

# 흡입공기량 간접계측방식의 전자제어화 Motorcycle 엔진 출력 특성

정 태 균<sup>\*1)</sup> · 채 재 우<sup>2)</sup>

부산기능대학 카일렉트로닉스과<sup>1)</sup> · 인하대학교 기계공학과<sup>2)</sup>

## Output Characteristics Using Indirect Measurement of Air Flow in a Motorcycle Engine

Taegyun Jung<sup>\*1)</sup> · Jacou Chae<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Carelectronics, Busan Polytechnic College, Busan 616-814, Korea

<sup>2)</sup>Department of Mechanical Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

(Received 27 October 2004 / Accepted 21 March 2005)

**Abstract** : Most of the motorcycle engines have used carburetors in the fuel system, because of its simple structure and reliability but the fuel economy and the emissions of those engines are bad when we compared with automobile engines.

To meet with the tighten emission regulations and the higher requirements for fuel economy, the application of the carburetor on the motorcycle engines would be limited. Therefore, it is important to develop a ECU control system for motorcycle engines.

Since the fuel injection system is expensive, it is necessary to decrease the cost of ECU system for motorcycle engines, but the accuracy of the ECU control system should be increased as high as possible. In this paper, we studied about the AFS characteristics of motorcycle engine controled by indirect method.

**Key words** : CPS(Crank Position Sensor, 크랭크포지션센서), CDI(Capacitive Discharge Ignition, 콘덴서방전점화), IDI(Inductive Discharge Ignition, 자기유도방전점화), MAP(Manifold Absolute Pressure, 매니폴드 절대압력), WOT(Wide Open Throttle, 스톱밸브 완전 열림)

### Nomenclature

$A_{th}$  : throttle area  
 $C_D$  : throttle flow rate coefficient  
 $M_m$  : air flow rate of manifold  
 $\dot{m}_{th}$  : mass flow rate going through the manifold (kg/h)  
 $\dot{m}_c$  : air flow rate coming to cylinder from manifold(kg/h)

$P_m$  : manifold pressure  
 $P_0$  : standard pressure  
 $T_0$  : standard temperature  
 $\gamma$  : specific heat ratio  
 $R$  : gas constant

### 1. 서론

보통, 4행정 모터사이클 엔진은 크랭크축이 2회전(720°)에 1사이클을 완성하고 이 과정에서 연료의 공급 시기나 연료량, 특히 점화시기를 엔진의 상태에 알맞게 제어함으로서 우리가 필요로 하는 동력

\*To whom correspondence should be addressed.  
tgjung@kopo.or.kr

을 얻게 된다. 기존 모터사이클 엔진의 경우, 연소실로의 연료공급은 Carburetor에 의해 기계적으로 이루어지고, 점화는 CPS로부터 출력되는 크랭크 각도의 신호를 받아 간단한 과형의 정형과정을 거쳐 Control Unit에서 제어하게 된다. 이러한 시스템은 기계적이거나, 부분적으로 전자제어에 의해 연료공급이나 점화가 이루어지기 때문에 연비와 출력향상, 배출가스저감에 한계가 있다.

또한, 점차 강화되고 있는 모터사이클 기관에 대한 배출가스 규제와 연비향상에 대한 요구가 증대되어 Carburetor 타입의 적용이 어려워지고 있는 상황에 와 있다.

따라서, 엔진의 주행상태에 따라 연료분사시기, 연료분사량 뿐만 아니라, 점화시기도 엔진 상태에 알맞게 최적의 상태로 제어함으로써 기계적인 시스템의 한계를 극복할 수 있도록 모터사이클 엔진에도 전자제어 시스템을 도입하는 것이 필수적인 상황에 처해 있다. 전자제어 연료분사 방식의 모터사이클 엔진의 전자제어 장치가 여러 가지 제어 기능을 수행함에 있어 흡입공기량은 제어로직 계산상 기본 연료분사량을 계산하는데 가장 기본적인 파라미터이다.

또한, 엔진으로 유입되는 흡입 공기량은 스로틀 밸브 개도, 흡기매니폴드 압력, 연료의 종류, 공연비 및 연료분사 방식 등에 크게 영향을 받는다.<sup>1)</sup>

일반적으로 자동차에 많이 사용되고 있는 유량계를 보면, 크게 흡입공기유량을 간접계측 하는 방식과 직접계측 하는 방식으로 나눌 수 있는데, 간접계측 방식으로는 스로틀 밸브의 개도를 감지하여 연료분사량을 제어하는 스로틀-속도 방식과 흡기관에 발생하는 부압을 이용하여 연료 분사량을 제어하는 속도-밀도 방식이 있으며, 직접계측 방식으로는 Hot-Wire, Hot-Film, Karman -Vortex, Vane 방식 등이 있으나,<sup>2)</sup> 단기통 모터사이클 엔진에서는 자동차와는 달리 경제성이나 장착성, 저회전 영역에서 흡기부압변동이 큰 단기통 특성을 고려할 때 직접계측방식 보다는 간접계측방식이 더 적합할 것으로 판단된다.<sup>3)</sup>

따라서, 흡입공기유량 간접계측 제어 방식으로 스로틀 밸브의 개도에 의해 연료분사량을 제어

하는 스로틀-속도 방식과 흡기매니폴드의 부압을 감지하는 MAP 센서에 의해 연료분사량을 제어하는 속도-밀도 방식이 엔진 출력특성에 어떠한 영향을 미치는 지를 확인하고 현재의 배출가스 규제단계에서 단기통 모터사이클 엔진에 가장 적합한 방식이 어떤 것인지에 대해 고찰하였으며, 향후 단기통 모터사이클 엔진의 전자제어화를 위해 필요한 기본적인 데이터를 확보하고 자체 개발한 ECU (Electronic Control Unit)를 실제 엔진에 적용했을 때의 토오크 추종성, ECU의 신뢰성 그리고 제어 알고리즘과 프로그램의 신뢰성을 확인하였다.

