

## 자동차 정비의 자동화를 위한 점화장치 이상에 대한 연구

### A Study on the Malfunction of Ignition System

\*강신준\*, 우천희\*, 이성환\*, 신현익\*, 우광방\*

\* 연세대학교 전기공학과 (Tel: 361-2767; Fax: 362-7611; E-mail: ksaj@auto.yonsei.ac.kr)

**Abstracts** Because of using electrical technologies in the automobile system, It is difficult to detect and recover malfunction of the automobil system. Only the skillful repair engineers could find and repair their problems in these days, but their inconsistent knowhow make it hard to accumulate their knowledge. This paper presents the relations between the engine ignition line and the malfunction of the automobile.

**Keywords** Ignition, automobile, fault detect

#### 1. 서론

자동차는 우리 일상생활과 밀접한 관계를 유지하면서 사회적으로 널리 이용되어 왔고, 경제성장에 따라 대중화되어 왔다. 이런 자동차가 운행 중에 발생하는 고장은 최단시간 내로 수리되어야 한다. 현재 이러한 고장은 주로 숙련된 정비기사에 의해 정비되고 있으나, 기사에 따른 정비방법이 다양하며, 또한 원인 파악에 일관성이 없고, 그에 따른 기술 축적도 힘이 든다.

컴퓨터 및 전기/전자기술의 발달은 차량기기를 전자화 하는데 있어 신용도, 비용절감 및 공간의 최소화 측면에서 큰 진전을 가져왔다. 1990년경에 엔진제어와 각종 차량장애 운영 시스템의 전자화는 실효성을 가져 왔으며, 이들은 각각 powertrain control, vehicle control, body control 및 information communication 등 4개 분야로 분류되어 발전되어 왔다. 이와 같이 차량기기가 전자화 되어감에 따라 보다 체계적이고 종합적인 고장진단과 정비기술의 개발이 필요로 하게 되었다.

차량기기의 고장 유형은 다음과 같이 크게 3가지로 분류될 수 있다.

- 1) ECU와 관련된 전자 계통의 고장
- 2) 점화장치와 관련된 전기계통의 고장
- 3) 기계부품의 노화로 인한 기계적인 고장

이들 각각의 고장은 스캐너장비, 엔진튜업장비 및 배기가스 분석기를 사용하여 진단 및 보수를 할 수 있다.

스캐너장비는 ECU (Engine Control Unit) 가 엔진 제어를 하기 위해 입력으로 사용되는 각종 센서의 출력과, 정비의 편의성을 위해 ECU에서 별도로 가지고 있는 포트를 통해 데이터를 입력으로 받아 현재 엔진과 ECU의 상태 및 고장 유형을 판단하기 위해 사용된다.

엔진튜업장비는 점화장치의 1차 및 2차 점화케이블에 별도의 센서를 연결하여 파워 트랜지스터, 점화코일 등을 통한 1차 파형과 디스트리뷰터 및 실린더 점화플러그 등에서 발생하는 2차파형을 실시간으로 입력받아 점화장치와 관련된 고장을 판단하는데 사용된다. (그림 1.)

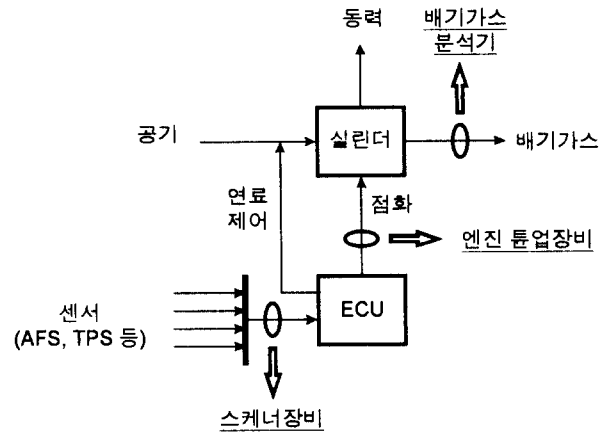


그림 1. 기능별 진단장비

Fig 1. Scanner, Tune-up tester and 4-Gas analyzer

본 연구의 최종 목적은 정비기사들에 의한 진단규칙을 사용하여 정확하게 고장을 진단하며, 고장의 예측도 가능하게 하는 고장진단 시스템 구축이며, 그에 대한 점화장치와 관련된 전기계통의 고장에서의 고장 종류에 따른 실린더 점화파형 등의 변화에 대하여 알아본다.

