

주파수 보상형 노크 센서 시험 장치의 개발

이지용 · 류대현 · 최만림*
한세대학교 IT 학부 · *AVISS Co.

1. 서론

노크 센서(Knock Sensor)는 노킹(Knocking)이 발생하였는지의 유무를 판단하는 센서로 내부에 장착된 압전 소자와 진동판을 이용하여 압력의 변화를 기전력으로 변화시킨다. 엔진의 이상 연소로 인해 노킹이 일어나면 엔진 출력이 떨어지고 심한 경우 피스톤의 손상까지도 유발될 수 있기 때문에 엔진 제어에서는 이 노킹이 발생하였는지의 유무를 판단하고 점화시기를 지각시켜 엔진 출력을 향상시키고 엔진을 보호하는 노킹 제어를 하고 있다.

노킹제어를 위해서는 노킹의 센싱이 필수적인데, 일반적으로 가속도계(Accelrometer)를 실린더 내부에 장착하여 직접 실린더 내압을 측정하는 방법이 있다. 그러나 대부분의 상용화된 엔진 제어 시스템에서는 실린더 블록에 장착하여 노킹을 감지하는 저렴한 노크 센서를 사용하고 있다. 공진형 노크 센서는 특정 주파수에서만 큰 출력을 나타내는 특성이 있다. 즉 노킹이 발생하였을 때의 엔진의 진동 주파수와 동일한 공진 주파수를 갖는 노크 센서를 설정하면 노킹이 발생했을 때에 큰 값의 진폭을 센서출력에서 얻을 수 있다. 이러한 노크 센서를 개발할 때는 엔진과 똑같은 특정 진동 주파수를 발생시킬 수 가진기를 사용하여 노크 센서를 시험한다. 그런데 가진기 자체가 주파수 특성을 가지므로 정확히 노크 센서의 주파수 특성을 시험하기가 어렵다.

이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 주파수 보상형 노크 센서 시험장치를 개발하였다. 파형 발생기(Function Generator)에서 발생된 가진 신호는 이득 가변형 증폭기를 통해 가진기로 공급되는데 이 증폭기의 이득은 가진기의 진동을 미리 정해진 값으로 조정된다. 즉 가진기의 진동을 센서하여 그 진동의 크기를 측정하고 이에 따라 증폭기의 이득을 보상함으로써 가진 신호의 주파수가 변하더라도 일정한 진동을 발생시킬 수 있도록 하였다.

2장에서는 노킹과 노크 센서 및 노크 센서 시험 장치 대해 설명하고 3장에서는 개발된 주파수 보상형 노크 센서 시험장치의 하드웨어와 소프트웨어의 주요 특징을 설명하고 4장에서는 결론과 향후과제를 제시하였다.

2. 노크 센서 시험 장치

2.1 노킹

가솔린 엔진의 연소는 스파크플러그로부터 발생하는 불꽃에 의해 착화되고 화염이 혼합기내로 전파됨으로써 이루어진다. 그러나 화염 전파 도중에 압력이 비정상적으로 높아지는 경우에는 화염의 전파를 기다리기 전에 자기 착화하여 일순간에 연소가 이루어져 버리고 마는 경우가 있다. 이때 급격한 연소에 의해 발생하는 압력파가 연소실내의 가스를 진동시키고, 이로 인해 엔진 블록을 두드리는 것과 같은 음을 발생시킨다. 이러한 현상을 노킹이라고 한다. 노킹이 발생하며 연소가스의 진동에 의해 연소실 벽면을 둘러싸고 있는 쿼칭부(Quenching Zone)가 파손되어 열전달이 활발해지기 때문에 이러한 상태가 지속되면 점화플러그 전극, 피스톤 상면 등이 파열에 의해 용손되어 엔진에 큰 손상을 주므로 이러한 노킹이 발생하지 않도록 제어할 필요가 있다.

2.2 노킹의 제어와 노크 센서

엔진에서의 노킹 경향은 연소실의 형상, 연소실의 퇴적물, 혼합기의 구성, 연료의 질, 흡입 공기의 온도 및 엔진 온도 등에 따라 변화한다. 또한 노킹은 점화시기와 밀접한 관계가 있으며 점화시기를 빨리하면 최고 연소압력이 높아져서 노킹이 발생하기 쉽다. 엔진에서 최대의 토크(Torque)가 발생하는 점화시기를 MBT(Minimum Spark Advanced for the Best Torque)라고 하는데 이는 노킹이 발생하기 시작하는 점화시기와 매우 인접해 있는 경우가 많기 때문에 점화시기를 설정할 때에는 노킹발생영역으로부터 여유를 잡을 필요가 있다. 노크제어가 없는 경우, 이 여유를 확보하기 위하여 최대토크를 발생하는 점화시기로부터 지각된 위치에 설정하므로 그 만큼 토크가 저하한다. 따라서 노킹 한계를 노크센서로 검출할 수 있다면 노킹 영역 가까이까지 점화시기를 접근시킬 수 있고 엔진 출력을 보다 유효하게 향상시킬 수 있다.