## 2. 전자제어 시스템

### 2.1 실험엔진의 제원

실험에 사용된 엔진은 국내 모터사이클제작사의 모터사이클 엔진으로서 배기량 124.1cc, 내경×행정 56.5mm×46.5mm, 공냉·유냉 4Stroke 4Valve이며 점화방식은 CDI 방식이다.

Idle 회전수는  $1400 \pm 100$ rpm, 최고회전수는 12000rpm, 점화 시기는 BTDC  $8^\circ \sim 28^\circ$  TDC 부근에서의 밸브 오버랩은 BTDC  $33^\circ \sim$  ATDC  $23^\circ$  이다.

실험엔진에서 TDC와 CPS의 설치각도는  $47^\circ$ 이며, TDC후  $8^\circ$  경과 후에 플라이 휠 위에 설치되어 있는 Tooth의 끝과 센서가 일치하게 되고 이때 Tooth 끝 신호(F마크)가 발생하고  $8^\circ$  경과 후에 TDC가 된다.

기존 카브레터 방식의 엔진에서는 엔진의 RPM을 계측하고 점화를 제어하기 위해 1개의 Tooth를 가지고 있으며, CPS는 마그네틱 타입으로 출력신호는 Fig. 1과 같이 자속량의 차이에 따라 발생하는 전

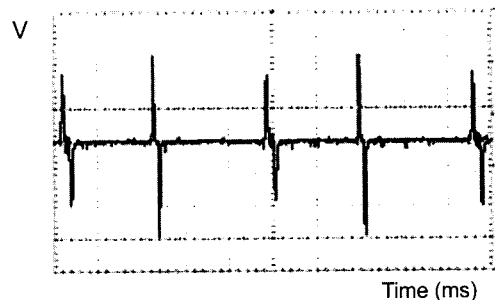


Fig. 1 Original CPS waveform of motorcycle engine

압의 크기가 변화되도록 되어 있다.

## 2.2 엔진 시스템의 재구성

기존 Carburetor 방식 엔진을 전자제어화 하여 본 실험을 수행하기 위해 흡입과 연료시스템 그리고 그 관련 부품을 효율적으로 실험용 모터사이클 엔진에 설치하였다. 우선, 연료분사가 가능하도록 흡입밸브직전에 BMW 모터사이클 C1-125기관에 사용하는 Injector와 Injector Holder를 설치하였으며 연소실로 흡입되는 공기량을 제어하기위해 국내 차량 중 배기량이 비교적 적은 대우 마티스 차량 엔진의 스로틀 바디, TPS(Throttle Position Sensor) 그리고 MAP 센서를 흡입통로에 설치하였으며 연소실로 흡입되는 공기유량 특성이 변하지 않도록 스로틀바디를 제외한 흡기관은 실제엔진과 차이가 없도록 설치하여 실험을 하였다.

### 2.2.1 ECU

실험을 하기 위해 TPS나 MAP 센서의 전압출력 변동을 감지하여 연료분사량과 점화시기를 실시간으로 변화시킬 수 있도록 설계된 하드웨어를 Fig. 2와 같이 구성하였으며, 실험 용도에 알맞게 엔진 구동이 가능하도록 소프트웨어를 구성하였다.

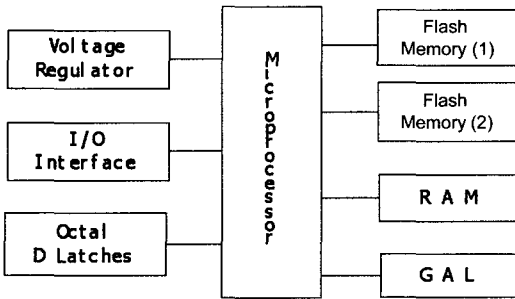


Fig. 2 ECU schematic for 125cc engine

본 실험에서 가장 중요한 역할을 하는 CPU는 80C196KC 마이크로프로세서를 사용하였으며, LCD를 통하여 현재 엔진의 연료분사량과 점화시기를 실시간으로 제어가 가능하도록 하드웨어와 프로그램 개발 하였다.

### 2.2.2 점화 및 연료시스템

점화시스템은 단기통의 특성을 고려하여 자체 설

계하여 ECU와 일체로 만든 CDI방식의 점화회로를 사용하였고, Ig. Coil과 High Tension Cord, Spark Plug는 기존 모터사이클 엔진용 부품을 사용하였다.