#### 2. 점화파형의 구성

일차 점화회로는 저압회로로서 이그니션스위치, 안정기 저항(ballast resistor), 일차 점화코일, 콘택트 포인트, 콘덴서 등이 연결되어서 이루어지는 회로를 말한다. 이차 점화회로는 고압회로이며, 35 kV 정도의 고압이 흐르는 회로로서 이차 점화코일, 배전기 캡과 로터, 고압선, 스파크 플러그 등으로 구성된 회로를 말한다.

이차파형은 전체 점화장치 파형을 알아내는데 가장 필요하다고 할 수 있다. 일차파형은 이차파형만큼 사용되지는 않으나 파형의 중앙부나 드웰부에 영향을 주는 점화코일장치의 고장이 두

가지 파형에 모두 나타난다. 일차파형에서는 점화 포인트의 상태나 트랜지스터 점화장치의 고장 유무 등을 알 수 있으며, 드웰각을 자세히 관찰할 수 있다.

일차 및 이차의 점화파형은 그림 2와 같이 각각 점화구간, 중간구간, 드웰구간으로 구별된다.

### 2.1 점화구간

점화구간은 점화라인과 스파크라인으로 구성된다. 점화라인은 그림 2의 AB 구간이며, A점에서 점점, 또는 TR이 열리는 순간 코일에 축적된 에너지가 방전되면서 전압이 B점까지 급격히 상승된다. 이 전압은 일차파형인 경우에 약 200-300V, TR 점화식인 경우에는 약 300-400V 정도가 되며, 이차파형인 경우에는 고압선, 로터간극, 스파크 플러그 간극 등의 저항을 이기고 스파크를 발생시키게 되는데, 그때의 전압이 대부분의 경우 최소 8kV 이상이 된다. 이 AB간의 전압을 점화전압, 또는 이온화전압이라 하며, 이차파형인 경우 이 값에서 알 수 있는 사항은 다음과 같다.

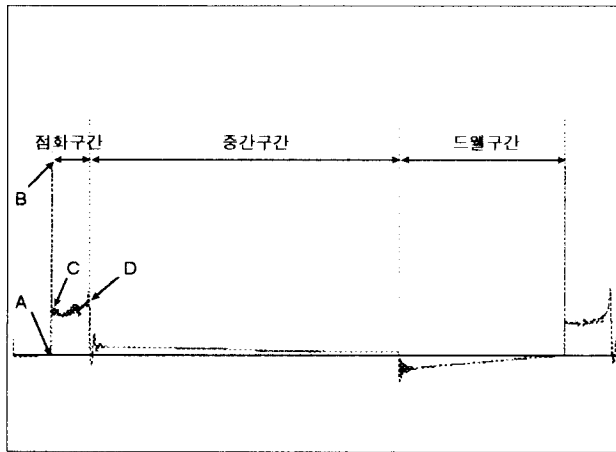


그림 2. 점화파형의 구성

Fig. 2. Ignition line consists of three regions

표 1. 점화전압과 이상원인

Table 1. The malfunction and the firing voltage

원인	점화전압	
	높다	낮다
전극간격	크다	작다
로터간격	크다	작다
압축비	높다	낮다
혼합비	희박하다	정상
전극 온도	낮다	높다
점화시기	늦다	빠르다
이차회로저항	크다	작다

점화라인의 높이는 절연파괴가 되어 화염핵이 생성되기 바로 직전의 연소실 내부의 기계적 문제를 분석하는데 도움이 되지만 엔진 정밀진단이나 화염 지속시간에 영향을 주는 연소실의 상태를 분석하기에는 적당하지 않다.

