

# 차량 드로틀 보디 전장부품의 품질관리 성능시험 알고리즘 개발 Development of Algorithm of Surge Test for Quality Control on Electrical Parts of Throttle Body in Automobiles

손재환\*, 김태한\*\*  
Jae-Hwan Son\*, Tae-Han Kim\*\*

## <Abstract>

This study is on the development of algorithm of surge test for quality control on electrical parts of throttle body in automobiles with internal combustion engine, not only to know its condition to be good or not, but also judging its condition to be classified into six types. To know whether its condition to be good or not, comparing and analyzing between two waveforms generated from master and test coil of throttle body. If test net area is below 20% of master area, the condition of test coil is good. By analyzing test coil waveform to master coil waveform, the condition of test coil into winding badness, insulation badness, layer and corona discharge, short badness should known. Therefore quality control system on electrical parts of throttle body should be developed.

*Key Words : Algorithm of Surge Test, Throttle Body, Master Coil, Test Coil, Quality Control*

## 1. 서 론

품질관리 성능시험 시스템이 담당하는 자동 검사 공정의 개발은 제품의 불량 소지를 없애고 공정의 생산성 향상을 위해, 그 개발이 요구되고 있다.

성능시험 시스템은 통신 포트(port)를 통해 대상 물체의 데이터를 획득하고 취득한 자료를 저장·관리하여, 이 데이터들을 운용하여

대상물체의 이상 유·무 판단과 제품 규격의 계측 등 품질검사에 사용되며<sup>1)</sup>, 각종 생산제품의 자동 조립 라인에서 시험검사 공정 등의 다양한 분야에 적용되고 있다.<sup>2-4)</sup>

더욱이 국내의 자동차 수요가 급격히 늘어나면서 제조회사와 부품 협력업체간의 부품국산화 생산량이 급격히 증가하여 소비자보호단체를 통해 제기된 자동차의 품질 문제가 운전자들의 관심사로 대두되면서, 자동차 부품의

\* 정희원, 大邱機械部品研究院 팀장/ 責任研究員

\*\* 정희원, 慶北大學校 生物産業機械工學科/ 教授

\* Daegu Machinery Institute of Components & Materials  
E-mail : sjhwan@dmi.re.kr

\*\* Department of Bio-industrial Machinery Engineering,  
Kyungpook National University

성능을 평가하는 척도가 다변화되고 있다. 자동차 부품 제조공정 중 드로틀 보디(throttle body) 전장장치에 대한 성능시험 공정은 특히 정확성이 요구되는 중요한 공정이다. 따라서 품질과 생산성을 향상시키며, 소비자의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 품질관리 성능시험 시스템의 개발이 연구 중에 있다.

그러나, 종래의 성능시험 시스템에 대한 연구 결과로서 작업공정을 반자동화하여 생산성(productivity)은 크게 향상 시켰으나 양·불량에 대한 판정을 작업자의 육안 판정에 의존하게 되어 품질의 신뢰도를 저하시켰고, 판정품에 대한 데이터 추적이 어려웠다.

더욱이 최근 제품의 모델 변경에 따른 작업공정의 잦은 수정에도 불구하고 높은 품질 신뢰도가 요구되고 있다.

따라서 유연성이 뛰어나고, 소비자의 현장 품질에 대한 신뢰도가 보증되며, 시험검사 데이터 관리에 대한 원인추적으로 품질향상을 분석할 수 있는 품질관리 시험검사 시스템 개발에 대한 관심이 높아지고 있다.

본 연구에서는 스코프(scope) 화면으로 나타나는 영상처리<sup>7)</sup>에 의한 품질관리 알고리즘(algorithm)을 이용하여 차량 드로틀 보디 전장부품에 대한 품질관리 성능시험 시스템을 개발하고자 한다. 본 시스템은 시험과형 분석을 통하여 제품의 상태를 유형별로 구분하여 품질을 판정하고자 하였으며, 제품에 대한 데이터 추적 관리 및 원인분석을 통하여 품질 신뢰도를 향상시키고자 하였다.