CDI 방식은 IDI 방식에 비해 콘덴서에 충전되는 시간이 매우 짧으므로(약  $5 \times 10^{-5}$  msec 이내<sup>4)</sup>) 배출가스 저감이나 초기 엔진의 시동성 향상, 고속형 기관에서 점화 안정성 등을 고려할 때 IDI 방식의 점화장치에서 적용하기 어려운 다중점화 등의 제어방식도 적용할 수 있다.

연료시스템은 연료펌프, 연료탱크, 연료필터, 연료파이프 등으로 구성하여 인젝터에서 연료가 분사 가능하도록 하였으며, 인젝터에 가해지는 연료압력은  $2.8\text{kg/cm}^2$ 을 유지하도록 설계하였다.

### 2.2.3 크랭크 각도 출력신호

엔진이 회전하는 동안 최적의 상태로 연료분사와 점화시기를 제어하기 위해서는 크랭크 각도의 위치를 정확히 알아야 하고 이것을 알기위해 CPS의 출력을 이용하였다.

따라서 정밀하게 크랭크 각도를 감지하여 정확한 제어가 될 수 있도록 직접 크랭크축과 연결되어 회전하는 플라이휠에 로터에  $30^\circ$  간격으로 10개의 Tooth를 두었으며 이 Tooth들이 CPS를 지나칠 때 시그널을 발생시키고 이 시그널의 개수를 세고 그 위상을 감지하여 피스톤의 위치를 파악하도록 하였다. 또, 기준점을 알기위해 Fig. 3과 같이 펄스폭이 다른 출력파형이 발생되도록 Missing Tooth를 두었다.

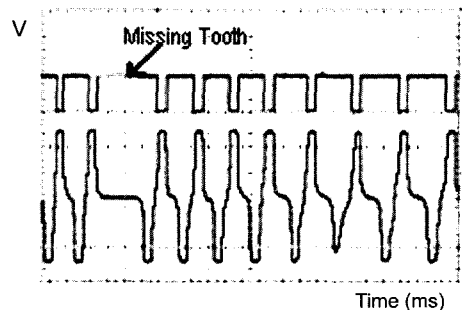


Fig. 3 Missing tooth and rectangular waveforms

### 2.2.4 흡입공기유량의 간접계측

#### 1) 간접계측 방식

스로틀-속도 제어방식은 스로틀 밸브의 개도와

흡입공기량에는 일정한 상관관계가 있으므로, 스로틀 바디에 부착되어 스로틀 밸브의 개도를 전압신호로 나타내는 TPS의 출력변화를 감지하여 이에 대응하는 흡입공기량을 간접 계측함으로써 ECU에서 연료분사량을 제어하는 방식이다. 따라서 공연비의 정밀제어는 어려우나 모터사이클 엔진에 대한 초기 배출가스 규제의 대응에는 적당한 것으로 알려져 있다.

MAP 센서 방식은 흡기 매니폴드의 부압을 측정하여 부압에 따른 흡입공기량을 간접적으로 계측하는 방식이다. 이 방식은 설치가 간편하고 장착성이 좋으나 출력특성이 느리고 유량에 대한 정밀도가 직접계측방식에 비해 떨어지는 단점이 있다.<sup>2)</sup> 그러나 온도에 따른 공기량의 보정을 위한 다양한 실험을 통해 공연비(A/F)보정 데이터를 확보하고 배출가스 후처리 장치인 촉매를 장착하여 흡기온도보정, 산소센서에 의한 피드백보정 등에 의한 정밀한 공연비 제어를 행한다면, 향후 강화되는 배출가스 규제에 대응이 가능할 것으로 판단된다.

2) 유량 관계식

엔진의 흡기계를 압력에 의해 스로틀 밸브 상류, 흡기 매니폴드 부분(스로틀 밸브 이후 흡기 밸브까지), 흡기 포트와 실린더 부분으로 나눌 수 있으며, 이때 흡기 매니폴드 부분을 중심으로 질량보존식을 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.<sup>2)</sup>

$$\frac{dM_m}{dt} = \dot{m}_{th} - \dot{m}_c \quad (1)$$

압축성 유동은 스로틀 밸브에서 유량이 Choke되지 않았을 때와 Choke가 일어났을 때로 나눌 수 있는데 만일 매니폴드의 압력이 Choke압력비보다 크거나 같을 때 즉,  $\frac{P_m}{P_0} \geq (\frac{2}{\gamma+1})^{\gamma/(\gamma-1)}$  이라면 유량은 Choke되지 않고 식(2)와 같다.

$$\dot{m}_{th} = C_D A_{th} P_0 \left(\frac{2}{RT_0}\right)^{1/2} \left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)^{1/2} \left\{ \left(\frac{P_m}{P_0}\right)^{2/\gamma} - \left(\frac{P_m}{P_0}\right)^{(\gamma+1)/\gamma} \right\}^{1/2} \quad (2)$$

만약, 매니폴드 압력이 Choke압력보다 낮으면

즉,  $\frac{P_m}{P_0} < (\frac{2}{\gamma+1})^{\gamma/(\gamma-1)}$  이라면 유량은 Choking이 일어나고 식(3)과 같다.

$$\dot{m}_{th} = C_D A_{th} P_0 \left(\frac{\gamma}{RT_0}\right)^{1/2} \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{(\gamma+1)/2(\gamma-1)} \quad (3)$$

2.2.5 제어 알고리즘

흡입공기량의 각 제어 방식이 엔진 출력에 미치는 영향을 명확하게 하기 위해 기본적인 연료분사 제어와 점화제어 그리고 이와 관련된 입력요소인 TPS와 MAP 센서 출력만으로 제어프로그램을 구성하였으며, 따라서 실제 엔진의 제어시 보정요소인 흡입공기온도보정제어, 산소센서 피드백제어 등의 보정요소는 고려하지 않았다.