스파크라인은 CD 구간을 말한다. 점화 플러그 양 전극사이의 절연이 깨어지며 전극사이가 전하의 다발로 도통되는 상태가 된다. 따라서 저항이 작아지며 점화 플러그 양단의 전압은 낮아지게 된다. 이 전압은 축적된 에너지가 모두 소멸될 때까지 유지된다. D에 이르면 에너지의 방출이 완료되며, 혼합기에 점화가 이루어진다. 양 전극사이의 절연이 깨어지게 되는, 스파크 라인의 초기에는 화염핵 생성 초기로서 크랭크축은 BTDC 10' 정도이며, 완전히 연소되기 위해서는 ATDC 10' 정도까지는 불꽃의 여유가 있어야 한다. 따라서 이 시간과 엔진의 부조 현상은 직접적인 관련이 있다. 점화라인에 의해 만들어진 전자다발은 초기 화염핵을 만드는 불씨가 되는데, 이때 전자의 흐름은 연소실의 상태와 배기량, 연료의 종류 등에 따라 달라지고, 전자제어 엔진에서의 회박한 혼합기의 추세로 볼때 스파크라인 전압의 높이가 큰 의미를 가지지 않는다.

### 2.2 중간구간 및 드웰구간

중간구간은 점화플러그에서 방전이 끝난 후 코일 내의 잔류에너지가 방출되면서 콘덴서와 공진으로 감쇄파형이 생기는 구간이다. 정상인 경우 3-6회의 진동을 유발한다. 이 구간에서의 파형의 모양은 2차회로의 저항 및 콘덴서 용량, 점화코일의 용량과 관계가 있다.

드웰구간은 포인트 점화 방식인 경우에는 포인트가 닫히면서 열릴 때 까지의 구간, 즉 포인트가 닫혀있는 기간을 말한다. 드웰구간의 초기 진동파형은 원점의 아래에 나타나며, 콘덴서와는 거의 관계가 없고 점화 일차코일과 포인트 접촉의 양부에 의해 결정되나, 전자제어엔진인 경우에는 그러한 진동은 나타나지 않는다. 이 구간동안 점화코일에는 에너지가 축적되어 다음 방전때 사용된다. 따라서 전자제어 엔진에서는 저속에서는 코일의 열 발생을 줄이기 위해 적게 하고 고속에서는 에너지 부족을 보완해 주기 위해서 드웰각을 크게 한다.

## 3. 하드웨어 구성 및 실험

점화파형을 구성하고 있는 대부분의 신호들은 50kHz 정도면 모든 특성을 알 수 있는 신호들로 구성된다. 하지만 점화파형이나 인젝터 파형, 또는 공회전 속도조절용 스텝모터 파형등에서는 방전 등으로 인한 고주파 피크값이 생기게 되며, 고장판별시 정확한 원인 규명을 위해서 그 값을 작은 오차 한도 내에서 정확히 구분해야 할 필요가 있다.

본 연구에서 사용되는 샘플링을 위한 A/D 컨버터는 500KHz 이상의 샘플 주파수가 요구되며, 입력 채널은 추후 전문가 시스템으로의 확장을 고려하여 64개 정도가 필요하다. 하드웨어 구성은 다음과 같다.

샘플링된 파형을 전처리하기 위해서 별도의 프로세서를 사용하였다. 이 경우 Intel 80486 CPU를 사용했으며, 수행되는 기능은 파형 트리거링 및 실린더별로 해당되는 파형을 분리해 내며, 각 파형의 최대/최소값, 구간별 특성값 및 전문가 시스템을 구성하기 위해 상위단에서 필요한 여러 가지 측정값을 구성한다.

