전단의 압력을 P_1 , 후단의 압력을 P_2 로 설정하여 압력 변동 특성을 측정하였다.

부하 증가에 대해 클러치의 미끄럼(slip) 특성을 파악하기 위하여 엔진회전수와 다이내모미터 회전수를 비교하여 미끄럼이 발생하지 않은 조건에 대해 분석하였다.

3. 실험 결과

3.1 무부하 상태에서 엔진 회전수에 따른 압력 변동 특성

Figure 5는 무부하 상태에서 기화기 전단의 압력을 측정한 것으로 P_1 은 시동 상태의 엔진 회전수 4,780 rpm부터 7,470 rpm까지 변화하는 동안 흡입행정 시에 약간의 감소를 나타내지만 변화가 거의 없었으며 102 kPa 정도로 일정한 결과를 보여주고 있다. 스로틀 개구면적이 최대인 완전개방 상태에서 측정된 기화기 전단 압력 P_1 은 흡입 행정 시 대기압보다 낮은 97 kPa정도로 낮아지고 흡입 행정 이후에 관성에 의해 108 kPa까지 증가하여 최대 진폭이 11 kPa까지 압력파가 크게 나타나고 있다.

Figure 6은 무부하 상태에서 기화기 후단의 압력을 측정한 것으로 P_2 는 4,780 rpm부터 7,470 rpm까지 변화하는 동안 흡입행정 시에 최저 70 kPa~73 kPa를 나타내고 있으며 흡입행정이 끝나는 시기에 회전수 증가에 따라 최고 99 kPa~101 kPa까지 관성의 영향으로 순간적으로

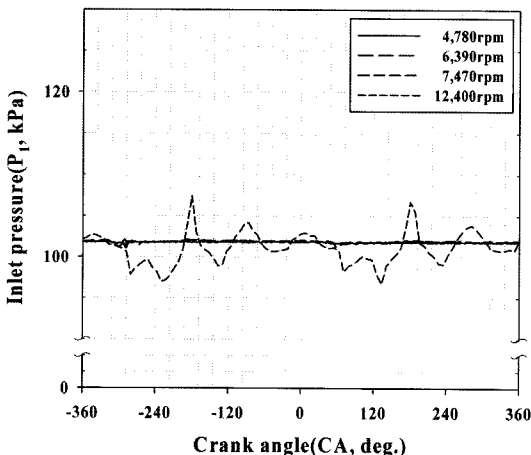


Fig. 5 Variation of pressure wave at the inlet of carburetor on different rpm (non-load)

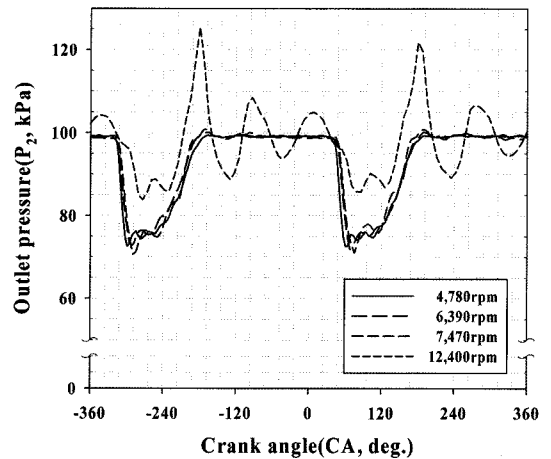


Fig. 6 Variation of pressure wave at the outlet of carburetor on different rpm (non-load)

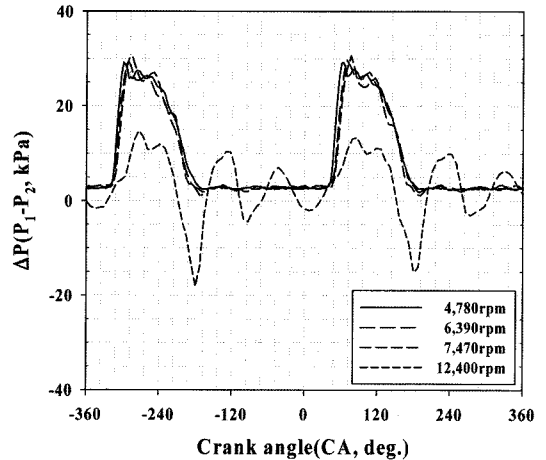


Fig. 7 Variations of ΔP of the inlet and outlet carburetor on different rpm (non-load)

증가한 이후에 압력파가 발생하는 것으로 나타났다. 완전 개방 상태 12,400 rpm에서 흡입 행정 시에 최저 0.84 kPa 정도를 나타내고 있으며 흡입행정이 끝난 후에 관성에 의해 125kPa정도의 높은 압력이 발생하며 진폭이 최대 37 kPa까지 증가하는 압력파를 나타내고 있다.