전자제어화 엔진에서 CPS의 신호를 받아 Missing Tooth를 구별하고 이를 기초로 압축상사점을 감지하여 엔진의 시동이 가능하도록 하였고, Fig. 3에서 CPS로부터 출력되는 신호(아래쪽 파형)를 정형한 신호(위쪽 파형)에 의해 인터럽트를 발생시켜 최우선적으로 연료분사와 점화제어가 이루어지도록 프로그램 하였으며, Fig. 4는 제어 Flow Chart를 나타낸다.

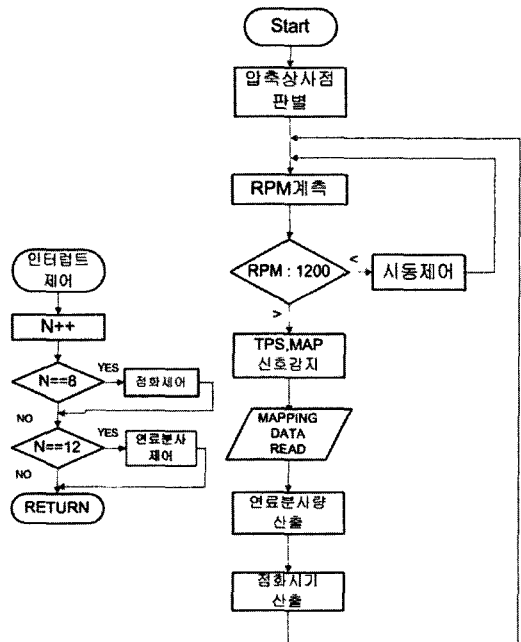


Fig. 4 Flow chart of engine control program

실험을 위한 제어프로그램은 TPS의 출력전압의 범위 내에서 Idle에서 WOT까지 0.2V 간격으로 ECU에서 제어할 수 있도록 12등분하였다. 또한 현재 Carburetor 방식의 경우, 1개의 Tooth에 의해 발생하는 신호를 정확히 분석하지 못해 크랭크축 2회전에 2회 점화하는 방식이었지만, 본 연구에서는 펄스폭을 계측하여 비교함으로써 정확히 압축상사점을 구별하는 기법을 개발하여 크랭크축 2회전에 1회 점화 및 연료분사를 제어할 수 있었으며 이에 따라 점화에너지의 낭비를 방지할 뿐 아니라 고속회전시에 제어시간을 충분히 확보할 수 있도록 하여 다중 점화방식의 적용도 가능하도록 독창적인 제어 알고리즘과 프로그램을 개발 하였다.

### 3. 실험장치 및 방법

#### 3.1 실험장치

본 실험을 위해 실험조건에 맞추어 엔진의 토크 등을 계측하기 위한 최대제동마력이 54PS인 엔진동력계, 엔진의 작동제어가 가능하고 연료분사량과 점화시기를 가변적으로 제어할 수 있도록 설계한 ECU, 기관회전수와 연료분사시간, 점화시기의 확인이 가능하게 실시간으로 데이터가 출력되도록 설계한 LCD, 파형을 관측하기 위한 오실로스코프 등으로 실험 장치를 구성하였으며, 배출가스 중의 CO, HC, NOX,  $\lambda$ 를 측정하기 위해 배출가스 시험기를 Fig. 5와 같이 설치하였다. 또한, 흡입되는 공기유량을 계측하기 위해 스로틀 바디 앞쪽에 공기유량계를 설치하였다.

엔진동력계에서의 토크 측정은 변속비 4속(감속비 1.095), 일차감속비(기관에서 1차 감속을 거쳐 변속기로 출력, 감속비 3.650)를 거쳐 측정되도록 하였으며, 실험에 사용한 TPS는 ECU 기준전압이 5V 일때, 스로틀 밸브가 완전히 닫힌 상태에서 완전히 열릴 때의 출력전압은 0.65~4.74V의 범위를 나타냈다.

또, 실험에 사용한 MAP 센서의 출력전압은 대기압 상태에서 4.91V, 10cmHg에서 4.49V, 60cmHg에서 0.79V 정도의 출력 범위를 나타냈다. 그리고 인젝터에 걸리는 전압에 따라 인젝터의 분사량도 큰

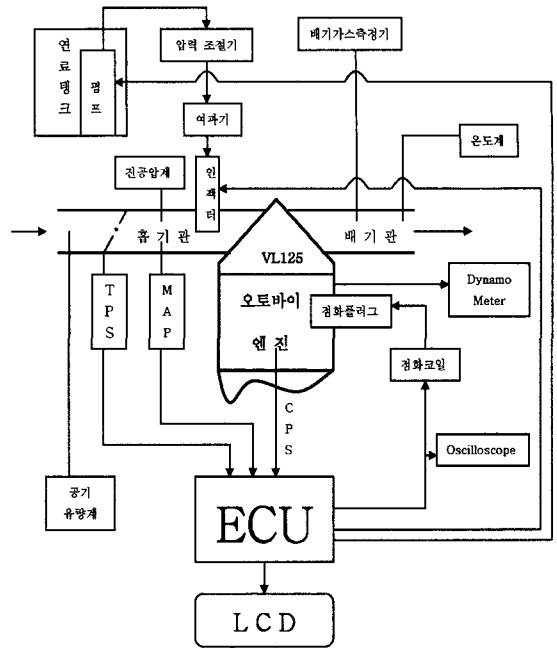


Fig. 5 Schematic diagram of experiments

차이를 나타내므로 전압을 일정하게 유지하기 위해 12V 정전압계를 설치하였다.