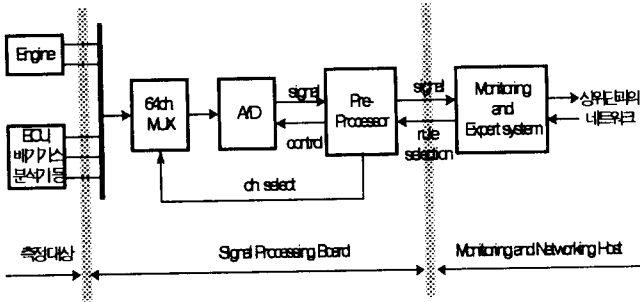


그림 3. 점화파형 측정을 위한 하드웨어 구성

Fig. 3. Hardware setting for the detection of the ignition line

엔진 모델로는 ECU와 전동기, 축전지, 디스트리뷰터 및 점화 플러그로 구성되는 점화파형 시뮬레이터와 실제 1500cc 자동차 엔진을 사용해서 만든 엔진 시뮬레이터를 사용하였다.

전동기를 사용한 점화파형 시뮬레이터는 간단한 구조를 가지기 때문에 테스트가 간단하나, 점화 플러그가 공기중에 노출되어 있으므로 혼합기 내에서 압축된 혼합가스 상태에 있는 점화 플러그와 같은 특성을 나타내지 못하게 되고, 따라서 이는 점화 라인의 전압에 직접적으로 큰 영향을 미친다. 따라서 대부분의 경우 엔진을 이용한 시뮬레이터를 사용하여 실험하였다.

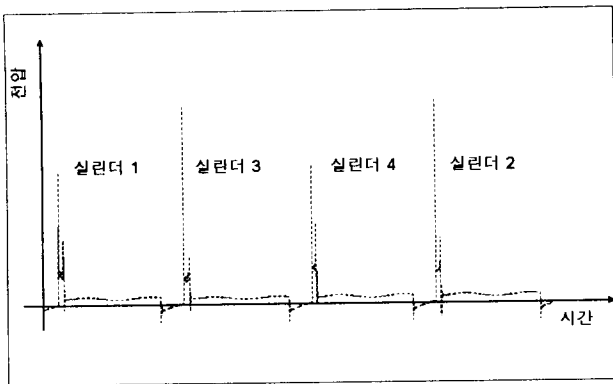


그림 4. 실린더별 점화파형 - 600 rpm

Fig. 4. The Ignition line of each cylinder - 600 rpm

그림 4. 및 그림 5.는 실제 엔진을 사용한 시뮬레이터를 사용한 점화 일차파형을 500 kHz 샘플링 주파수로 샘플링한 것으로, 점화라인의 값이 편차가 크다는 것을 알 수 있다. 이는 샘플 주파수가 낮기 때문이지만, 충분한 정확도를 보장하기 위해서는 5 MHz 이상의 샘플 주파수가 요구된다. 그림 4. 및 그림 5.에서 알 수 있는 것과 같이 엔진회전수가 변하더라도 점화코일에 충분한 에너지를 공급하기 위해서 드웰구간의 시간 변화는 거의 없다. 즉, 드웰각은 엔진회전수에 따라 증가한다.

그림 6.은 샘플링된 파형 중 점화구간 부분을 나타낸 것이다. 피크값 부근에서 정밀한 계측기를 가지고 검증한 결과 실제 파형과는 큰 오차를 가지고 있으며, 이는 피크치가 3 - 5 us. 정도의 아주 짧은 시간동안 나타나기 때문에 500 kHz의 샘플링 주파수로는 충분한 정밀도를 얻을 수 없기 때문이다. 이러한 오차로 인해 그림 7.과 같이 피크값의 편차가 큰 것으로 나타난다. 실제 점화라인은 그 편차가 크지 않고 안정된 값을 유지한다.