노킹은 실린더 내에서 고주파의 압력 진동(5~10kHz)을 발생시키며, 이 압력진동은 실린더 블록 외벽에 부착된 노크센서를 같은 주파수로 진동시킨다. 한편 노크센서로부터의 출력신호는 많은 주파수 성분을 포함하고 있으므로 위의 특정한 주파수 대역의 필터(Band Pass Filter)를 통과시킨 후 이 신호를 근거로 노킹발생 유무를 판정한다. 노킹은 해당 실린더의 연소기간에만 발생하기 때문에 노이즈에 의한 오 검출을 피하기 위해 노킹판정구간에서만 판정 처리한다. 마이크로컴퓨터(ECU)는 노킹을 검출하였을 때는 점화시기를 지각시키고 다시 일정시간 노킹이 발생하지 않으면 다시 천천히 진각시키는 피드백제어의 형태를 갖고 있다.

노킹의 센싱을 위해서는 가속도계를 실린더 내부에 장착하여 직접 실린더 내압을 측정하는 방법도 있지만 대부분의 상용화된 엔진 제어 시스템에서는 실린더 블록에 장착하여 노킹을 감지하는 저렴한 노크 센서를 사용하고 있다. 공진형 노크 센서는 특정 주파수에서만 큰 출력을 나타내는 특성이 있다. 즉 노킹이 발생하였을 때의 엔진의 진동 주파수와 동일한 공진 주파수를 갖는 노크 센서를 설정하면 노킹이 발생했을 때에 큰 값의 진폭을 센서출력에서 얻을 수 있다. 이러한 노크 센서를 개발할 때는 엔진과 똑같은 특정 진동 주파수를 발생시킬 수 가진기를 사용하여 노크 센서를 시험한다.

3. 주파수 보상형 노크 센서 시험 장치

3.1 주파수 보상형 노크 센서 시험 장치의 구성

본 논문에서 개발한 주파수 보상형 노크 센서 시험 장치는 Fig.1 과 같이 구성된다. 시험 제어를 위해 PC의 Port 1에 2525 Measuring Amp를 Port 2에 Signal Compression Unit를 각각 RS-232 Cable로 연결한다. 노크 센서 출력(Knock sensor output)은 3560 Front end의 채널1에 연결한다. 기준(Reference) 가속도계는 2525 Measuring Amp.에 연결하며 그 출력을 Signal Compression Unit와 3560 Front end의 채널2에 T Connector로 연결한다.

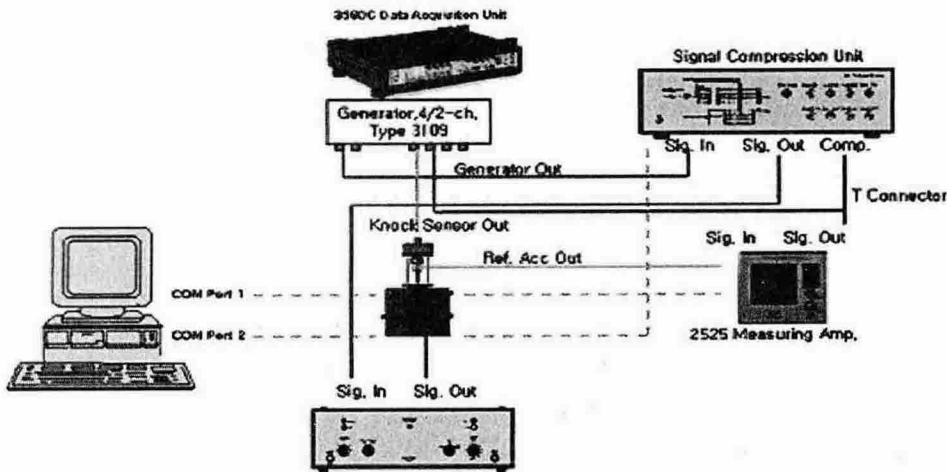


Fig. 1 주파수 보상형 노크 센서 시험 장치의 구성

3.2 SignalCompressionUnit 동작개요

Signal Compression Unit은 3560 generator로부터 500Hz 이상 25kHz까지의 200mV의 출력 파형을 받는다. Signal Compression을 위해 Comp. Input 단자를 통해 들어오는 Feed back신호가 항상 1 Volt가 되도록 내장된 MPU에서 컨트롤한다.