#### 3.2 실험 방법

기본적으로 실험실에서 자체개발한 전자제어 시스템에 의해 모터사이클 엔진의 작동이 가능하도록 만든 상태에서, TPS 개도, MAP 출력전압, 연료분사량과 점화시기를 변동시키면서 최대 토크가 발생하는 시기와  $\lambda=1$ 일 때의 연료분사량과 점화시기, 배출가스의 변화를 관측하였다.

이때, 스로틀-속도 방식의 경우, 엔진의 RPM을 2500rpm에서 시작하여 7000rpm까지 500rpm간격으로 변동시키면서 각 회전수에 따른 최대 토크를 측정하였다. 엔진회전수가 4000rpm 이하에서는 토크의 변동이 매우 심하고 기관 상태가 불안정하였으며, 7000rpm 이상은 고회전에 따른 위험성을 고려하여 출력을 측정하지 않았다. 속도-밀도 방식의 경우, 부압은 엔진의 스로틀 바디 부근의 흡기 매니폴드 압력을 계측하였으며, MAP 센서의 출력을 0.5V의 간격으로 하여 각 RPM에 따른 최대 토크를 구하였다.

### 4. 실험결과 및 고찰

#### 4.1 토크

우선, 스로틀-속도 제어의 실험에서 최대 토크를 나타내는 시점에서 인젝터를 제어하는 연료 분사 시간은 스로틀 밸브가 적게 열리는 저부하 영역에서는 RPM이 증가함에 따라 감소하였으나, 스로틀 밸브가 많이 열리는 고부하 영역에서는 엔진의 회전수가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타냈다.

점화시기는 BTDC 31°에 고정하여 실험하였으며 BTDC 31° ± 3° 정도 범위 내에서는 토크 변동이 매우 적게 나타났으며, 이 범위를 넘으면 토크가 저하되었다. TPS 출력전압을 기준으로 한 엔진 RPM에 따른 전자제어화 엔진의 최대 토크는 6500rpm에서 4.2kg · m 정도인 것으로 나타났다. 이때의 토크는 엔진동력계에서 표시하는 값으로서 실제 엔진 축 토크 변화는 1차 감속비 (3.65) × 4속 변속비 (1.095)를 고려하면 Fig. 6과 같이 구할 수 있다.

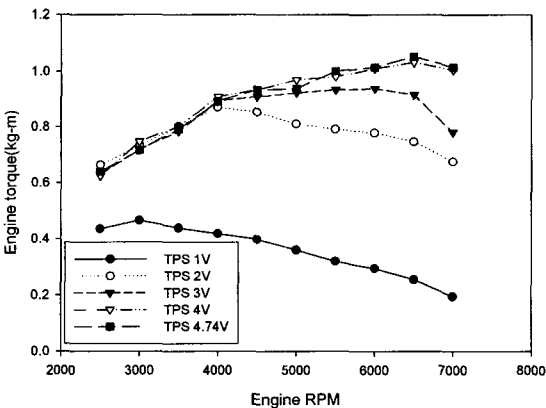


Fig. 6 Torque variation according to engine rpm in each TPS output voltage

또한, 동일한 엔진을 WOT상태의 카브레터 방식의 출력과 비교하였을 때 Fig. 7과 같은 특성을 나타냈다.

이 때 TPS-1은 최대 토크를 구하기 위해 연료 분사량과 점화시기를 변화시키면서 각 RPM별로 얻은 최대 토크를 나타내며, TPS-2는 이때 구한 연료 분사량과 점화시기 데이터를 기초로 Mapping 한 제어 프로그램으로 엔진을 제어하였을 때 각

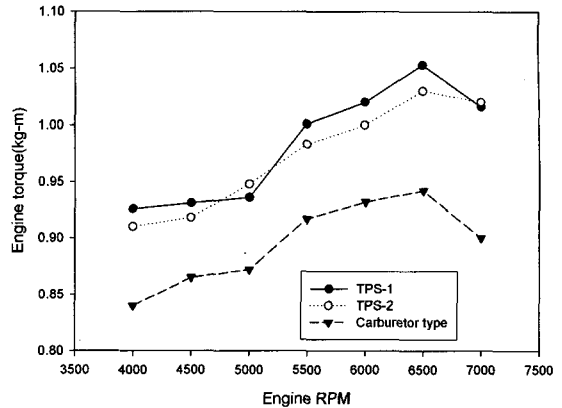


Fig. 7 Torque according to engine RPM in each control type

RPM에 따른 최대 토크 변화를 나타낸다.

