한국소음진동공학회논문집 제 14 권 제 10 호, pp. 968~974, 2004.

OLE 기반 엔진 구동 부품의 자동 소음 검사 장비 개발

The Development of an Automatic Noise Inspection System of a Rotating Engine Part Using OLE

최 성 배† · 이 상 철* · 한 성 복**

Choi Sungbae, Lee Sangchol and Han Sungbok

(2004년 5월 3일 접수 : 2004년 9월 3일 심사완료)

Key Words : OLE, Noise Inspection(소음 검사), Engine(엔진)

ABSTRACT

Automakers have been forcing their suppliers to guarantee qualities of parts. Then, the suppliers have met the fundamental quality requirements such as dimensions and functions, but they could not sufficiently satisfy the automakers' noise requirements yet because automatic noise inspection systems were little successfully adopted in mass-production lines. This study tried to develop a system for automatically checking noise radiated from a rotating engine part and filtering parts emitting noise higher than criteria; the upper limits of a overall noise level or a noise spectrum. A commercial noise measurement system was used for measuring noise, and then the noise data was transmitted to a governing program through OLE(object, linking and embedding) functions. The governing program, belonging to a total noise inspection system managed the noise measurement and analysis. This system was successfully adapted for distinguishing bad parts according to the noise criteria.

1. 서 론

자동차는 현대 생활에 있어서 기본 필수품으로 자리잡은 지 이미 오래다. 상당수의 자동차 사용자는 하루의 많은 시간을 자동차 안에서 생활하고 있으며, 그만큼 자동차의 안락감은 소비자가 자동차를 선택하는데 있어서 중요한 인자로 역할을 하고 있다. 자동차의 상품성을 결정하는 인자 중에서도 자동차 실내 소음 특성은 운전자나 차량 개발자 모두의 중요 관심 대상이다. 차량 안으로 유입되는 소음 중 상당 부분은 엔진 운전에 의하여 발생하게 되며, 엔진으로부터 발생하는 소음은 엔진 본체 및 엔진과 함께 작동되는 엔진 부품에서 발생하고 있다.[1] 완성차 업체에서는 자동차 전체의 소음 품질을 확보하기 위하여 소음 품질이 확인된 부품만을 납품 받기를 원하고 있으며 이에 대한 품질 확인을 부품 업체에 요구하고 있다. 일부 부품 업체에서는 이에 대응하기 위하여 소음 관리치를 설정하고 전수 검사를 통하여 이를 만족하는 부품만을 납품하기 위하여 자동 소음 검사 장비를 개발하거나[2,3] 상용화된 장비를 이용하여[4] 완성차 업체의 요구에 대응하고 있다.

부품 단체에 대한 일반 소음 검사 장비가 개발되어 판매된 사례가 있기는 하나,[4] 소수의 업체에서 만이 구매하여 사용하고 있는 실정이다. 현재에는 업체의 요구에 따라 각 부품의 소음 특성에 맞추어 개발된 장비가 생산라인에서 일부 사용되고 있다. 이들 소음 검사 장비는 개발 방안에 따라 크게 두 가지로 구분될 수 있는데, 우선 마이크에서 발생된 신호의 획득

† 책임저자 ; 정회원, 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부
E-mail : choisun@cu.ac.kr
Tel : (053) 850-2715, Fax : (053) 850-2710
* 대구가톨릭대학교 대학원 기계자동차공학부
** (주)한국델파이 압축기생산기술팀

으로부터 분석 과정 전체를 포함하여 개발하는 방안이 있을 수 있다.[2] 이 방법은 개발 시간이 많이 걸리고 장비의 신뢰성 확보까지 많은 노력이 수반되어야 하는 어려운 점이 있다. 이에 반하여 소음 측정은 신호 처리 전용 장비를 이용하고 이 장비에서 측정된 수치들을 다른 제어 프로그램(governing program)에서 전달받아 사용자의 요구에 맞추어 결과를 분석하여 표시하는 방안이 있다.[3] 이 방안은 고가의 측정 장비를 사용하기 때문에 비용이 부담되기는 하나, 측정에 대한 신뢰성을 용이하게 확보할 수 있으며 업체의 다양한 분석 요구에 맞추어 신속하게 소음 검사 장비를 개발할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이 된다. 본 연구는 후자의 방안을 이용하여 실제 엔진 부품에 적용할 수 있는 소음 검사 장비를 개발하였는데, 참고문헌 (3)과의 차이점은 신호 측정 전용 프로그램이 동일 PC상에서 실행되고 소음 측정 전체를 운영하는 제어 프로그램은 OLE(object, linking and embedding)[5~8]를 통하여 측정 결과를 획득하는 것이다.

