

## SI엔진에서 점화 1차 전압을 이용한 방전요구전압의 측정기법과 실화적용에 관한 연구

### Measurement Technique of Required Spark Voltage Using Primary Ignition Voltage and Misfire Application in a SI Engine

박 경 석\*  
Kyoungseok Park

#### ABSTRACT

In this study, a simple method has been developed to detect the required spark voltage by using the primary spark voltage instead of the secondary spark voltage. Through engine motoring experiments, this method testified to be quite satisfactory.

Though the required spark voltage is affected by many in-cylinder conditions, temperature is one of the most important factors. The temperature increases significantly by combustion and the required spark voltage also changes by the temperature during the expansion stroke. On the basis of this fact, misfire can be monitored by comparing the required spark voltage between compression stroke and expansion stroke.

So, in this study, two step ignition method is introduced to monitor combustion at expansion stroke. The test result shows that this method can be used to detect complex misfire pattern.

주요기술용어: Required Spark Voltage(방전요구전압), Primary Spark Voltage(점화 1차 전압), Misfire(실화), Two Step Ignition Method(2단계 점화법)

#### 1. 서 론

오늘날 자동차 배기가스에 의한 공해 문제가 크게 대두되고 있는 상황에서 이를 해결하기 위

해 대부분의 가솔린엔진 차량은 전자제어 방식을 택하고 있다. 이는 배기가스의 유해성분을 정확히 하는 삼원촉매장치의 효율을 극대화하기 위해 공연비제어가 필요하기 때문이다. 그런데 현재의 엔진 제어 시스템들은 단순한 공연비제어를 넘어서 엔진의 최적 제어 수행에 초점을 맞춰 더욱 고도화되고 있는 상황이다. 이런 상황에 발맞춰 법적 규제도 여러 측면에서 강화되고 있는 실정인데, 엔진의 자기진단 기능인 OBD II(On

---

\* 정회원, 금오공과대학교 기계공학부

Board Diagnostic II)의 의무 적용이 바로 그 한 가지 예이다.

OBD II의 규정 가운데 현재 많은 관심을 가지고 연구해 오고 있는 것이 바로 엔진의 실화 판정이다. 크랭크각속도를 이용하여 실화를 판정하는 방법들은 실화에 의한 토크 변동이 엔진의 회전각속도에 영향을 미치는 것에 착안하여 회전수의 변동을 실화와 연계시킬 수 있는 방법<sup>1,2,3)</sup>들을 개발하고 있다. 이 방법들 중에는 단순히 엔진회전수 변동의 크기만을 판단 기준으로 이용하는 간단한 방법으로부터 복잡한 모델링을 사용하는 방법들까지 다양하다. 마이크로 프로세서의 계산 능력 향상에 따라 최근에는 신경망이론<sup>4)</sup>을 이용하는 방법들까지 제시되고 있다. 이러한 방법들은 계산이 복잡해지더라도 프로그램 수행시간의 한계만 극복할 수 있다면, 부가적 장치 부담이 없으므로 큰 장점이 있다. 그러나 간혹 판정이 힘든 실화 패턴의 경우도 존재하므로 이러한 방법들이 완벽하다고는 볼 수 없으며, 새로운 알고리즘이 계속 연구되고 있다.

최근에 와서는 실린더내의 연소상황을 감지할 수 있는 직접적인 측정 방법들이 제시되고 있는데, 압력측정보다는 비교적 훨씬 간단하면서도 간접적인 측정 방법들에 비해 좀 더 확실한 판정을 할 수 있다. 이러한 방법들은 연료가 연소할 때 발생하는 이온들의 변동을 전기적인 회로로써 감지하여 판단하는 방법들<sup>5,6)</sup>이다.

이러한 방법들은 연소실 내를 직접 측정하기 때문에 비교적 좋은 결과를 보이고 있다. 그러나 스파크플러그에 별도의 바이어스 전압을 걸어야 하고, 점화회로 외에 부가적인 장치나 회로들을 필요로 한다. 또한 점화코일의 2차 전압이 매우 고압이므로 필요한 전압만을 처리하기 위해서는 다소간 주의가 있어야 등의 단점이 있다.

본 연구에서는 위의 방법 중 직접적인 측정방법인 스파크 플러그 전압 측정과 유사하지만, 점화코일 1차 측의 전압 변동을 측정하여 이용하는 방법에 대해서 연구하였다. 점화 1차 측의 전압은 2차 측의 전압에 비해 훨씬 저전압이므로 부

가적인 회로 부담을 상당히 줄일 수 있다. 또한, 배선이 엔진컨트롤유니트(ECU) 내부에 있는 점화 트랜지스터에 직접 연결되어 있는 경우가 많으므로, 엔진컨트롤러의 내부에서 쉽게 이용할 수 있다는 장점이 있다.

