

[기술논문] - 비파괴 검사학회지
*Journal of the Korean Society
 for Nondestructive Testing*
 Vol. 19, No. 4 (1999. 8)

초음파 탐촉자의 교정 시스템 개발 Development of Calibration System for Contact Transducer

남영현*, 성운학*

Y. H. Nam* and U. H. Seong*

초 록 본 논문에서는 로타(rotor)의 초음파 탐상 결과의 신뢰성을 향상시키기 위하여 수직탐촉자에 대한 교정시스템을 개발하였다. 본 시스템은 신호처리부(오실로스코프, 스펙트럼 분석기, 송/수신기), 표준시험편, 프로그램으로 구성되어 있으며, 교정을 위한 신호처리는 높은 정밀도로 빠르게 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 개발된 시스템을 이용하여 로타 검사에 사용되고 있는 초음파 탐촉자를 교정하고 있으며, 신뢰성 있는 정밀도와 감도를 얻을 수 있었다.

주요용어 : 로타, 교정, 탐촉자, 주파수, 감도, 댐핑, 펄스길이

Abstract In this paper, the calibration system for contact transducer has been developed to improve the reliability of the inspection result of ultrasonic testing on rotors. This system consists of signal processing parts:(oscilloscope, spectrum analyzer, pulser/receiver), standard block, and user interface program. Signal processing for the calibration system was performed quickly with high accuracy. The developed system has been applied to a practical calibration of probe using the non-destructive testing on rotors, and demonstrated high sensitivity and precision.

Keywords: rotor, calibration, transducer, frequency, sensitivity, damping, pulse length

1. 서 론

비파괴검사용 초음파 탐촉자는 초음파의 발생과 결합의 반사신호를 검출하는 부품으로 검사체의 재질과 기하학적인 형태에 따라 여러 주파수 및 다양한 종류를 사용하고 있다. 결합의 정확한 검출 및 평가를 위해서는 사용하는 탐촉자의 특성을 반드시 알아야 하며, 이 특성들은 검사방법의 선정 및 검사결과에 큰 영향을 미치게 된다. 또한, 검사에 사용되는 탐촉자는 장시간 사용함에 따라 초기의 특성이 크게 변하게 되므로, 이 변화된 탐촉자의 특성을 일정기간 간격으로 다시 측정하여 사용 가능여부 및 새로운 특성 데이터를 얻는 교정은 필수적이다.

터빈/발전기 시스템의 핵심 부품인 로타(rotor)는 사용조건이 매우 가혹하고 파손사고가 발생시 대형사고의

원인이 되기 때문에 고도의 품질을 요구하고 있지만, 로타 강괴의 중량이 80~450톤이고, 최종 가공중량도 30~170톤의 대형 단조품이므로 건전한 소재를 만들기가 쉽지 않다. 현실적으로 결합이 전혀 없는 건전한 로타를 제작하기에는 불가능하기 때문에 비파괴검사로 검출된 로타 내부의 결합중 제거 불가능한 결합에 대해서는 로타의 설계수명과 사용조건을 고려하여, 그 결합의 잠재적인 위험성을 평가한 후 건전성을 평가하고 있다. 현재, 로타 검사는 크게 외주검사(periphery)와 bore 검사로 구분할 수 있으며, 비파괴검사로는 초음파탐상검사(UT)와 자분탐상검사(MT)를 수행하고 있다. 그러나, 검사에 사용되는 초음파 탐촉자 및 탐상기는 장시간 사용함에 따라 장비 초기의 특성들이 크게 변하게 되므로, GE(General Electric Co.)를 비롯한 선진 외국기업에서는 검사 specification에 따라 1년 주기

로 장비를 검교정하고 있다. 따라서, 발전설비를 전문으로 생산하고 있는 당사에서는 제품의 신뢰성과 품질 향상을 위해 로타의 비파괴검사시(時) 이를 준수하고 있으며, 장비의 변화된 특성을 정기적으로 측정하여 사용가능 여부 및 장비 교정에 필요한 데이터 베이스(data base)를 구축하고 있다(1, 2).