이 제어 프로그램은 비쥬얼 베이직으로 구현하였으며, 측정 장비로 부터의 소음 결과치 획득은 OLE 사용에 개방되어 있는 신호 처리 전용 장비를 선택하여 활용하였다. 이 시스템은 현재 엔진 부품 생산 라인에 설치되어 성공적으로 기능을 수행하고 있다.

2. 엔진 구동 부품 소음 평가 방법

엔진 부품에서의 소음 문제 발생 여부에 대한 평가 방법으로 소음 분석을 제일 먼저 떠올릴 수 있으나, 일반적으로 구조물에서 방사되는 소음은 고체 전달음이 소음원인 경우가 상당 부분 차지하고 있기 때문에 이 같은 경우에는 구조물에서 발생하는 진동을 측정하여 부품의 소음 문제를 평가하는 것이 바람직하다. 그러나, 가속도계를 이용한 진동 구조물 표면의 진동 측정 자동화 적용 사례가 있기는 하나[2,4] 일반적으로 가속도계를 양산라인에서 부품 표면에 자동화 장치를 이용하여 장착하기가 쉽지 않기 때문에 진동 측정을 이용한 소음 평가 방법 활용은 숙제로 남아 있다. 레이져 진동 측정 센서와 같은 비접촉 진동 측정 센서를 이용하면 양산 라인에서 진동 측정이 용이할 수도 있으나, 매우 고가이며 레이저 반사를 유도하는 특수 반사체를 측정 구조물 표면에 부착시켜야 하는 번거로움이 있는 경우가 있으며, 이것을 항상 적용할 수 있는 것은 아니다. 따라서, 소음 평가를 이용하는 것이 상대적으로 적용이 용이한 방안으로 거론되고 있으며 널리 활용되고 있는 실정이다.

Fig. 1은 이 연구 대상인 가솔린 엔진용 에어컨 콤프레서의 단체 소음 평가 장치에서 과도 기간(transient period)부터 안정 기간(steady-state period)까지 측정된 진동과 소음의 총합 수준(overall level)의 변화를 비교하고 있다. 전체적으로 진동과 소음의 총합 수준이 시간에 따라 동일한 변화 특성을 보여주고 있다. 이 그림에서 "Good"은 출고가 가능한 소음 수준을 보이고 있는 에어컨 콤프레서이고, "bad sample"은 출고가 될 수 없는 소음 수준을 보이는 단체를 의미한다.

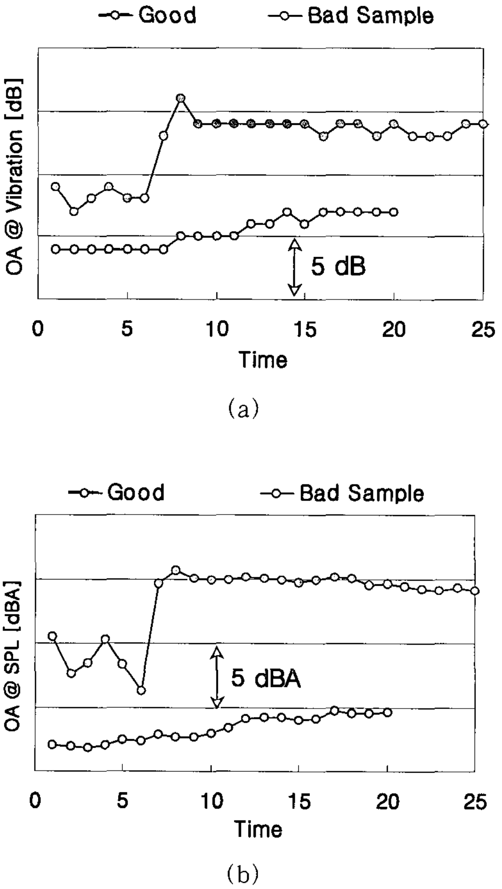


Fig. 1 Overall value traces of noise and vibration from transient to steady-state movement of an air-conditioner compressor (a) vibration measurements (b) noise measurements