## 2. 점화코일 1, 2차 전압 파형 비교

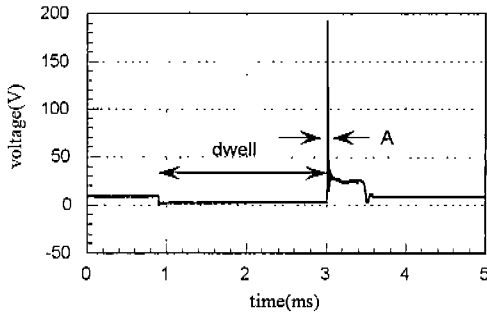
현재 가솔린엔진에서 가장 많이 사용하고 있는 점화방법은 점화코일과 파워트랜지스터를 이용하는 방법이다. 점화 1차 측 코일에 연결된 파워트랜지스터의 스위칭 off에 의해 고전압이 발생할 때, 2차 측에도 권선비에 비례한 높은 고압이 유도되고, 이 2차 측의 고전압이 방전되면서 점화하는 방법이다. 스파크플러그의 갭에 방전이 발생하기 위해서는 갭 사이에 존재하는 공기의 절연을 파괴할 수 있는 높은 전압이 필요한데, 이것을 방전요구전압<sup>7)</sup>이라 지칭한다.

정상적인 스파크플러그와 점화회로인 경우, 방전요구전압은 여러 가지 요인에 의해 달라지는데, 크게 영향을 미치는 요인은 플러그의 갭 간극과 점화가 발생하는 시점에서의 엔진 실린더 내부 상황이다. 이와 관련된 내용<sup>8)</sup>을 보면, 방전요구전압은 갭 간극이 커질수록, 압축비가 높을수록, 점화시기가 상사점에 가까울수록 높아지며, 공연비가 희박한 쪽으로 갈수록 또한 높아지는 것으로 알려져 있다. 이러한 원리를 반대로 이용하면, 방전요구전압의 측정으로써 실린더 내의 상태에 관한 정보를 어느 정도 얻을 수 있다는 것이 된다. 그러나 여러 가지 요인들의 복합적인 효과를 개별적으로 분리하여 알 수는 없으므로 각 요인을 정량적으로 알기 위해서는 많은 연구를 필요로 할 것이다.

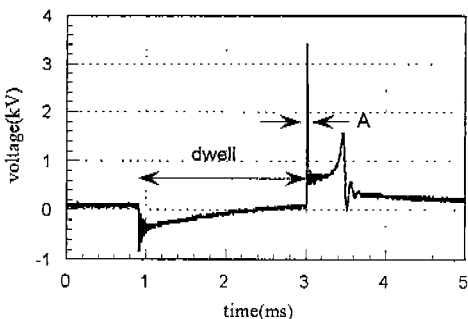
2차 코일 측의 전압은 수십 kV의 고압이므로 이를 측정한다는 것은 전기회로의 측면에서 볼 때 간단한 것이 아니다. 또한 방전시간이 연소시간에 비해 매우 짧기 때문에 연소진행상황을 지속적으로 모니터링할 수는 없다. 따라서 서론에

서 언급한 바와 같이 연소상황을 좀 더 길게 자세히 알기 위해서 부가적인 전압을 걸어서 이의 변동을 이용하는 방법들이 연구되고 있는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 점화코일 2차 측 대신에 1차 측의 전압변동을 측정 대상으로 선정하였는데, 이는 점화코일의 변압기적인 특성을 이용할 수 있기 때문이었다. 즉, 변압기에서 1, 2차 코일 중 어느 한쪽의 전압변동이 발생할 시에 다른 쪽에도 1,2 차 코일의 권선비에 의해 그 영향이 발생한다고 가정한다면, 방전과정 시에 2차 쪽의 전압변동이 1차 쪽에도 어느 정도 나타날 것으로 예상되기 때문이다. 따라서 점화 1차 전압의 측정으로부터 코일 2차 측의 방전 시에 나타나는 방전 전압을 간접 측정할 수 있다면, 실린더 내부의 상태를 대강 알아볼 수 있다는 추론이 가능하다.



(a) Primary voltage waveform



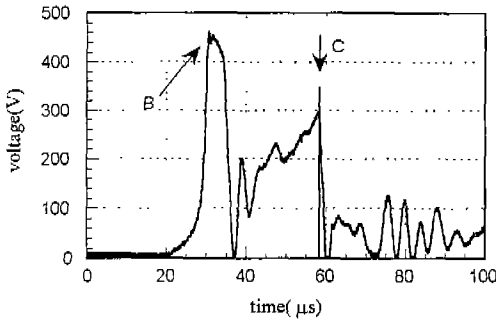
(b) Secondary voltage waveform

Fig. 1 Primary and secondary voltage waveforms at spark timing

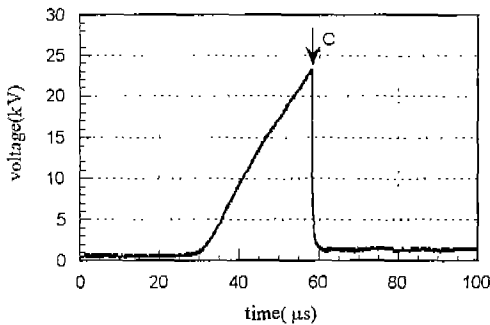
Fig. 1은 점화가 발생할 때 나타나는 전형적인 전압 파형 중의 하나를 오실로스코프로 측정한 것으로서, 점화코일 1, 2차 전압을 동시에 측정한 것이다. 1차 쪽은 100:1의 전압 감압 프로브를 사용하였고, 2차 쪽은 1000:1의 전압 감압 프로브를 사용하여 측정하였는데, 1차 측은 최대 약 500~600V의 전압이 발생하고, 2차 측은 최대 약 수십 kV의 고전압이 발생하므로 파형을 오실로스코프로 적절히 측정하자면, 이 정도의 감압이 필요하다. 1000:1 프로브는 오실로스코프의 일반적인 10:1 측정 프로브와는 달리 특수하게 제작되므로 일반적인 측정 회로에서 1000:1 감압으로 고전압을 측정하기에는 힘들다.