## 2. 알고리즘 개발

### 2.1 전기적 성능시험(Surge Test) 원리

차량 드로틀 보디 전장부품의 주요 구성품인 코일에는 규정 사용전압보다 훨씬 높은 전압을 외부에서 주입해 보는 시험이 필요하지만 사용전압보다 몇 배씩 높은 전압을 인가해 볼 수 없다. 그 대신 2~3μsec 의 극히 짧은 순간 고압을 인가해 보면 제품의 파손을 방지하면서도 서지(surge) 전압에 대한 내력(耐力) 시험을 할 수 있도록 하였다.

전기적 성능시험(surge test)은 이러한 원리를 이용하여 Fig.1과 같이 극히 짧은 고압 임펄스(impulse)파를 1초당 30회씩 제품에 인가

해 그 반응을 살펴며, 아울러 고압이 제거된 직후 발생하는 표준(master) 제품 고유의 자유진동 과형을 분석하여 특성을 알아낸다. 즉 고압이 인가되었다가 제거되는 펄스 바로 뒷부분에 자유진동과형의 유형(type)을 스코프(scope)로 관찰한다.

모든 코일제품은 각각의 고유한 특성의 자유진동 과형을 가지고 있기 때문에 이러한 과형을 표준(master) 제품 측의 과형과 비교 분석하는 시험방법이므로 종합적이고 정확한 품질검사가 이루어진다.

즉, 필요한 전기적 성능시험(surge test)의 전압이 Es일 때, 시험해야 할 제품의 사용전압(operating voltage) Eo는 식(1)과 같다.<sup>8)</sup>

$$Es = (2 \times Eo + 1000V) \times 1.4 \quad (1)$$

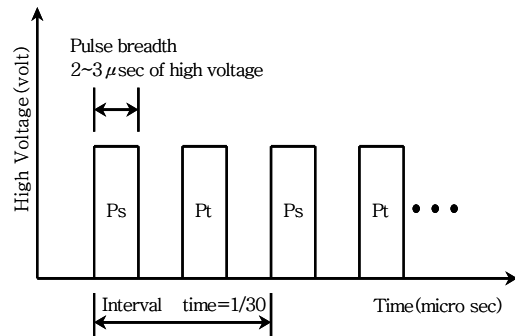


Fig.1 Diagram of putting high voltage in test object

여기서, Ps= sample측에 인가되는 고압, Pt = test 측에 인가되는 고압을 나타낸다.

### 2.2 전기적 성능시험의 구성

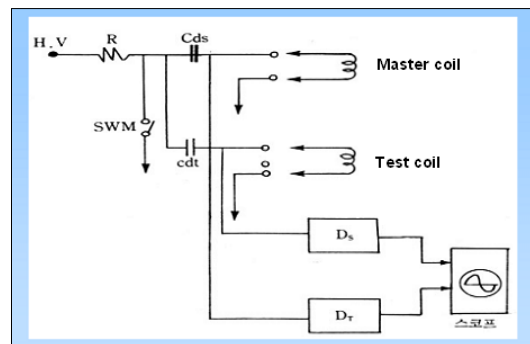


Fig.2 The circuit component of surge test

본 연구에서 제안한 전기적 성능시험은 표준 제품 측 출력단자 양단에 가장 표준이 되

는 제품을 연결하는 시스템으로 Fig.2와 같이 고압이 저항 R을 통하여 콘덴서 Cds와 Cdt에 충전되고, 스위치 SWM을 닫는 순간 Cds와 Cdt에 각각 충전된 전하가 SWM과 코일을 통한 폐회로(loop)를 결성하게 되어 방전하게 된다. 이때 각 코일에는 고압이 발생, 자유진동을 하게 된다.

모든 코일은 고유의 인덕턴스(inductance) 값을 가지고 있을 뿐 아니라, 코일과 코일 사이에 눈에 보이지 않는 정전용량을 가지고 있어서 공진회로를 구성하고 있다.

한편 코일의 양단에 발생하는 전압(E)은, 코일의 횡수(N)와 흐르는 전류의 변화량(ΔI)의 곱으로 나타나게 되며, 식(2)와 같다.

$$E = N \times \Delta I \quad (2)$$

또한 코일은 내부에 흐르는 전류가 급변할 경우 코일에 인가된 전압보다 훨씬 더 높은 전압을 자체적으로 발생시키는 작용을 하게 되고, 모든 코일은 실질적으로 이와 같은 조건에서 사용되고 있다.