회전하는 엔진 부품의 엔진 회전수에 따른 소음 측정은 Fig. 2에 나타난 것과 같이 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 우선, Fig. 2(a)와 같이 엔진 회전축과 접촉 연결된 부품의 경우 이 부품에서 방사되는 소음 특성을 주도하는 소음 성분은 엔진 회전수와 일정 비율의 관계를 갖게 된다. 이 결과에 나타난 소음 특성은 대형 디젤엔진에 장착된 얼터네이터에 대한 30 cm 근접 소음을 보여주고 있다.[9] Fig. 2(b)는 회전축과 직접적으로 연결되지 않은 부품에서 방사되는 소음 특성을 보여주고 있으며, 이 부품에서 주도적으로 방사되는 소음 성분은 엔진 회전수와 일정한 비율의 관계를 보여주고 있지 않다. 이 결과는 대형 디젤엔진에서 터보차저측 엔진 1 m 소음 특성을 보여주고 있으며 폐곡선으로 표시된 소음 특성은 터보차저에서 발생되는 특이음 성분이다.[10] 이 정도의 소음 특성은 승객의 승차감에 영향을 미치는 수준으로 평

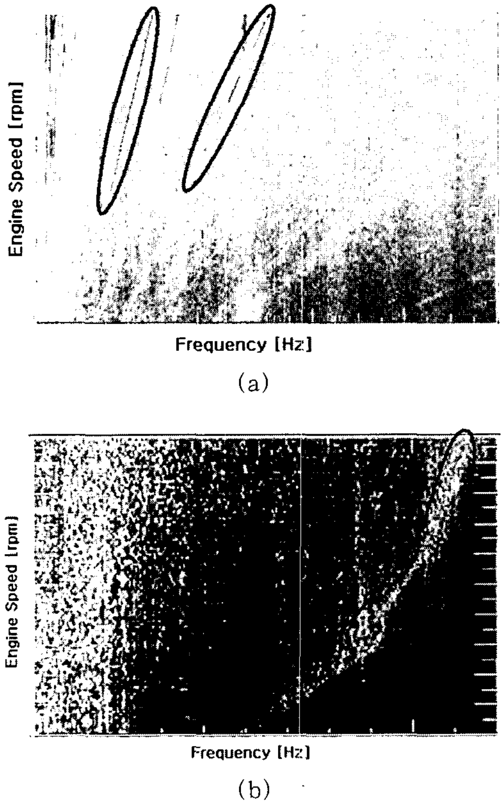


Fig. 2 Noise characteristics of rotating engine components (a) an engine component directly coupled to engine, an alternator (b) an engine component decoupled from engine, a turbocharger

가된다.