Figure 7은 무부하 상태 각각의 회전수 조건에서 기화기 전단과 후단의 압력차를 나타낸 것으로, 완전개방 상태를 제외한 모든 조건에서 기화기 전단의 압력은 Fig. 5와 같이 거의 일정하였고, 기화기 후단의 압력보다 높게 나타났다. 부분개방 상태에서 기화기 전단과 후단의 압력차는 최소 2.6 kPa에서 최대 30 kPa로 항상 양의 값을 나타내고 있으며 기화기 후단의 압력변화에 의해 지

배됨을 확인하였다. 부분개방으로 인한 기화기 후단의 압력차가 차단되어 기화기 전단에는 영향을 크게 주지 못하는 것으로 판단된다.

완전개방 조건에서는 흡입 행정 이후의 관성의 영향이 작음하여 양과 음의 값을 반복적으로 나타내고 있으며 기화기 내부 유동은 압력차에 의해 유동 방향이 결정되는 것으로 확인하였다.

3.2 완전개방 상태에서 엔진 회전수에 따른 압력 변동 특성

Figure 8은 완전개방 상태에서 다이내모미터의 부하에 따른 회전수 변화에 대한 기화기 전단의 압력을 나타낸 것으로 진폭은 무부하 12,400 rpm에서 최대로 나타났

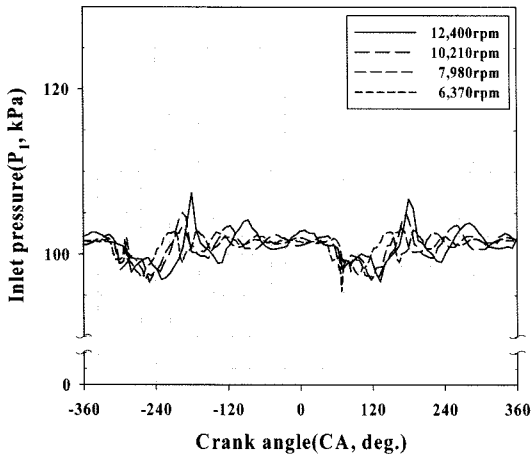


Fig. 8 Variation of pressure wave at the inlet of carburetor on different rpm (WOT)

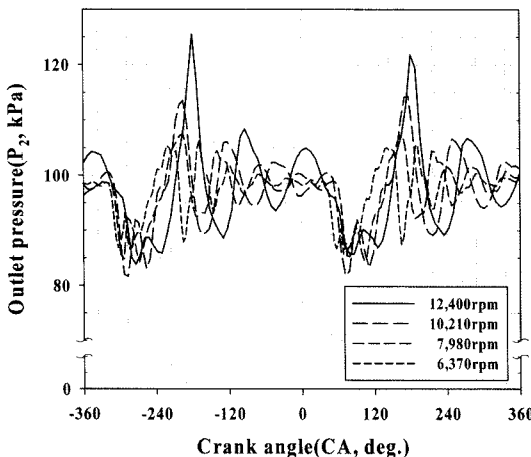


Fig. 9 Variation of pressure wave at the outlet of carburetor on different rpm (WOT)

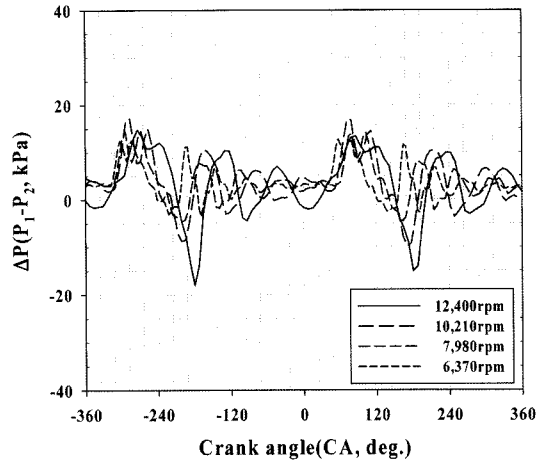


Fig. 10 Variations of ΔP of the inlet and outlet carburetor on different rpm (WOT)

며, 부하 증가에 따른 회전수가 감소할수록 흡입 행정이 끝난 이후의 압력이 감소하여 진폭은 감소하는 것으로 나타났으며, 압력파의 주기는 1회전 동안 무부하 상태 12,400 rpm에서 4회의 압력파가 발생하였으며, 6,370 rpm에서 8회의 압력파가 발생하는 것으로 나타났다.