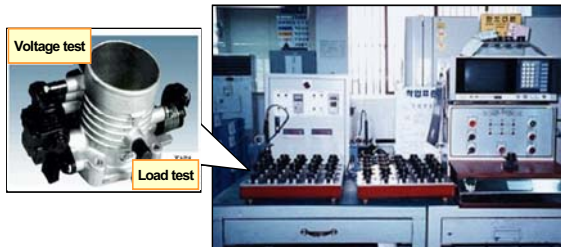


Fig.3 Appearance of surge test system

Fig.3은 차량 드로틀 보디 전장부품에 고압을 인가한 후 발생하는 이동거리 파형 면적(test net area)을 이용하여 품질을 평가할 수 있는 코일 시험기(coil tester)이다.

그리고, 본 시험기는 검사 제품을 고정하는데 필요한 치공구(jig and fixture), 검사회로를 내장하고 있는 제어용 콘트롤러(test control) 판넬, 시험결과를 보여주는 영상처리용 보드 등으로 구성되어 있다. 시험제품에 대한 고압 인가 시간(switch on time)은 1~3μsec정도 극도로 짧게 하여 코일에 인가해 보면 코일 파단을 방지하면서 서지(surge) 전압에 대한 제품의 내구성 등의 특성을 고찰하였다.

### 2.3 실험 방법

어떤 코일이든 기준이 되는 표준제품을 성능시험기의 전면 “표준 코일(master coil)” 측에 연결해놓고 “시험 코일(test coil)” 측에는 시험하고자 하는 제품을 접속하여 서지(surge) 전압을 인가하면, 파형이 스코프(scope) 화면 상에 나타난다.

이때 화면에 나타나는 파형의 시작점은 서지 전압이 인가된 순간이고, 이후에 나타나는 파형은 코일 고유의 자유진동 파형으로 시간이 갈수록 파형의 진폭이 감소되어 소멸되고 있음을 알 수 있다. 이때 진폭은 코일에 인가된 전압의 세기를 나타내며, 파장의 길이는 코일이 갖는 고유진동수에 반비례하며, 코일의 인덕턴스 값에 비례함을 알 수 있다.

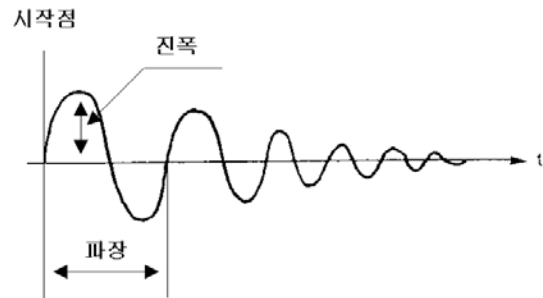


Fig.4 Response Waveform in the coil

또한, 코일제품의 양·불량을 판정하는 기준으로 이동거리 파형 면적  $e_s$ 를 사용하였다. 이동거리 파형 면적은 표준(master) 제품과 시험(test) 제품의 검출 파형을 겹쳤을 때 두 파형 사이에 형성되는 면적을 사용하였으며, 식(3)과 같다.

$$e_s = \int_{ts}^{tf} f(t)_{std} - f(t)_{act} dt \quad (3)$$

여기서,  $f(t)_{std}$  = 표준제품 파형식

$f(t)_{act}$  = 시험제품 파형식을 나타낸다.

그리고, 현장 시험(try-out) 데이터를 참조한 결과, 생산대비 양품을 평균이 97.0 %로 조사되어, 양품 시험제품의 이동거리 면적이 표준제품 파형 면적의 20% 이내에 들어움을 알 수가 있었다.

따라서, 이를 전장부품의 양·불량 기준치로 설정하여 시험제품을 1차 판정하였으며, 1차

판정된 제품의 파형을 분석하여 6개 유형으로 구분하여 2차 판정하였다. 제품의 품질관리 성능시험 알고리즘은 Fig.5와 같다.