Fig. 1에서 보면, 드웰기간동안 1차 전압은 파워트랜지스터의 전압이 0V로 유지되고 있고, 2차 전압은 드웰시작 시에 유도된 작은 전압이 점차 소멸해 가고 있음을 볼 수 있다. 이후, A시점에서 파워트랜지스터의 스위치 off에 작용에 의해 1차 측 유도전압의 피크가 크게 발생되고, 이것은 2차 측에 훨씬 큰 전압을 유도하고 있다. A시점에서 초기 방전이 일단 시작되고 나면, 그 다음부터는 저전압에서 방전이 되는 글로우방전에 의해 스파크가 0.5ms정도 지속된다. A시점에서의 피크전압의 크기가 본 연구에서 관심을 가지는 부분인데, 이 부분은 드웰기간에 비해 매우 짧아서 Fig. 1에서는 제대로 알아 볼 수가 없다.

Fig. 2는 Fig. 1의 A부분을 확대하여 측정한 것인데, B에서 C까지의 부분이 Fig. 1의 A부분에 해당된다. Fig. 2(a)에서 B 피크 부분은 파워트랜지스터의 스위치 off작용에 의해 유도된 전압이다. 이 전압이 Fig. 1에서 가장 높은 피크로 나타나는 전압(A위치)인데, 이 전압이 나타나는 시간은 매우 짧기 때문에 Fig. 1에서는 본래의 전압 크기만큼 제대로 나타나지 않고 있다. 이 전압의 크기는 드웰기간, 코일의 용량, 파워트랜지스터 종류 등에 따라 조금씩 달라진다. 이 초기 유도전압에 의해 2차 코일에 전압이 다시 유도되는데, Fig. 2(b)를 살펴보면, 유도되는 전압형태는 30  $\mu$ s에서 60  $\mu$ s까지 선형적으로 증가되는



(a) Primary voltage waveform



(b) Secondary voltage waveform

Fig. 2 Primary and secondary voltage waveforms at peak spark voltage

형태를 나타내고 있다. 급격히 증가를 보이지 않는 이유는 스파크플러그 갭이 콘덴서와 같은 역할을 하므로 충전에 어느 정도 시간이 필요하기 때문이다. 이 2차 전압이 증가되다가 갭의 방전 전압에 도달(C점)과 동시에 전압은 급격히 떨어지는데, 이 때가 바로 처음으로 스파크가 발생하는 지점이다. 이러한 2차 전압 변화에 대해 1차 전압 변화를 살펴보면, 거의 비슷한 형태의 전압 변동이 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, 1차 전압에서도 2차 전압과 같은 전압의 선형적 상승과 급격 감소가 나타나고 있는 것이다. 따라서 C점에서 1차 전압의 측정은 2차 방전전압의 측정과 매칭을 이룬다고 볼 수 있으므로 본 연구에서는 이 1차 측의 C점에서 전압 측정을 통해 2차 측의 방전요구전압을 간접적으로 측정하고 이를 이용하는 방안을 간단히 제시하고자 한다.

### 3. 측정 회로 구성

Fig. 2(a)에서 C점의 전압은 매우 짧은 시간동안 생성되었다가 소멸하므로 직접적인 측정을 위해서는 오실로스코프와 같은 고속의 A/D변환기와 정확한 측정 타이밍을 필요로 한다. 그런데 엔진컨트롤러 내에서는 일반적으로 저속의 A/D변환기가 사용되고 있으므로 직접적인 측정은 곤란하다. 또한 B점과 C점의 구별을 소프트웨어적으로 처리한다면, 프로그램의 수행시간에 다소 큰 부담이 있으므로 실용적으로 측정 가능하기 위해서는 약간의 하드웨어적인 신호처리를 필요로 한다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 Fig. 2(a)의 C점 전압을 홀딩하여 유지시켜 줄 수 있는 간단한 하드웨어를 제작하여 측정에 이용하였다. Fig. 3은 측정 회로를 간략히 나타낸 것이다. 입력되는 1차 전압은 최대전압이 A/D변환기 허용 전압 범위를 초과하므로 일단은 간단한 저항회로를 사용한 전압 감압회로를 거친다. 그 다음 op앰프를 사용한 버퍼회로에서 전압을 안정화시키고, 다이오드를 통해 콘덴서에 충전시킨다. 다이오드는 특성상 역으로는 전류가 흐르지 않으므로 입력전압이 콘덴서의 전압보다 높은 경우에만 통전된다. 따라서 콘덴서에는 입력되는 1차 전압 파형 중 최대 전압이 샘플링되어 지속적으로 유지된다. 그러나 Fig. 2(a)의 B점 전압이 샘플링되는 것을 방지하기 위하여 약 400V 정도 이상의 전압을 비교기에서 체크하여