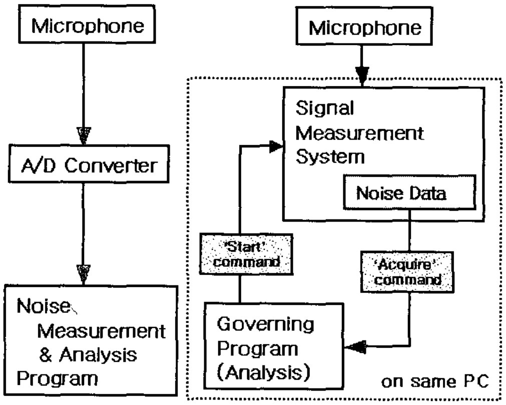
엔진 부품에서 유발되는 소음 문제는 개발 단계에서 철저한 원인 규명 과정을 거쳐 개선안을 적용시킴으로써 소음 발생 가능성을 최대한 억제하게 된다. 그러나, 양산 라인에서는 개발 단계에서와 같이 완성된 부품에서의 소음 문제 발생 여부를 Fig. 2와 같이 분석하여 판단하기 위한 충분한 시간적 여유가 일반적으로 없기 때문에 문제 유발 여부만을 판단할 수 있는 가장 단순화된 방안과 관리치를 이용하여 부품의 소음 문제 여부를 판정할 수 밖에 없다. 즉, 엔진의 운전 영역에 해당되는 부품의 회전수 영역에 대하여 소음을 측정하여 부품이 주도적으로 방사하는 소음 주파수 성분을 전체 소음에서 분리하여 미리 설정된 소음 관리치를 기준하여 초과 여부를 확인함으로써 부품의 불량 여부를 판단할 수 있다. Fig. 2(a)와 같이 엔진 회전수에 비례하는 소음 특성이 문제가 되는 경우는 비교적 간단한 방법으로 불량품을 가려낼 수가 있으나, Fig. 2(b)와 같은 경우는 그리 간단하지가 않다. 이와 같이 부품의 전체 운전 영역에 대하여 평가하는 것을 더욱 단순화하여 소음 문제 발생 가능성이 가장 높은 회전수를 선택하고, 이 조건에서의 소음 시험을 통하여 문제의 소음 주파수 성분이 소음 관리치를 초과하는가를 판단하여 부품의 불량 여부를 결정할 수도 있다. 위의 두 평가 방법은 협대역(narrow band)에서 측정된 부품 소음에 대한 것이다. 그러나 협대역 소음 특성의 중요성이 높지 않은 경우는 1/3 옥타브나 총합 소음(overall noise level)으로 부품의 불량 여부를 판별할 수도 있다. 이 경우는 각 1/3 옥타브 주파수와 총합 소음의 소음 관리치를 각각 설정하여 선택적으로 소음 관리치 초과 여부를 결정할 수 있다.

3. OLE의 응용

구조물의 소음 수준을 파악을 위해서는 주로 상용화된 신호 처리 전용 장비를 이용하고 있으나 이를 자동화가 요구되는 양산 라인에 그대로 이용할 수가 없기 때문에, 이러한 경우 AD 컨버터를 이용하여 센서에서 감지된 신호를 컴퓨터에서 처리할 수 있는 신호로 변환한 후 별도의 신호 분석 프로그램을 개발하여 사용하는 경우가 있다. Fig. 3(a)는 이 방안을 도식적으로 설명하고 있다. 이같이 개발된 프로그램과 하드웨어는 양산 라인에 적용하기 전에 정확도와 내

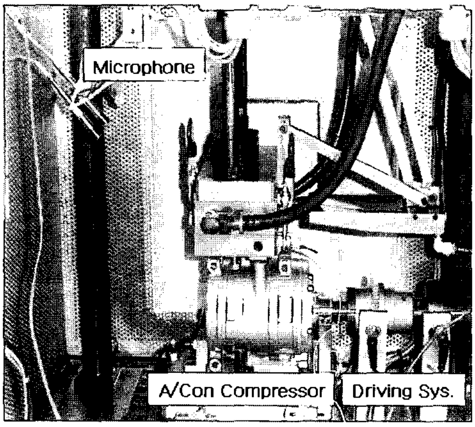
구성에 대한 검증 절차를 거쳐 성능이 명확하게 입증되어야 하기 때문에 개발 시간적인 측면에서 비효율적일 수 있다. 즉, 사용자의 추가 요구 사항에 대비하여 프로그램 개발이 완료되지 않은 경우 사용자의 요구에 즉각 대응하는데 있어서 제한적일 수 있다. 따라서, 신호 분석에 대한 신뢰성 및 장비의 하드웨어적인 내구성이 요구되는 양산라인에는 상용화된 장비를 이용하여 측정하는 것이 비용 측면을 제외하면 유리할 수 있다. Fig. 3(b)는 이 방안을 도식적으로 설명하고 있다.