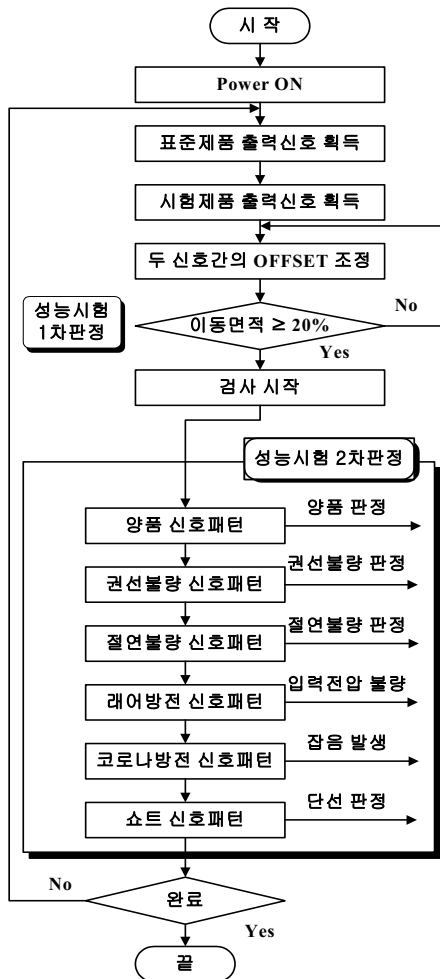


Fig.5 Flow chart of Algorithm for Quality Control

### 3. 결과 및 고찰

성능시험기의 시험 코일 측에 시험제품을, 표준코일 측에 표준제품을 연결하여 시험하면 Fig.6의 위, 아래 파형이 나타난다. 만일 시험 코일 측에 연결된 제품의 불량 정도가 크거나 끊어짐이 일어나면 위 파형은 위로 이동하게 되어 위와 아래 파형사이의 이동거리 파형 면적은 표준파형 면적의 20%를 초과하게 된다.

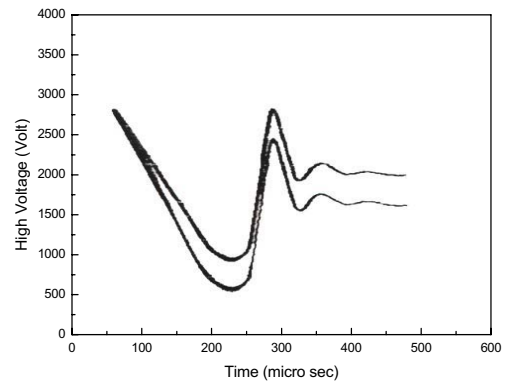


Fig.6 Standard goods connected to sample side

따라서, Fig.5의 성능시험 2차 판정을 위해 표준 및 시험 제품의 파형을 비교 분석한 결과 Fig.7~12와 같이 6개 유형으로 구분된다.