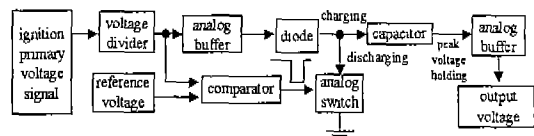


Fig. 3 Schematic diagram of the peak-holder circuit for capturing the required spark voltage in primary voltage wave

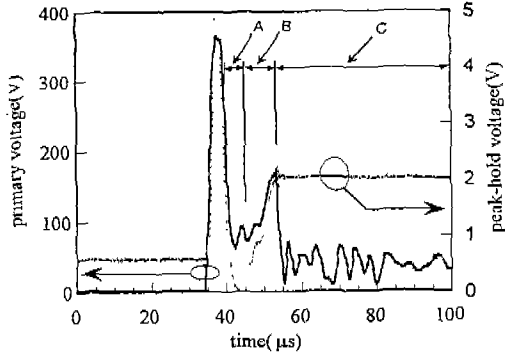


Fig. 4 Waveforms of primary ignition voltage and peak-hold trace

15  $\mu$ s 정도 동안 콘덴서의 전압을 아날로그 스위치를 통해 신호선 접지에 방전시킨다.

Fig. 4는 입력되는 점화 1차 전압 파형과 측정 회로를 통과하여 출력되고 있는 신호를 비교해 본 것이다. A구간은 첫 번째 피크를 없애기 위해 방전을 하고 있는 구간으로서 전압이 거의 0V 근처로 떨어지고 있고, B구간은 전압을 추종하고 있어서 전압이 지속적으로 상승한다. C구간에서는 1차 전압의 피크가 떨어진 다음에도 홀딩된 출력 전압은 거의 일정하게 유지되고 있으므로 측정하고자 하는 1차 전압의 피크전압을 잘 감지하고 있음을 알 수 있다. 이 출력 전압은 다음 점화 시까지 거의 일정하게 유지되므로 저속의 A/D변환기일지라도 점화시기 이후의 적절한 타이밍에서 샘플링하여 방전요구전압을 쉽게 측정할 수 있다.

#### 4. 실험 장치의 구성

전체적인 실험장치의 구성을 Fig. 5에 나타내었다. 엔진은 배기량 1500cc, 4기통, 연료분사 방식은 각 실린더 별 연료 분사 방식(MPI)이고, 점화방식은 요즘 많이 사용되고 있는 무배전기식(Distributorless Ignition)이다. 그런데 두 실린더씩 동시에 점화하는 방식이어서 이를 약간 개

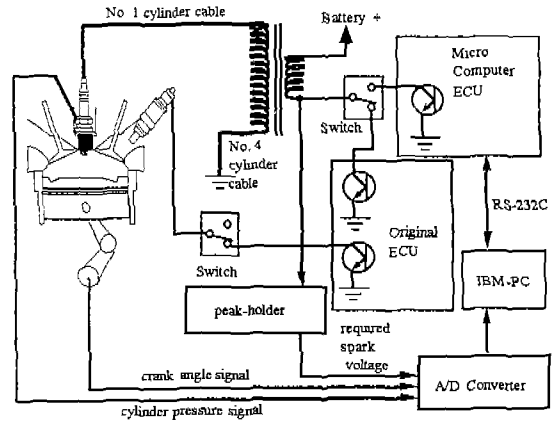


Fig. 5 Schematic diagram of engine experimental apparatus

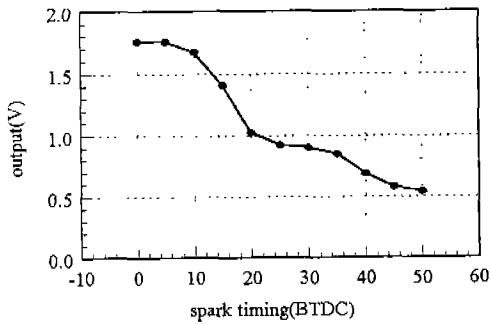
조하여 사용하였다. 동시 점화 방식의 경우, 1, 4번 실린더의 스파크플러그는 하나의 2차 코일에 연결되어 있고, 2, 3번 실린더의 스파크플러그는 또 다른 하나의 2차 코일에 연결되어 있다. 따라서 점화는 2개의 그룹으로 구성되어 있고, 각 그룹에서는 방전이 동시에 일어난다. 이런 방식의 경우, 1번 실린더 압축행정 중에서 방전이 일어날 때에 4번 실린더 배기행정 중에서도 방전이 일어나며, 방전에 필요한 전체 전압은 1, 4번 실린더 각각에서 필요한 방전요구전압의 합이 된다. 즉, 두 개의 스파크 플러그가 직렬로 연결되어 있으므로 전체 방전요구전압은 1번 압축 실린더의 방전요구전압과 4번 배기 실린더 방전요구전압의 합이 된다. 만일 전부하 운전상태(WOT, Wide Open Throttle)와 같이 배기 시의 방전전압이 압축 시에 비해 그리 높지 않은 운전 조건이라면, 전체 방전전압은 압축과정에 있는 실린더에 필요한 방전전압과 거의 같다고 볼 수 있으나, 저부하 운전영역이라면, 전체 방전 전압이 전적으로 압축 실린더의 방전요구전압이라고 볼 수가 없다. 따라서 본 실험에서는 1번 실린더만의 방전요구전압 측정을 위해 4번 실린더의 스파크 플러그는 갭 사이를 단락시켜 스파크가 일어나지 않도록 하여 배기 실린더의 영향을 배제하였다.