한편, 상용화된 신호 처리 전용 장비들은 장비 사용자의 다양한 요구를 만족시키기 위한 모든 가능한 경우를 고려한 기능을 프로그램에 포함하는 것이 현실적으로 불가능하기 때문에 사용자가 프로그램 기능을 조합하여 사용할 수 있도록 프로그램 내에서 이용되고 있는 명령어들을 공개하고 있다. 이들 공개된 명령어와 이를 사용하기 위한 별도의 외부 제어 프로그램을 이용하면, 사용자가 제어 프로그램을 이용하여 장비를 구동시키는 명령어를 작동시킴으로써 측정 장비로 하여금 원하는 형태의 작업을 반복적으로 수행하는 명령도 내릴 수 있다. 이때 이용되는 제어 프로그램과 측정 프로그램간의 연결 방식을 OLE (object, linking & embedding) 라고 정의한다. 이 OLE에서 개체(object)는 측정 장비를 운영하는 프로그램에 의하여 측정된 수치 결과에 해당되며, 제어 프로그램은 이 측정 수치 결과를 측정 프로그램으로부터 가져오게 되는데 이 기능이 개체 연결(linking)에 해당된다. 개체 삽입(embedding)은 다른 프로그램에서의 생성된 그래프와 같은 결과물을 복사하여 가져오는 것을 의미하는데, 이 연구에서는 이 부분의 기능은 사용되지 않았다. 이러한 OLE 기능을 이용함으로써 소음 신호는 신호 처리 전용 장비를 이용하여 측정 결과를 취하고, 이를 운영하는 제어 프로그램을 이용하여 측정 대상물에 대한 소음 평가를 엔진 부품의 이동을 제어하는 PLC와 통신하여 반복적으로 수행할 수 있다. Fig. 3(b)는 제어 프로그램이 OLE를

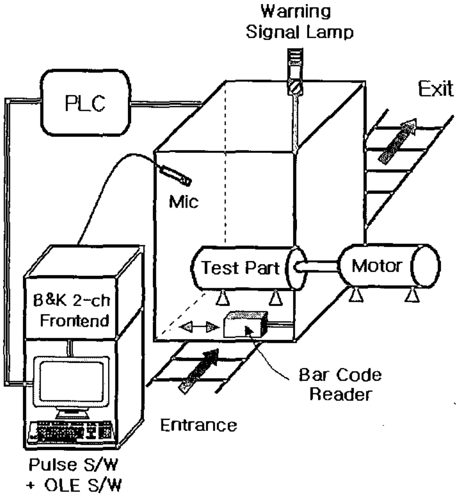


(a) (b)

Fig. 3 Two noise inspection systems (a) development of noise measurement and analysis programs with an A/D converter (b) development of a noise analysis program with a commercial noise measurement system



(a)



(b)

Fig. 4 Configuration of a noise inspection system (a) inside of the noise chamber (b) layout of the noise inspection system

이용하여 신호 처리 전용 시스템을 통제하고 결과를 취하는 과정을 도식적으로 설명하고 있다.

4. 소음 검사 장비

4.1 장비 구성

엔진 부품의 단체 소음 평가시 외부 소음의 유입을 억제하기 위하여 격리된 별도의 소음 시험실을 Fig. 4(a)와 같이 설치하였으며, Fig. 4(b)는 자동 소음 검사 시스템 전체를 도식화한 것이다. 소음 검사 대상 부품은 회전 엔진 부품인 에어컨 콤프레서이고 회전 조건에서 소음 수준을 평가해야 적절한 평가가 가능하기 때문에 외부의 구동 동력으로 정해진 운전 조건으로 회전시키게 된다. 외부 회전 동력, 즉 구동 모터는 시험 공간 외부에 설치하며 구동축만을 시험 공간 안으로 위치시킨다. 측정 위치는 부품에서 일정 거리에 위치시켜 소음을 측정한다. 소음 검사 대상 부품은 PLC로 제어되는 자동화 라인에 의하여 소음 공간으로 투입되고 출고된다. 소음 측정 프로그램은 PLC와 통신하며 미리 정해진 과정을 거쳐 소음 측정을 하게 되며 최종적으로 부품의 양부를 판정하여 화면에 표시한다. 불량으로 판정되는 경우에는 경고등이 들어오게 되며 작업자로 하여금 불량에 따른 조치를 취하게 한다.