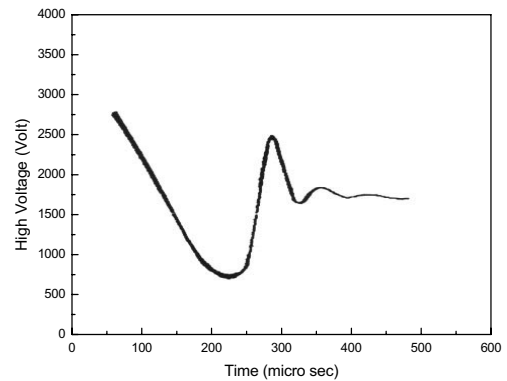


Fig.7 The screen when test object is good

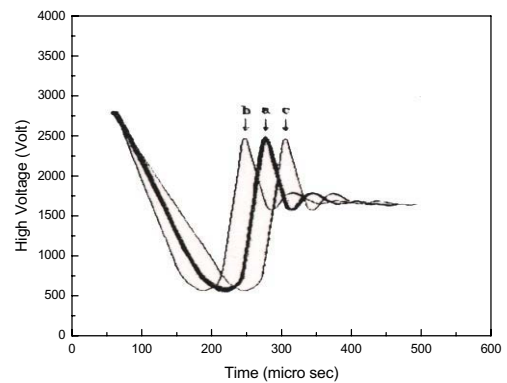


Fig.8 The screen when coil winding is bad

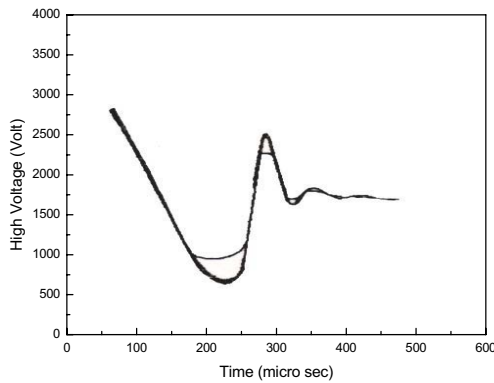


Fig.9 The screen when the insulation is bad

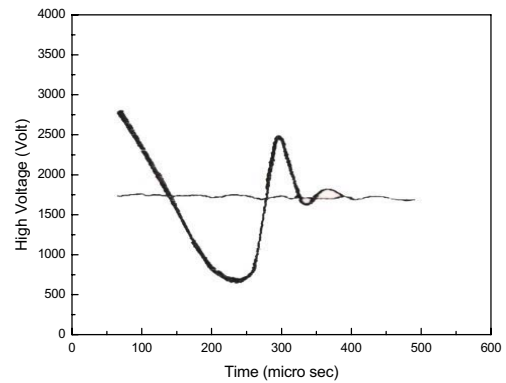


Fig.12 The screen when the coil is shorted

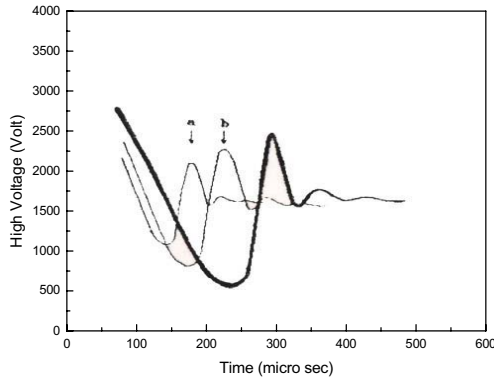


Fig.10 The screen when the rare discharge occurs

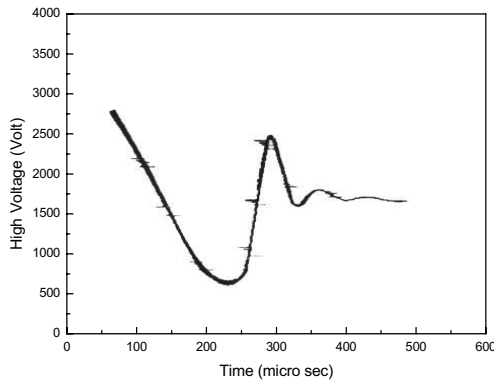


Fig.11 The screen when the corona discharge occurs

여기서,

- a = sample의 파형
- b = 권선이 적은 경우
- c = 권선이 많은 경우를 나타낸다.

Fig.7은 시험 제품이 표준 측과 동일한 양품 일 때를 나타낸다. 표준과 시험 측 파형이 완전 동일 하므로 두 개의 파형이 겹쳐져 나타나며, 두 코일의 특성이 같음을 의미한다.

Fig.8은 권선 불량일 때의 실험결과를 나낸다. 표준 측의 기준 파형과 비교하여 시험제품의 인덕턴스가 규정치보다 높으면, 고유진동 파장이 길어지므로 c와 같이 위상이 늦어지고, 낮으면 b와 같이 위상이 빨라지는 불량을 나타낸다. 이는 결선(結線)되는 코일 권선 수가 규정치를 초과하면 인덕턴스가 높아져 전장부품의 반응이 늦어짐에 기인한 것으로 사료된다.

Fig.9는 절연 불량일 때의 실험결과를 나타낸 것이며, 시험제품의 성능(Q)감쇄가 파형의 피크(peak)점에서 낮게 나타난다. 이 경우, 차량 RPM변동이 심하고, 공회전 불량으로 인해 차량엔진부조(不調)나 간헐적 시동꺼짐 현상이 발생된다.