따라서 배출가스 등의 다른 요소를 배제하고 토크의 관점에서는 TPS에 의한 간접제어방식이 카브레터 방식에 비해 10~11% 정도의 출력을 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다.

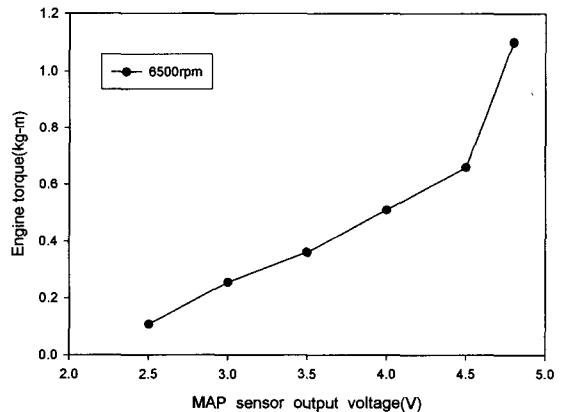


Fig. 8 Torque variation according to MAP sensor output voltage

Fig. 8은 MAP 센서 출력을 기준으로 최대 토크 변화를 구하였다. 이 결과에 의하면 MAP 센서 출력 전압이 4.5V~4.8V에서는 약간의 MAP 센서 출력 전압 변동에도 큰 토크 변화(0.66kg · m → 1.05kg · m)를 나타내므로 정확한 공연비 제어를 위해서는 이 부압영역에서 보다 세밀한 데이터의 확보가 필요하다.

최대 토크시의 MAP 센서 출력전압을 이용하여 얻은 연료 분사량과 점화시기로 Mapping한 프로

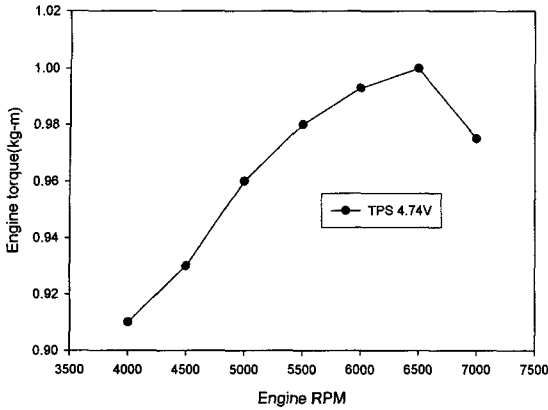


Fig. 9 Torque variation according to engine rpm when TPS output voltage is 4.74V

그림에 의해 제어된 엔진의 출력은 Fig. 9와 같이 나타났으며 더 정교한 알고리즘에 의해 제어된다면 보다 좋은 출력성능을 나타낼 것으로 판단된다.

이때도 동일한 실험방법을 적용하기 위해 TPS의 열림량을 기준으로 하여 실험을 수행하였다.

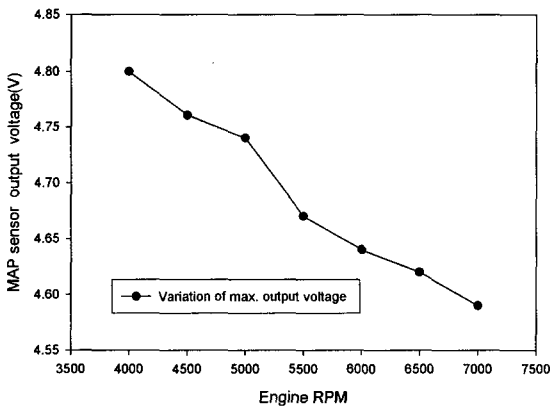


Fig. 10 MAP sensor output voltage with engine rpm when MAP output is maximum

MAP 센서출력에 의한 제어의 경우, 어떤 측정 RPM에서 스로틀 밸브의 개도를 증가시키더라도 엔진출력은 증가하지만 더 이상 MAP 센서 출력전압이 증가하지 않는 Choke영역이 발생하며 이 때의 최대 MAP 센서 출력은 Fig. 10과 같이 나타났다.

따라서 이 영역 부근에서는 MAP 센서 출력전압이 더 이상 변하지 않는다 하더라도 Fig. 11에서 보는 것처럼 스로틀 밸브의 개도는 엔진의 부하에 따

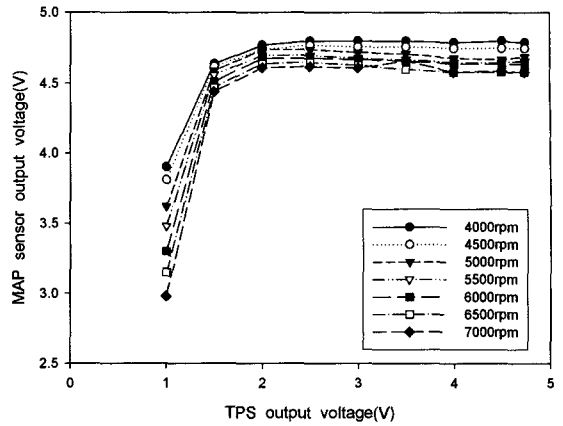


Fig. 11 MAP Output with TPS output in each rpm

라 더 크게 변화할 수 있어 토르크가 더 증가할 수 있으므로, MAP센서의 출력과 RPM에만 의존하여 엔진을 제어할 것이 아니라 TPS의 출력 신호도 받아 제어하여야 하는 것을 알 수 있다.