소음 측정실 내의 암소음 수준을 Fig. 5는 보여주고 있다. 외부 소음을 약 12 dBA 이상 차단하고 있음을 보여주고 있으며, 이 암소음 수준은 Fig. 1에서 측정된 부품 운전시 측정된 양품의 소음 수준 대비 10 dBA 이상 낮기 때문에 전체 소음 수준에 영향을 미치는 수준은 아닌 것으로 판정할 수 있다.

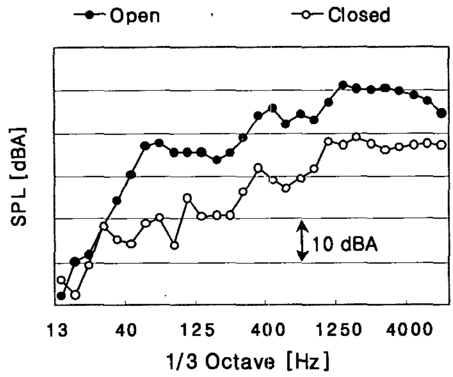


Fig. 5 Background noise spectra in a noise chamber to door open and closed

4.2 프로그램 구성

프로그램은 3가지의 기능으로 구성된다. 하나는, 부품 이동장치 및 구동장치와 부품의 일련 번호를 인식하는 장치를 제어하는 PLC 프로그램이고, 다른 하나는 부품에서 방사되는 소음을 측정하는 것이고, 나머지 하나는 PLC와 통신을 하면서 소음 측정 프로그램을 제어하여 측정된 소음 수치 데이터를 취하여 평가하고 결과를 작업자에게 알려주고 측정 결과를 정리하여 보관하는 역할을 하는 제어 프로그램이다. 이들의 상호 연관성은 Fig. 6과 같이 도식화할 수 있다.

Fig. 6에 표시된 자동 소음 검사 시스템의 작동은 PLC 프로그램과 PC상의 제어프로그램과 측정 프로그램이 상호 연동하면서 완성된다.

(1) PLC 프로그램

PLC는 소음 평가가 완료된 부품을 소음 측정실 외부로 배출시킴과 동시에 소음 측정실 입구에 대기하고 있는 부품을 소음 측정실 안으로 진입시킨다. 정해진 위치에 안착된 부품은 PLC에 의하여 제어되는 장치에 의하여 고정되고 모터축이 부품축에 결합되어 운전을 위한 준비를 완료한다. 또한, PLC 프로그램은 바코드 스캐너로 하여금 부품을 구분하는 일련번호가 인쇄된 바코드 정보를 읽도록 명령한다. PLC에서 획득한 바코드 정보는 PC로 전송하여 소음 시험 준비가 최종적으로 완료되었음을 알려준다. PC로 전송된 바코드 정보는 측정 대상 부품의 소음 결

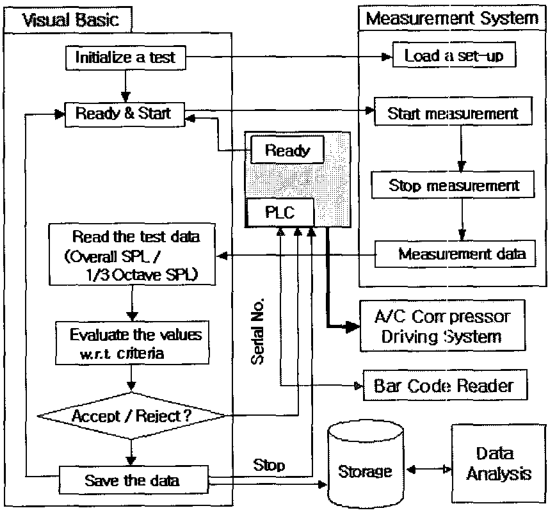


Fig. 6 Flow chart of noise inspection programs

과를 저장하는 파일이름의 일부로 사용된다. 바코드가 정상적으로 수신되었음을 확인한 PC 프로그램은 PLC에 부품의 운전 개시 가능 신호를 전송함과 동시에 소음 측정 과정을 시작하게 된다.