임의의 점화 제어를 위하여 자체적으로 마이크

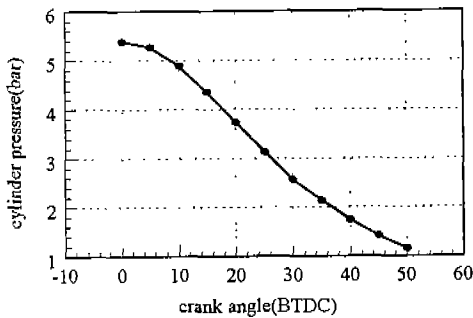
로 프로세서를 이용한 콘트롤 장치를 제작하였으며, 점화 1차 코일에 연결되는 라인에 스위치를 만들어 자체 제작 콘트롤러의 점화신호 또는 엔진의 전용 콘트롤러의 점화신호를 선택할 수 있도록 하였다. 인젝터 라인에도 스위치를 두어 모터링 실험 또는 실화 실험에 사용할 수 있도록 하였다. 실린더 내의 압력 측정을 위하여 스파크플러그형의 압력센서를 사용하였고, 압력 신호는 1차 전압에서 측정된 방전요구전압 신호와 더불어 크랭크앵글신호에 동기되어 A/D변환기로 입력된다.

## 5. 엔진 모터링 조건에서의 실험 결과

앞에서 언급한 원리와 측정 장치를 이용하여 엔진의 모터링 조건에서 테스트하여 보았다.



(a) Output voltage as a function of spark timing

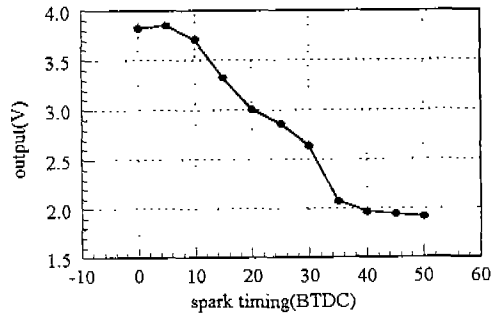


(b) Cylinder pressure as a function of crank angle

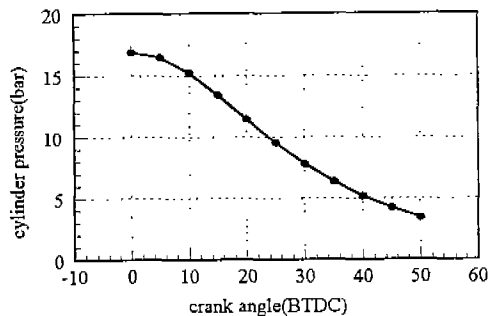
Fig. 6 Engine motoring results at part throttle

Fig. 6과 Fig. 7은 각각 부분부하와 전부하에 대해 측정한 결과이다. Fig. 6(a)과 Fig. 7(a)은 점화시기를 BTDC 0° 부터 40° 까지 5° 간격으로 변화시키면서 방전요구전압의 변화를 측정한 것인데, 점화시기가 상사점에 가까워질수록 방전요구전압도 비례하여 높아지는 것을 볼 수가 있다. 이 이유는 Fig. 6(b)과 Fig. 7(b)에서 볼 수 있듯이 실린더 내의 압력은 상사점에 가까워질수록 높아지기 때문이다. 즉, 압축이 진행됨에 따라 스파크플러그 갭 사이의 공기의 밀도도 높아지기 때문에 절연저항이 높아지고, 이러한 저항을 극복하고 방전이 발생하려면 전압도 함께 높아져야 할 것이기 때문이다.

Fig. 8은 Fig. 6과 Fig. 7의 데이터를 합쳐서 방전이 일어날 당시의 실린더 내의 압력과 방전 전압의 관계를 그려 본 것인데, 그 경향이 매우



(a) Output voltage as a function of spark timing



(b) Cylinder pressure as a function of crank angle

Fig. 7 Engine motoring results at wide open throttle

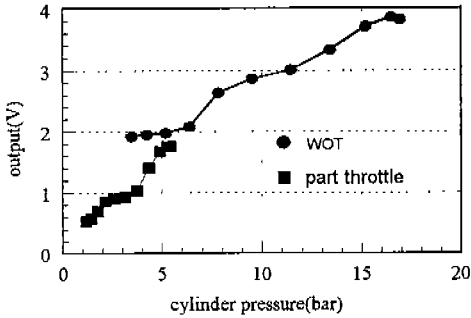


Fig. 8 Output voltage as a function of cylinder pressure

잘 나타나 있음을 알 수 있다. 다만, 전부하상태와 부분부하 결과가 겹치는 영역에서는 약간의 차이를 보이고 있는데, 이것은 방전요구전압이 단순히 압력에 의해서만 결정되는 것이 아니라 온도 조건 등의 여러 가지 영향을 받으므로 인해서 나온 결과라고 판단된다.