## 4.2 배출 가스

모터사이클의 경우 완성차와 엔진 상태의 배출가스 특성에는 큰 차이가 있으므로, 완전히 최적의 데이터가 세팅된 ECU에 의해 제어되지 않는 상태에서의 배출가스의 측정은 큰 의미는 없으나 전자제어 엔진의 개발과정에서 데이터의 비교 자료로서는 유용하다. WOT상태에서 TPS제어에 의한 ECU 방식과 카브레터 방식의 배출가스 특성을 비교한 결과 Fig. 12, 13, 14와 같이 나타났다. TPS 출력전압에 의한 ECU 제어의 경우, 카브레터 방식과 비교했을

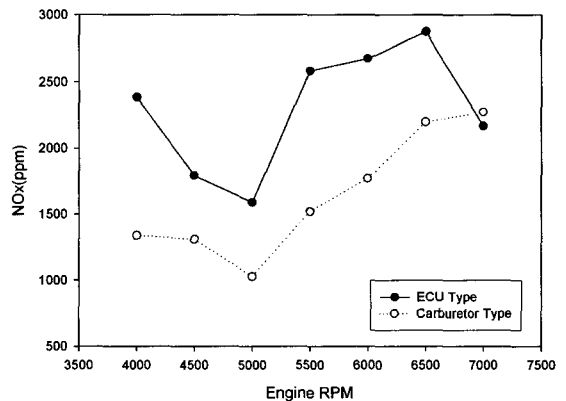


Fig. 12 NOx concentration with engine rpm

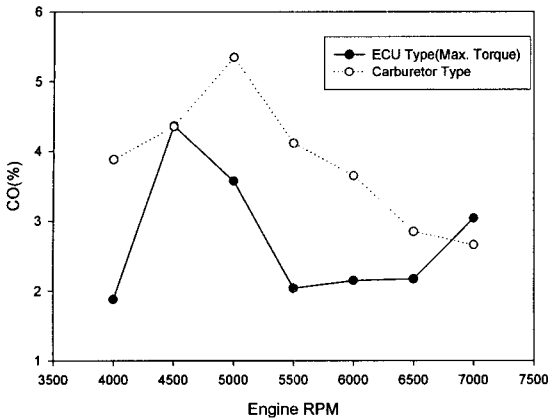


Fig. 13 CO concentration with engine rpm

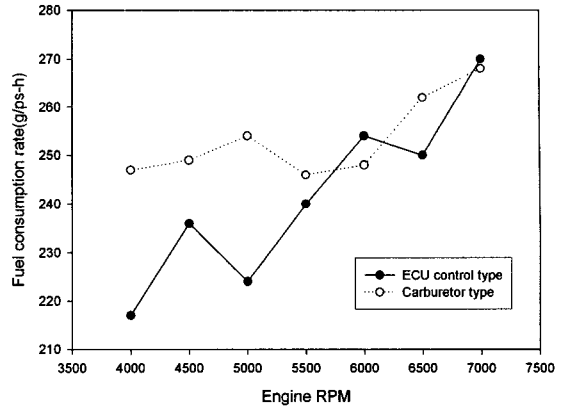


Fig. 15 Fuel consumption rate with engine rpm in each control type

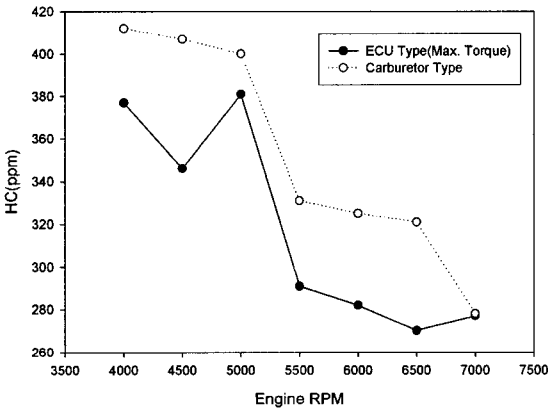


Fig. 14 HC concentration with engine rpm

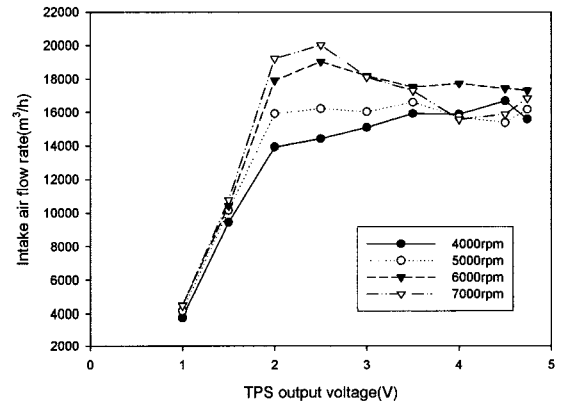


Fig. 16 Intake air flow rate with TPS output voltage in each rpm

때 NOx는 증가하나 CO, HC는 약간 감소하는 경향을 나타냈다.