(2)제어 프로그램과 측정 프로그램

PLC는 정해진 부품 운전 조건으로 부품을 구동시킨다. 소음 측정은 Fig. 1의 결과로부터 안정된 운전 조건을 만족하는 시간에 수행한다. 소음 측정은 신호처리 전용 장비인 B&K Pulse Ver. 7.0을 이용하였으며 소음측정 프로그램은 백그라운드로 수행된다. 측정 대상 신호는 엔진 부품에서 방사되는 소음과 회전수 신호이다. 소음 측정이 완료된 시점에 제어 프로그램은 소음 측정 프로그램이 가지고 있는 소음 수치들을 OLE 기능을 이용하여 가져온다. 이들 수치들은 미리 설정된 소음 평가 기준에 따라 양부가 결정된다. 본 연구 적용 대상 부품인 에어컨 콤프레서는 1/3옥타브 스펙트럼와 총합 소음 수준을 선택적으로 평가할 수 있도록 하였다.

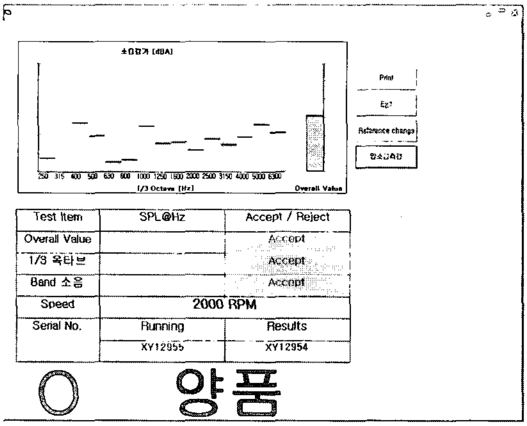


Fig. 7 Display example of evaluation results

부품의 양부 평가 기준이 되는 소음 상한치들은 여러 번의 시험과 차량에서의 문제 여부를 고려하여 설정하게 된다. 이 설정된 상한치들과 측정치들을 동일한 화면에 Fig. 7과 같이 표시된다. 1/3옥타브 밴드와 총합 소음에 대한 평가 결과치를 선택적으로 사용할 수도 있고, 동시에 소음 상한치 이하를 만족하여야 합격 결정을 내릴 수도 있다. 제어 프로그램에서 확인된 소음 수치 중 총합 소음은 PLC로 보내어 PLC 화면에 표시되도록 함과 동시에 양부의 판별에 따라 외부에 설치된 점등 및 음향 신호를 통하여 작업자에게 후속 작업이 필요함을 알리게 된다. 소음에 대한 평가 결과치는 PC 화면에 표시한 후 소음 평가 완료 신호를 PLC로 보내어 PLC가 부품을 소음 측정실에서 배출시킴으로써 하나의 부품에 대한 소음 검사 과정이 완료된다. PLC 화면에는 소음 수치 이외에 하루에 생산된 총생산량을 양부로 구분하여 각각의 수량을 표시한다.

이 연구에서 개발된 소음 전수 검사 시스템에서, 하나의 에어컨 콤프레서가 소음 측정실에 입고되고 다음 에어컨 콤프레서가 입고될 때까지 소요되는 시간이 30초이고, 이중 소음 신호 측정부터 분석 완료까지 소요되는 총 시간은 10초가 되며 소음 분석에 소요되는 시간을 기능별로 구분하여 정리하면 Table 1과 같다. 여기에서 "idling"에 소요되는 3초는 에어컨 콤프레서가 설정 회전수에 도달한 후 일정한 과도 거동 기간이 존재하는데 이 기간을 충분히 피하고자 설정된 시간이다.