위의 결과를 바탕으로 본다면, 1차 전압을 이용한 간접적인 방전요구전압의 측정 방법에 타당성이 있음을 알 수 있다.

## 6. 실화 판정에의 적용

본 연구에서 실화판별을 위하여 새로이 고안해 낸 방법이 있는데, 이것을 바로 2단계 점화 방법이라 명한다. 즉, 정상적인 점화시기에 방전을 시키는 것 이외에 팽창행정 중에 다시 한번 방전을 일으키는 두 번째 방전을 첨가하는 방법인데, 각 방전시기에 나타나는 방전요구전압을 비교해 실화여부를 판별해 내는 것이다. Fig. 9는 그 방법을 보여주고 있다. Fig. 9의 가장 위 그림은 실린더의 압력을 나타내고, 중간그림은 점화시기를 나타내는 것인데, 상사점 전에 정상적인 점화시기가 있고, 상사점 이후 ATDC 15°에서 한 번 더 점화시기가 있다. 가장 아래 그림은 이러한 점화시기에 대해 각각 방전요구전압이 샘플링되어 있는 것을 볼 수 있다.

이러한 방법을 도입한 이유는 연소가 일어나는 과정 중에는 온도와 압력이 압축과정 시와는 달라지고, 이 때문에 방전요구전압 또한 달라질 것이므로 연소과정 중의 방전요구전압을 측정하여 연소의 발생 여부를 판별할 수 있을 것이기 때문이다.

이러한 2단계 점화 방법을 이용하여 실제 운전 조건에서 연료 분사 신호를 스위칭 하여 실화를 일으켜 보았으며, 그 결과를 Fig. 10에 나타내었다. 실험은 1500rpm, 제동토크 1kgfm 상태의 부분부하조건에서 수행되었으며, 4번 스파크플러그는 모터링 실험에서 설명된 바와 같은 이유로 인하여 사용되지 않았다.

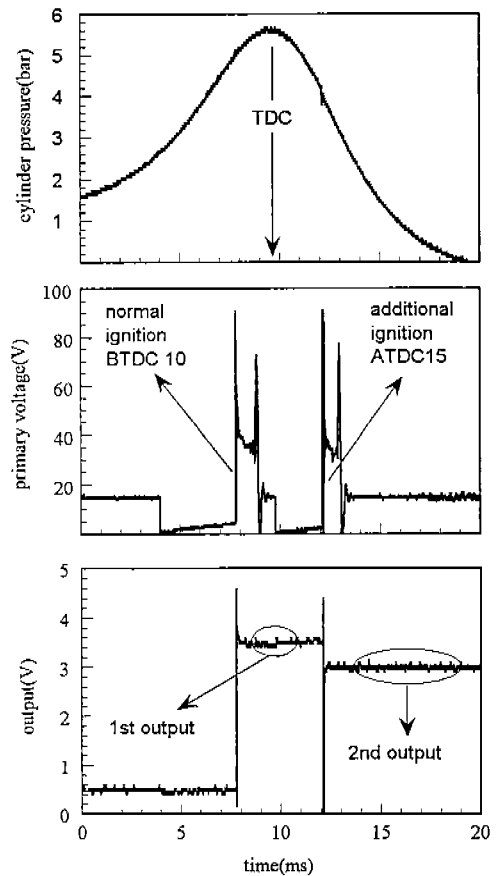
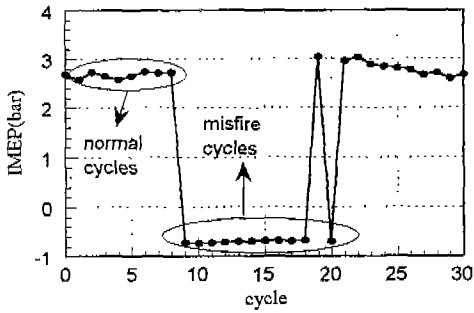
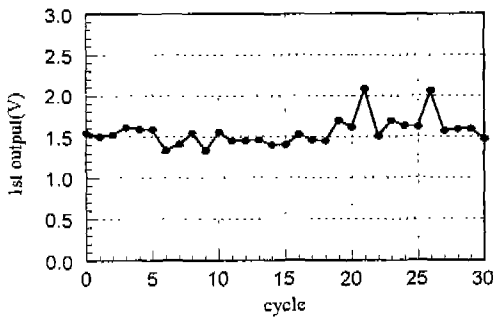


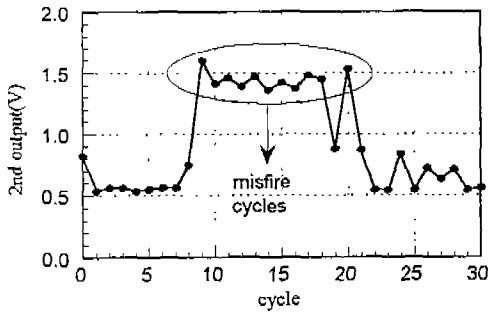
Fig. 9 Two step ignition method used in this study(second ignition at expansion stroke)