### 4.3 연료소비율

Fig. 15에서와 같이 최대 토오르크를 나타내는 시점에서의 연료소비율은 엔진 실험에 의해 구한 연료소모량(g)을 단위시간(h)당으로 환산하고 이때 얻어진 값을 PS로 나누어 구하였으며, 그 결과 저속영역에서는 TPS 출력에 의한 ECU제어 방식이 더 좋은 연비효과를 내는 것으로 나타났다.

그리고 전반적으로 카브레터 방식에 비해 평균 9~10% 연비가 개선되는 것으로 나타났다.

### 4.4 공기 유량

Fig. 16에 의하면 TPS 출력전압이 1.0~2.0V 정도에서는 TPS 개도변화에 따라 엔진으로 흡입되는 공

기량이 급격히 증가하나 2.0V 이상의 TPS 출력영역에서는 스로틀 밸브 개도 증가에 따라 증가되다 약간 감소하는 경향을 나타낸다.

Fig. 17은 4000rpm에서 MAP 센서 출력전압에 따른 흡입공기량의 변화를 나타내는 것으로서 MAP 센서 출력전압이 4.0V 이상에서는 실린더 내로 흡입되는 공기량이 급격히 증가하며, 최대 MAP 센서 출력인 4.78V 이후에는 스로틀 밸브의 개도가 증가하더라도 MAP출력은 더 이상 증가하지 않았다. 그러나 스로틀 밸브의 개도가 증가함에 따라 급격히 토오르크는 증가하는 경향을 나타냈다.

## 5. 결론

본 연구는 전자제어화 모터사이클 엔진을 TPS와



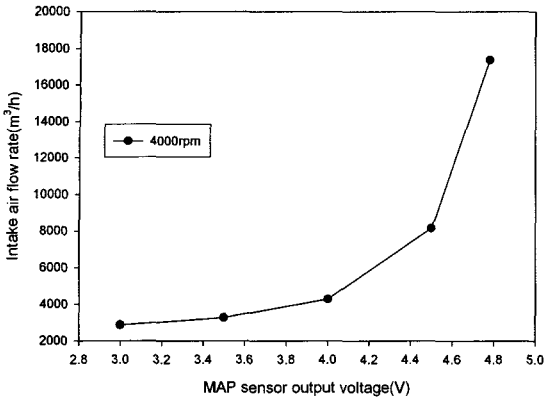


Fig. 17 Intake air flow rate with MAP sensor output voltage in 4500rpm

MAP 센서에 의해 연료분사량 및 점화시기를 제어하였을 때 나타나는 토오크, 흡입공기유량 등의 특성을 알아보았으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) CPS의 출력신호를 이용하여 기존 제어방식과는 달리 크랭크축 2회전에 1회 점화와 연료분사제어를 할 수 있었다.
- 2) TPS의 출력전압에 의해 제어된 전자제어화 엔진의 토오크는 현재 국내 모터사이클에서 사용하고 있는 카브레터 제어 방식에 비해 높은 것으로 나타났으며 본 실험에서는 10~11% 정도 증가하였다.
- 3) TPS출력전압에 의해 제어된 전자제어화 엔진의 연료소비율은 카브레터 방식에 비해 낮으며, 본 실험에서는 9~10% 감소하는 것을 알 수 있었다.
- 4) MAP 센서에 의한 전자제어의 경우 MAP 센서 출력전압이 4.5V이상의 영역에서는 미세한 부압변동에 의해서도 엔진 토오크의 변동이 크므로 이 영역에서의 제어는 정밀한 실험에 의한 제어가 필요함을 알 수 있었다.
- 5) 국내의 배출가스 규제 초기단계에서는 실험을

통해 정밀한 데이터를 확보하고 촉매를 장착한다면 TPS의 출력전압에 의한 엔진의 전자제어도 고려해 볼 수 있다.

- 6) 자체 개발한 80C196KC 마이크로프로세서를 이용한 ECU의 실제 엔진에서의 토오크 추종성 등도 정밀한 맵핑 데이터와 제어 알고리즘을 개발한다면 고속형 엔진인 전자제어화 모터사이클 엔진에도 적용할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

### References

- 1) H. S. Sim, K. Y. Lee, M. H. Sunwoo and C. S. Song, "Estimation of Inlet Air Mass Flow for Air-Fuel Ratio Control of Gaseous Fuel Engines," Transactions of KSAE, Vol.9, No.5, pp.131-139, 2001.
- 2) K. S. Park, "Real-Time Measurement and Analysis of Air Flow Rate for MPI Engine Control," Ph.D Thesis, Seoul National University, 1995.
- 3) Chen Boning, "A Electronic Fuel Injection System of Small Spark Ignition Engine," Vehicle Engine, No.4, pp.24-39, 1988.
- 4) J. H. Song, Y. H. Seo and M. H. Sunwo, "A Study on the Effects of Ignition Energy and Discharge Duration on the Performances of Spark Ignition Engines," Transactions of KSAE, Vol.9, No.6, pp.40-46, 2001.
- 5) S. C. Kim, C. Kim, J. G. Choi, H. B. Wee, "Flow Measurement at the Exit of a Throttle Valve in Gasoline Engine," Transactions of KSAE, Vol.10, No.2, pp.1-8, 2002.
- 6) Y. Ohyama, "Engine Control Using Combustion Model," Int. J. Automotive Technology, Vol.2, No.2, pp.53-62, 2001.