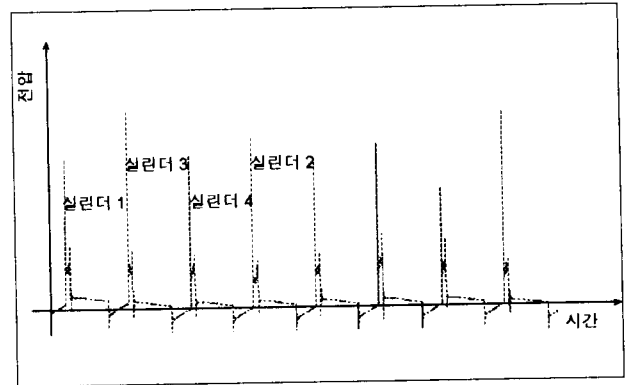


그림 5. 실린더별 점화파형 - 1200 rpm

Fig. 5. The ignition line of each cylinder - 1200 rpm

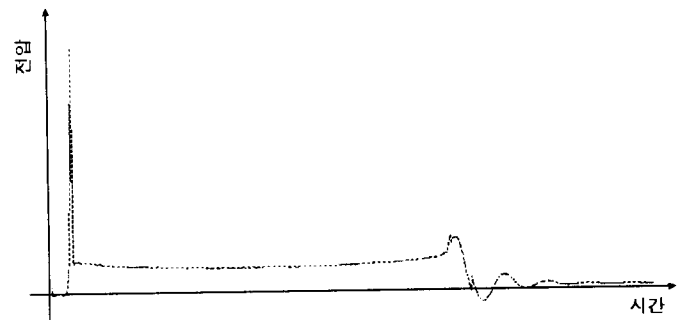


그림 6. 점화파형 중 점화구간 파형

Fig. 6. firing line at the ignition line

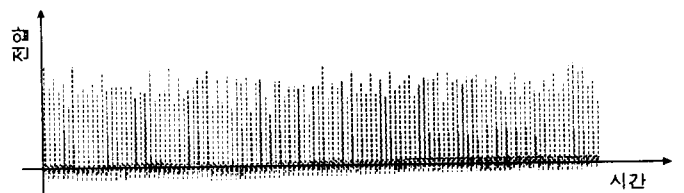


그림 7. 점화라인의 변화 - 500 kHz 샘플링의 경우

Fig. 7. The maximum values of firing line

- 500 kHz sampling frequency

#### 4. 결과

전자제어 엔진 등의 등장으로 엔진의 정밀한 제어가 가능해짐에 따라 고장발생시 이를 정확하게 진단 및 정비하기가 점점 더 어려워지고 있다. 또한 센서의 종류 및 개수가 많아짐에 따라 정확한 진단을 위해 얻을 수 있는 모든 정보량 또한 많아지고, 고려해야 할 사항 역시 점점 더 복잡해진다. 따라서 숙련된 정비공의 역할을 보조하거나 대체하기 위한 자체의 데이터베이스

를 가지고 있는 컴퓨터 시스템이 필요하게 된다.

본 연구에서는 이러한 시스템을 구성하기 위한 기본 연구로 자동차 1, 2차 점화파형과 이를 이용한 고장의 원인 진단에 대해 알아보았다. 점화파형, 또는 인젝터 파형 등을 구성하고 있는 고주파 피크값을 정확히 측정하기에는 본 실험에서 사용한 500kHz 샘플링 보드로서는 오차가 많으며, 별도의 스코프 등으로 확인해 본 결과 최소 5MHz 이상이 되어야 함을 알 수 있었다. 따라서

- 1) 하드웨어적인 부담을 줄이기 위해서 피크값에 무관한 고장 규칙 데이터베이스를 구성하거나,
- 2) 더 빠른 샘플주파수를 갖는 샘플링 보드, 또는 피크값을 입력받기 위한 별도의 하드웨어를 요구하는 것, 또는
- 3) 고장 진단의 정밀도를 줄여서 피크값에 대한 의존도를 줄이는 것

등의 결과를 얻을 수 있다.

비록 본 연구에서 조사한 점화파형 자체만으로는 정확한 진단을 내리기가 곤란하지만, 점차 더 많은 센서의 입력을 사용할 수 있고 숙련된 정비사들에 의한 많은 데이터베이스를 가지며 더 빠른 처리속도를 갖는 하드웨어를 사용한다면 정밀한 단위에서의 고장 원인 규명이 가능해 질 것이다.

## 참고문헌

- [1] John B. Heywood, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGrawHill
- [2] Richard Stone, *Introduction to Internal Combustion Engine*, MacMillan
- [3] 최인호, *땅에서 구름까지*, 대하, 서울, 1994
- [4] *점화시스템의 원리와 파형*, BOSCH Engine Analyzer technical report, 서울