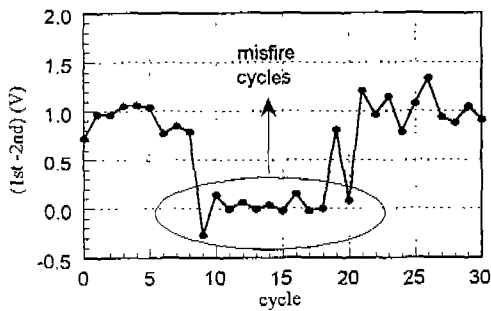
(a) IMEP variation



(b) Output voltage at 1st ignition



(c) Output voltage at 2nd ignition



(d) Voltage difference between 1st and 2nd output

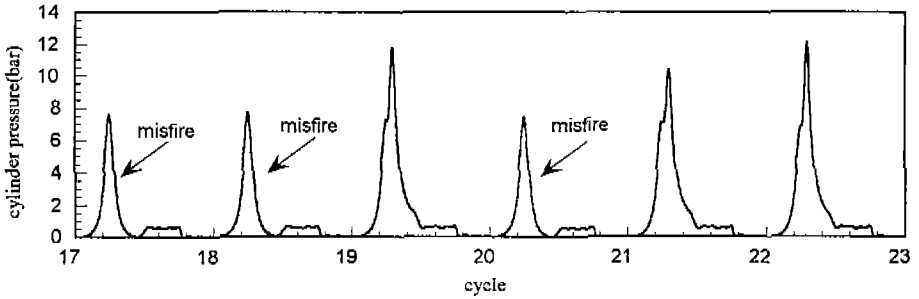
Fig. 10 Misfiring test results by fuel injection on/off

먼저, Fig. 10(a)에 압력으로부터 계산한 평균 유효압력을 그렸는데, 9에서 20까지의 사이클에 실화가 발생한 것을 볼 수 있다. 단, 중간에 19번째 사이클은 정상적인 연소가 일어난 사이클임을 알 수 있다. 이에 대해서 Fig. 10(b)의 정상적인 점화시기의 방전전압을 보면, 실화일 때에도 전압의 변동은 거의 보이지 않는다. 첫 번째 점화 당시에는 연료의 존재 여부가 방전요구전압에 큰 영향을 미치지 않고 있다. 그러나, Fig. 10(c)를 보면, 두 번째 점화 시에는 출력전압에 큰 변화가 있음을 알 수 있다. 즉, 실화가 발생하였을 때에는 전압이 1.5V 근처를 나타내고 있는데, 이 전압은 첫 번째 점화 당시와의 전압과 거의 같다. 즉, 두 번째 점화 시의 실린더 내 온도 조건은 첫 번째 점화 시와 큰 차이가 없기 때문이다.

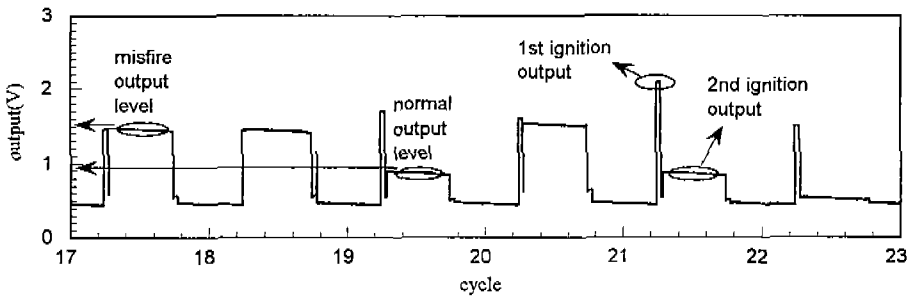
반면, 정상연소일 시에는 출력전압이 낮아져서 0.5V에서 1V 사이를 나타내고 있다. 이렇게 정상적인 연소가 이루어지고 있는 상황에서 방전요구 전압이 낮아지는 이유는 연소과정에서 이온들이 많이 발생하여 방전이 쉬워지는 효과와 온도가 높아짐에 따라 열전자의 방출이 쉬워지는 등의 복합적인 원인이 작용하였을 것으로 보인다. Fig. 10(d)는 첫 번째 출력전압과 두 번째 출력전압의 차이를 구한 것인데, 실화가 발생하였을 때에는 전압의 차이가 거의 0V 또는 그 이하임을 알 수 있다. 따라서 두 점화시기의 출력 전압을 비교해 보면, 연소가 있었는가의 여부를 판별할 수 있을 것으로 보인다.

여기서 또 한가지 중요한 점은 실화 도중에 정상연소가 일어난 19번째의 사이클에서는 정확하게 정상연소에 해당하는 출력전압이 나오고 있다는 것인데, 이것은 실화가 이렇게 복합적으로 발생할 경우에도 각각 정상과 실화를 뚜렷이 구별해 낼 수 있다는 것이 된다. 19 번째의 사이클을 전 후로 한 압력선도와 출력전압을 크랭크각 단위로 Fig. 11에 나타내었다. Fig. 11(a)에서 실린더 압력선도를 보면 명확히 실화가 일어난 사이클을 알 수 있고, Fig. 11(b)에서는 이에 상응하여 실화가 일어났을 때 전압이 높게 유지되고 있





(a) Cylinder pressure waveform



(b) Output voltage waveform

Fig. 11 Waveforms of cylinder pressure and output voltage

음을 볼 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 본다면, 2단계 점화 방법과 방전요구전압의 간접 측정으로부터 비교적 간단하게 실화 여부를 판별해 낼 수 있다고 볼 수 있다.