MPU에서 Comp 신호의 양을 읽어 들이기 위해 RMS 회로를 통과한 신호를 A/D에서 읽고, RMS회로의 시정수는 125msec 정도로 설정되어있다. Compression speed는 RMS 시정수와 MPU내의 제어 프로그램(control program)에 의하여 결정된다. 즉 가진 주파수 대역에 만약 공진이 존재하고 아주 빠른 속도로 스위프(sweep) 가진 한다면 125msec의 RMS 시정수에 의해 compression speed가 구속된다.

3.3 주파수 보상형 노크 센서 시험 S/W의 동작개요

노크 센서 시험(Knock Sensor Test) S/W는 3560 front end, 2525 Measuring Amp.와 Signal Compression Unit를 제어하여 자동으로 가진량을 제어한다. 측정 다이얼로그에서 start frequency, stop frequency, 가진량 그리고 sweep time을 전달 받아 시험을 진

행하며 그 진행과정을 다이얼로그에 있는 그래프로 확인한다.

3.4 주요 설정 예

Project Manager 트리 컨트롤에서 'Knock Sensor Measurement'를 선택한 후, 오른쪽 마우스 버튼을 눌러 팝업 메뉴를 표시한 다음 'Start Measurement' 메뉴를 선택하면 Fig. 2와 같이 초기 화면이 나타난다.

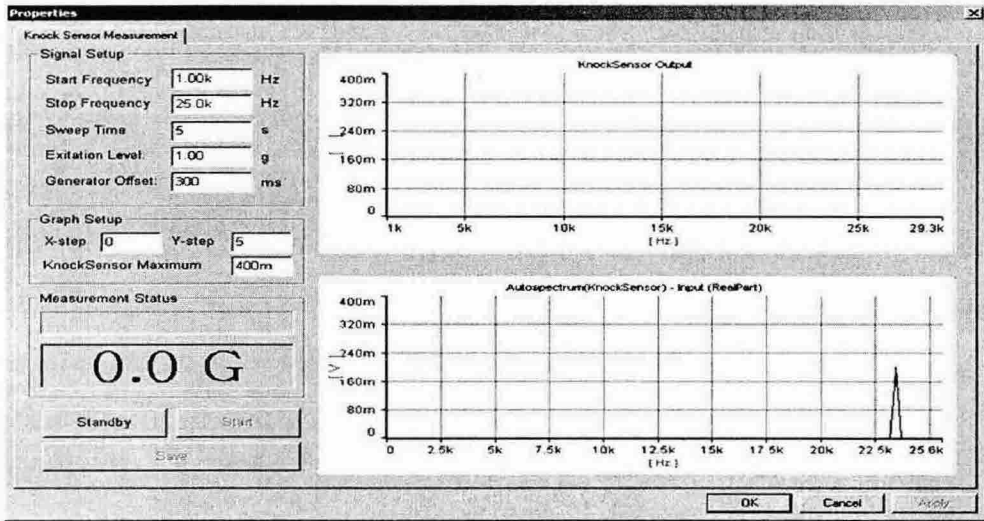


Fig. 2 초기 화면

Fig. 3에는 주요 파라미터를 설정을 위한 화면을 나타내었다.

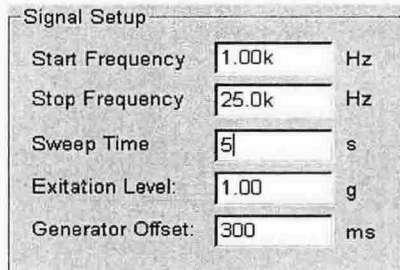


Fig. 3 설정 입력

- o Start Frequency: 가진 시작 주파수 설정
- o Stop Frequency: 가진 종료 주파수 설정
- o Sweep Time: Start Frequency로부터 Stop Frequency까지 가진하는데 걸리는 시간 설정
- o Excitation Level : 가진 레벨을 g(중력가속도)단위로 설정
- o Generator Offset: Measurement Start Button을 눌렀을 때 Generator가 Delay되는

양을 설정한다. 컴퓨터에 따라 다르나 10정도를 입력한다.

설정 입력 후 'Standby' 버튼을 누르면 Fig. 4와 같은 상태가 표시되며 'Start'가 활성화 된다.