Table 1 Time elapsed for noise measurement and analysis for an air-conditioner compressor

		Time (sec)
Noise measurement	Idling	3
	Measuring	3
Stand-by for measurement completion		3
Communication, display and etc.		1
Total		10

5. 결 론

그동안 완성차 업체에서는 차량 개발에 있어서 모든 부품의 품질 관리에 대하여 직간접적으로 간여해 왔다. 그러나, 점차 부품 업체의 기술이 향상되고 부품의 수급을 글로벌함에 따라 그동안 수동적으로 부품 품질을 관리해 왔던 부품업체에서는 다국적 부품업체와 치열한 경쟁을 하기 위하여 보다 적극적으로 부품 품질을 보증해야 하는 상황에 처해 있다. 여러 품질 부분 중 소음 부분에 대해서는 이에 대응하기 위한 연구가 일부 이루어지기는 하고 있으나, 관련 장비를 생산라인에 적극적으로 도입하는 사례는 드문 실정이었다. 이 연구에서는 이에 보다 효율적인 접근

방법으로 소음 측정은 신호 처리 전용 장비를 이용하고, 측정 결과는 OLE를 이용하여 제어 프로그램에서 소음 평가를 수행하는 자동 소음 검사 장비 개발 방안을 제시하였다. 결론은 다음과 같이 요약된다.

소음 신호 분석는 신호 처리 전용 장비를 이용함으로써 소음 분석에 필요한 프로그램 개발 기간을 단축하고 측정의 신뢰도를 동시에 확보할 수 있었다.

측정 분석된 소음 신호는 소음 측정 장비에서 개방된 OLE 기능을 이용하여 간단히 획득할 수 있었으며, 이 OLE 기능은 장비에서 지원하는 모든 기능에 대하여 개방되어 있기 때문에 추후 자동 소음 검사 장비의 기능 확장이 필요한 경우 신호 처리 프로그램의 별도 개발 없이 간단히 대처할 수 있다.

현재 이 방안을 적용한 자동 소음 검사 장비가 엔진 부품인 에어컨 콤프레서의 생산 라인에 설치되어 성공적으로 기능을 수행하고 있다.

후 기

이 연구는 2004학년도 대구가톨릭대학교 일반 연구비 지원에 의한 것임.

참 고 문 헌

(1) 이재갑, 여승동, 1997, "엔진 소음, 진동 특성 및 개선 방안", 한국소음진동공학회논문집, 제 7 권, 제 4 호, pp. 689~700.

(2) 이봉현, 최연선, 1998, "진동측정에 의한 전동공구 양산라인의 품질관리 자동화", 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 173~178.

(3) 심재기, 강태식, 2003, "연료펌프 진동 검사 프로그램개발", 한국자동차공학회 추계학술대회논문집, pp. 768~773.

(4) 브뤼엘 앤 케아 코리아(주), Acceleration Sensor Test System-Type K9123.

(5) 황희승, 1997, "미래의 구조공학 자동화시스템", 전산구조공학 제 10 권, 제 2 호, pp. 51~55.

(6) 장중혁, 이현호, 이원석, 1997, "OLE 객체의 공유와 재활용을 위한 통합 설계 구현", 한국정보처리학회지, 제 4 권, 제 2 호, pp. 349~362.

(7) 부기동, 1999, "OLE 자동화를 이용한 GIS의 사용자 인터페이스 개발에 관한 연구", 한국지리정보학회지, 제 2 권, 제 1 호, pp. 63~72.

(8) 민미경, 1997, "COM/OLE를 기반으로 한 전문가 시스템 추론기관의 컴포넌트화", 서경대학교 산업기술연구소 논문집, 제 3 권, pp. 183~192.

(9) 최성배, 2003, "13리터급 터보·인터쿨러 디젤 엔진의 얼터네이터 소음 반사 효과에 관한 연구", 한국박용기관학회지, 제 27 권, 제 3 호, pp. 381~387.

(10) 최성배, 정용진, 여승동, 2000, "대형 디젤 엔진 터보차저 고주파 소음에 관한 연구", 한국음향학회, 제 19 권, 제 2 호, pp. 235~238.