## 7. 토의

본 연구에서 사용한 방법을 실제 상황에 적용시키기 위해서는 고려해야 할 것이 몇 가지 있다.

첫 번째는 방전요구전압의 측정이 직접적인 측정이 아니고 간접 측정이므로 다소간의 오차가 발생할 수 있다. 또한 같은 운전 조건일지라도 스파크플러그 갭 사이의 방전 부분이 항상 일정한 것이 아니므로 방전요구전압 자체가 조금씩 달라질 수가 있다. 따라서 방전요구전압의 측정을 통해서 실린더 내의 정확한 압력과 공연비 등의 미세한 부분까지 정확하게 유추해 내기 위해서는

좀 더 체계적인 연구가 필요할 것이라고 판단된다. 실제 적용 단계에서 실화를 판단할 기준값들은 많은 반복 실험을 통해 각 엔진마다 각 운전 조건마다 조금씩은 다르게 설정해야 할 것이다. 그러나, 정상적인 연소와 실화일 때의 값은 매우 다르므로 이것을 구별하는 것에는 큰 문제가 없으리라 생각된다.

두 번째로 DLI와 같은 방식은 하나의 점화코일에 2개의 실린더가 연결되어 있으므로 상호간에 영향을 줄 수 있다. 즉, 측정하고자 하는 실린더의 방전요구전압이 낮아지더라도 다른 한 쪽의 방전요구전압이 높아진다면, 결과적으로 높게 나타나므로 정확하게 구별해 낼 수가 없다. 따라서 본 연구에서 사용한 2단계 점화방법이 가능하려면, 점화 방식이 각 실린더마다 점화코일을 가지는 개별 독립 점화 방식으로 바뀌어야 한다. 많은 차종에서 DLI방식을 택하고 있으므로 이러한 차종에 대해서는 좀 더 연구가 필요하다.

세 번째는 엔진의 회전수가 높을 때, 두 번째 스파크를 일으킬 수 있을 것인가 하는 것이다. 본 연구에서 실험한 엔진의 경우, 드웰시간이 약 1.6msec정도에서도 스파크가 가능함을 알 수 있었는데, 만일 점화코일의 용량이 더 커질 수 있다면, 드웰 시간을 더욱 줄일 수 있을 것이라 생각한다.

## 8. 결론

본 연구에서는 전자 제어식 가솔린엔진에서 점화 1차 전압으로써 방전요구전압을 측정할 수 있는 방법을 제시하였다. 이를 엔진 모터링 실험을 통하여 확인하였는데, 실린더 압력에 따른 방전요구전압의 변화 경향이 이미 알려진 바와 거의 유사함을 알 수 있었다. 따라서 1차 전압으로도 2차 측의 방전 전압을 간접적으로 측정할 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 이러한 원리와 정상연소 시에 방전요구전압이 낮아지는 점에 착안하여 실화 판정을 위해 2단계 점화 방법을 제안하였다. 이 방법은 기존의 엔진 컨트롤러에 약간의 측정회로를 추가함으로써 쉽게 적용할 수 있으므로 부가적인 장치 비용의 부담이 거의 없다. 특히, Fig. 10과 Fig. 11에서 볼 수 있는 바와 같이 복잡한 실화 패턴에 대해서도 어려운 판정 알고리즘이 필요 없이 쉽게 프로그램화 할 수 있는 큰 장점이 있다.

실제 적용을 위한 여러 가지 경우에 대한 실험과 판단 기준값 설정 등은 추후의 연구과제로 남긴다.

## 후 기

본 연구는 금오공과대학교의 신진교수 연구지원에 의해 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

## 참 고 문 헌

1. Martin Klenk and Winfried Moser, "Misfire Detection by Evaluating Crankshaft Speed-A Means to Comply with OBD II," SAE Paper 930399, 1993.
2. 임병진, "크랭크축 각속도의 변동을 이용한 실린더내 압력 변화와 토크의 추정," 서울대학교 공학박사 학위 논문, 1994.
3. Azzoni, Piero Mario ENEA Moro, Porceddu-Cilione, Carlo Maria ENEA Rizzoni, "Misfire detection in a high-performance engine by the principal component analysis approach," SAE 960622, 1996.
4. Wu, Zhijian James Chrysler Corp. Lee, " Misfire detection using a dynamic neural network with output feedback," SAE 980515, 1998.
5. S. Miyata, K. Nishio, and N. Kondo, "Engine Control by Ion Density Analysis," SAE 96C003, 1996.
6. J. Auzins, H. Johansson, and J. Nytomt, " Ion-Gap Sense in Misfire Detection, Knock and Engine Control," SAE 950004, 1995.
7. J. B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill, pp.439, 1989.
8. 한국자동차공학회, 자동차기술핸드북 (2)설계편, 유연상사, pp.127~130, 1996.