Fig.10은 레이어(layer) 방전 현상을 나타낸다. 시험전압이 견디지 못할 경우 시험 측의 파형보다 낮은 피크치 파형이 a, 또는 b처럼 불안정하게 변하거나 떨리게 나타나며, 주행 중 시동 꺼짐 현상을 발생된다.

Fig.11은 코로나(corona) 방전 현상을 나타낸다. 권선 사이 또는 극간에서 코로나 방전이 일어날 경우 방전이 생길 때 잡음(noise)이 나타나며, 파형의 선이 불규칙하게 떨린다. 이는 차량엔진부조나 간헐적 시동꺼짐 현상이 발생된다.

Fig.12는 쇼트(short) 현상을 나타낸다. 코일이 완전히 쇼트되면 파형이 나타나지 않음

므로 화면의 중앙부분에 수평선 또는 수평선에 가까운 선이 나타난다. 이는 변속 작동시 시동 꺼짐 현상을 초래한다.<sup>6)</sup>

#### 4. 결론

본 연구는 차량 드로틀 보디 전장부품 품질 평가 알고리즘을 개발에 대한 연구로서 드로틀 보디 전장부품 코일(coil) 제품을 대상으로 품질관리 전기적 성능시험(surge test) 결과의 판정유형을 검출할 수 있는가를 파악하기 위하여 수행하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

시험제품에 고압 임펄스를 가하여 신뢰성 시험을 하면서 동시에 이 과정에서 발생하는 자유진동파형을 관찰하여 코일의 특성을 분석하는 것으로, 표준과 시험제품에서 발생하는 두 개의 파형을 서로 비교·분석하여 이동거리 파형의 면적이 표준파형 면적의 20%이내에 들 경우 양품으로 판정하였다.

그 결과 제품의 견고성, 이상 여부 등을 알 수 있었으며, 분석 판정된 결과를 프로그램하여 자동 판정기능(auto comparator)을 부여하였다.

또한, 코일권선의 양품 여부, 권선 수의 규정치 초과 및 결여와 같은 오결선(誤結線) 여부, 권선 절연(winding insulation)불량, 레이어(layer) 및 코로나(corona) 방전 발생여부, 쇼트(short) 발생 여부와 같은 6가지 유형으로 품질판정을 할 수 있었다.

그리고, 제품의 성능시험 파형을 영상처리하는 품질관리 알고리즘을 개발하여 신뢰성있고 견실한 품질관리 성능시험 시스템을 개발하였다.

더욱이 시험평가된 데이터를 시스템 메모리에 자동 입력됨으로써 출하된 제품에 대한 데이터 추적 관리 및 원인분석이 실시간적으로 가능하였다.

#### 참고문헌

- 1) 김경구 : 자동검사를 위한 비전 알고리즘, 경북대학교 대학원 공학석사, (1994)
- 2) IBM사 著, 주정규 譯 : IBM PC 하드웨어, 기전연구소, pp.339-347, (1989)
- 3) 이근영·박인정·허 용 : 마이크로프로세서 시스템설계, 청문각, (1996)
- 4) 김규철 역 : 고급마이크로프로세서 시스템 설계, 시그마프레스, pp.87-122, (1996)
- 5) 한창우·최원식 : 다중센서를 이용한 무인 자동차 제어시스템, 한국산업응용학회지, 제 4권 제3호, pp.339-347, (2001)
- 6) 김태훈·김광열 : 최적의 연료분사와 점화 시기 제어를 위한 자동차 엔진용 전자제어 장치 설계 및 개발, 한국박용기관학회, 제 25권 3호, (2001)
- 7) Jae-Yong, Son : Development of Tomato Harvesting Robot, 3-D Detection Technique for identifying Tomatoes, The corresponding author is, Researcher, Div. of Fundamental Engineering and Technology, National Agricultural Mechanization Research Institute, (2000)
- 8) Kast Engineering : Test Equipments For Coil Winding Products, (1998)

---

(2005년 10월 20일 접수, 2006년 1월 10일 채택)