Figure 9는 완전개방 상태에서 다이내모미터의 부하에 따른 회전수 변화에 대한 기화기 후단의 압력을 나타낸 것으로 압력파의 주기는 P_1 에서와 같은 결과를 나타냈으며, 흡입 행정 시 최저 압력은 82 kPa~84 kPa로 거의 일정한 값을 나타내고 있고, 관성효과에 의한 최대 압력은 회전수 증가에 따라 증가하여 6,370 rpm에서 105 kPa부터 12,400 rpm의 126 kPa까지 증가하고 있다.

Figure 10은 완전개방 상태에서 측정된 기화기 전단과 후단의 압력차를 나타낸 것으로 Fig. 8과 Fig. 9의 결과로부터 무부하 12,400 rpm 상태에서 기화기 전후단 압력차는 최대 15 kPa부터 최소 -18 kPa로 양과 음의 값을 반복적으로 나타내고 있으며, 회전수 감소에 따라 압력차가 음인 영역이 감소하면서 최소 압력차는 증가하는 것으로 확인되었다. 기화기의 전단보다 후단이 흡기포트에 근접해 있으므로 흡기포트의 압력 영향을 크게 받기 때문에 기화기 전후단 압력차는 기화기 후단의 결과에 크게 영향을 받는다.

4. 결 론

2행정 소형 가솔린엔진에서 무부하 상태 개구면적 변

화와 WOT상태에서 부하 변화에 따른 엔진 회전수에 대한 기화기 전후단에서 압력변동 특성에 관한 실험 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 엔진 회전수에 따른 압력변동 특성 실험 결과, 기화기 전단의 압력변동은 부분개방 상태에서 압력파가 흡입초기에 미세하게 나타났으며, 완전개방 상태에서 최소 97 kPa에서 최대 107 kPa까지 변화하는 압력파가 관측되었다.

2. 기화기 후단 압력변동은 엔진 회전수가 증가함에 따라 최소압력은 72 kPa부터 84 kPa까지 증가하고 최대 압력은 100kPa부터 124 kPa까지 증가하여 압력파의 진폭이 증가하였다.

3. 기화기 전단과 후단의 압력차는 부분개방 조건에서는 역류가 발생하지 않을 것으로 판단되며, 완전개방 조건에서는 역류가 심하게 발생하는 것으로 판단된다.

4. 부하변동에 따른 압력 변동 특성 실험 결과, 기화기 전단과 후단에서 모두 압력 맥동 현상이 나타났으며 압력변동은 엔진 회전수가 감소함에 따라 최소압력은 큰 변화가 없고 최대압력이 감소하여 압력파의 진폭이 감소하였다.

5. 기화기 전단과 후단의 압력차는 엔진 최대 회전수에서 역류가 반복적으로 발생하며 회전수 감소에 따라 역류되는 영역이 감소하였다.

6. 맥동의 주기는 회전수에 반비례하여 변화하는 것으로 나타났으며 완전개방 조건에서 1회전 당 맥동 횟수는 회전수 감소에 따라 증가하는 것으로 확인되었다.

이와 같은 결론을 통해서 2행정 소형 가솔린엔진의 기화기 내의 유동특성을 예측함으로써 기화기 내에서의 연료 거동을 이해하고 가솔린과 LPG 겸용 기화기를 개발하는데 기초 자료를 확보할 수 있었다.

후 기

본 연구는 산업기술재단의 지원으로 시행되는 “지역 혁신인력양성사업” 과제의 수행 연구결과의 일부이며, 산업기술재단의 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) J. N. Carroll and J. J. White, “Development of low-emissions small off-road engines”, SAE 1999-01-3302, 1999.
- (2) Y. Moriyoshi, M. Arai and J. Katuta, “Performance tests of reverse uniflow-type two-stroke gasoline DI engine”, SAE 2004-32-0040, 2004.
- (3) M. Bergman, R.U.K. Gustafsson and B.I.R. Jonsson, “Emission and performance evaluation of a 25cc stratified scavenging two-stroke engine”, SAE 2003-32-0047, 2003.
- (4) D. A. Arias and T. A. Shedd, “Numerical and experimental study of fuel and air flow in carburetors for small engines”, SAE 2004-32-0053, 2004.
- (5) M. Sivakumar and V. Balasubramanian, “Flow field analysis of a carburettor using CFD”, SAE 2005-26-058, 2005.
- (6) Md. Ehsan, M. S. A. Bhuiyan and N. Naznin, “Multi-fuel performance of a petrol engine for small-scale power generation”, SAE 2003-32-0063, 2003.
- (7) 이기형, 김용래, 배재일, “운전 조건별 이륜차용 엔진의 흡기관내 압력 특성”, 한국자동차공학회 2004년도 추계학술대회논문집, 2004, pp. 64~69.
- (8) 한종규, “LPG 연료공급시스템 적용 소형 원동기 개발”, 2006년도 지역혁신인력양성사업 계획서, 2006.