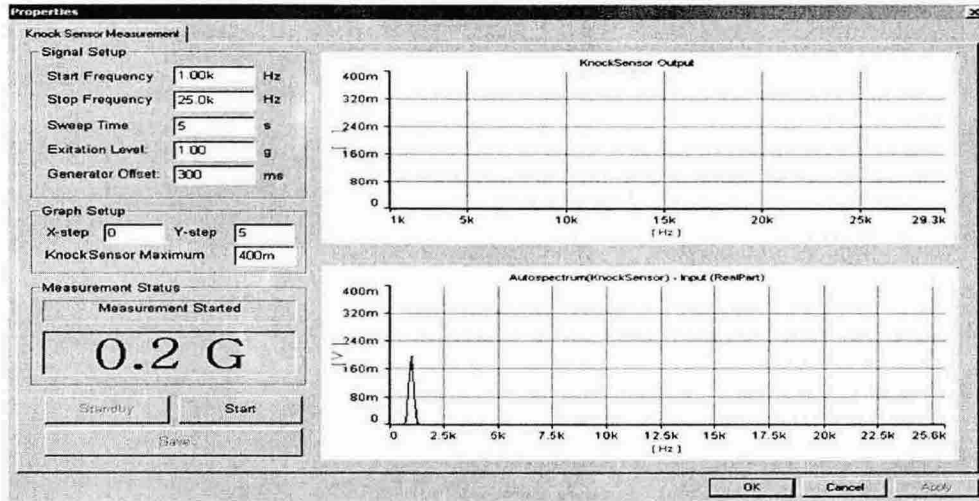


Fig. 4 대기 상태

Standby는 측정을 준비하기 위한 단계로 이 버튼을 누르면 내부적으로 몇 개의 데이터를 생성할지를 계산한다. 그리고 각종 셋업 상태를 점검한다. Standby button을 누른 후에 가진하고자 하는 레벨보다 조금 높게 power amp의 이득(gain)을 조정한다.

3.4 측정 화면

- 'Start'를 누르면 다음과 같이 노킹을 측정하게 된다.

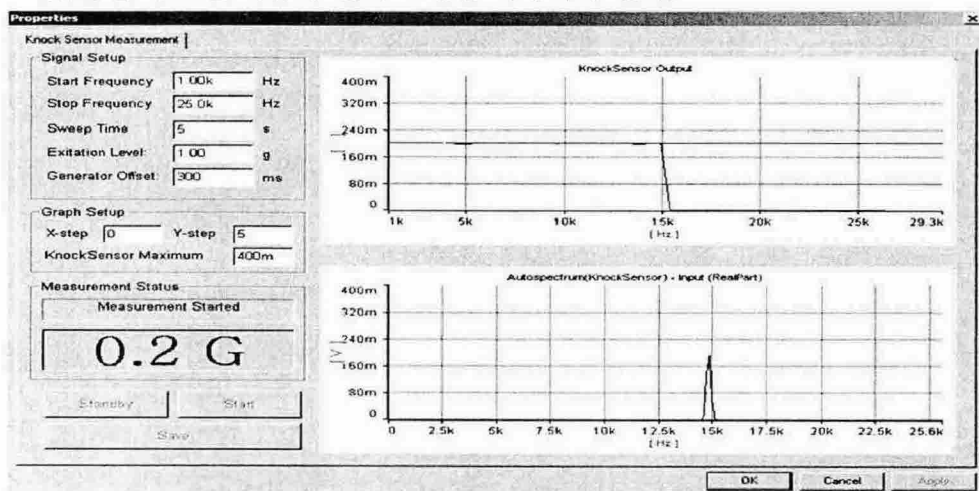


Fig. 5 측정 화면

4. 결 론

본 논문에서는 주파수 보상형 노크 센서 시험장치를 개발하였다. 파형 발생기 (Function Generator)에서 발생된 가진 신호는 이득 가변형 증폭기를 통해 가진기로 공급되는데 이 증폭기의 이득은 가진기의 진동을 미리 정해진 값으로 조정된다. 즉 가진기의 진동을 센서하여 그 진동의 크기를 측정하고 이에 따라 증폭기의 이득을 보상함으로써 가진 신호의 주파수가 변하더라도 일정한 진동을 발생 시킬 수 있도록 하였다.

현재는 상용의 파형 발생기, Measuring Amp 등을 상용 제품을 이용하여 구성하였지만 향후 고속의 DSP를 이용하여 일체형으로 시스템을 구현할 계획이다.

참고문헌

- [1] 이용주, "자동차 센서백과", 골든벨, 2004
- [2] Car & TECH, 2000년 3월호
- [3] 3560 Signal Generator User's Manual, B&K
- [4] 2525 Measuring Amp, B&K
- [5] Aduc832 DataSheet, Analog Devices, Inc., 2002.
- [6] ADuC832 Controller Board Manual, Analog Devices, Inc., 2002.