본 논문에서는 당사 기술연구원에서 자체적으로 개발한 초음파 탐촉자 검교정 시스템에 대해 소개하고, 검사절차와 그 프로그램에 대해 소개한다.

2. 측정 시스템 및 교정 프로그램

Fig. 1은 탐촉자의 교정을 위한 측정시스템의 구성도를 나타낸 그림이다. 각 장비들은 GPIB(general purpose interface box)로 통해 연결되어 컴퓨터에 의한 제어 및 데이터의 이동이 가능하도록 되어 있으며, 이 데이터를 측정 프로그램에서 읽은 후, 각 탐촉자에 대한 검교정을 수행하게 된다.

교정 프로그램은 탐촉자에서 발생한 초음파 신호를 표준시험편의 평저공(flat bottom hole: FBH)에 입사시킨 후, 얻은 반사신호를 오실로스코프와 spec-

trum analyzer에 입력하여 자동적으로 컴퓨터에서 파형 및 주파수 응답, 그 특성값을 계산할 수 있도록 하였다. 또한 측정된 데이터는 hard disk에 저장시켜 MS-Office(Excel) 환경하에서 문서와 그림 등으로 편집되고, 교정결과 보고서를 출력할 수 있도록 구성되어 있다(3-6).

3. 교정 절차서

본 교정절차서는 ASTM-E1065를 기초로 하여 당사 비파괴검사부(NDE)에서 사용하고 있는 초음파 탐촉자를 대상으로 만든 교정절차서이다(1). 본 절차서는 크게 2부분으로 구성되어 있는데 탐촉자의 주파수(frequency)에 대한 부분과, 감도(sensitivity)와 댐핑(damping) & 펄스 길이(pulse length)부분으로 구성되어 있다. Table 1은 현재 당사 비파괴검사부에서 사용하고 있는 수직탐촉자의 종류를 나타내고 있다. 본 절차서는 새로운 탐촉자 및 사용중에 있는 탐촉자의 성능판정에 적용되며, 1년에 1회 교정하는 것을 원칙으로 하고 있으나, 사용중 이상이 발생한 탐촉자에 대해서는 즉시 아래 절차에 따라서 교정을 실시해야 한다.

본 절차서는 다음과 같이 2개 part로 구성되어 있다.
 Part 1 : frequency
 Part 2 : sensitivity, damping & pulse length

3.1. 사용 장비

교정시스템을 구성하는데 사용된 장비는 다음과 같다.

- Oscilloscope : Tektronix TDS 410A
- Pulser / receiver : Accutron 1035UP

Table 1 Normal probe used in the experiment

Frequency (MHz)	Diameter (inch)	
1.0	1	Longitudinal
2.25	1	Longitudinal
2.25	3/4	Longitudinal
2.25	1/2	Longitudinal
2.25	1/4	Longitudinal
2.25	1/4×1(사각)	Longitudinal
5.0	3/4	Longitudinal
5.0	1/2	Longitudinal

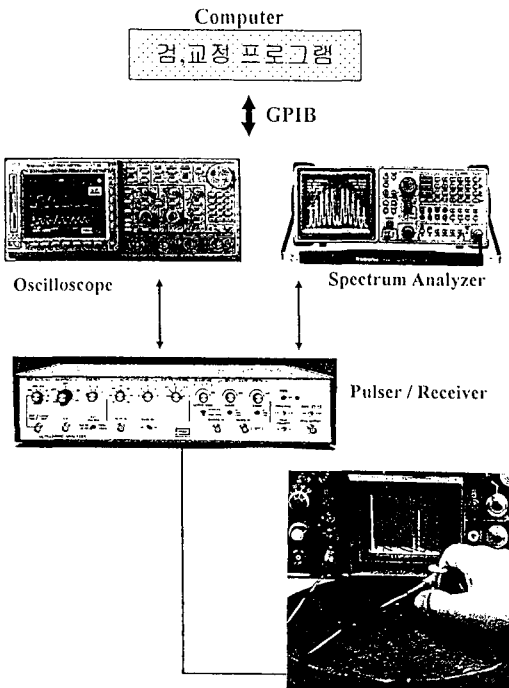


Fig. 1 Experimental setup for calibration

(Pulse는 3×10^{-9} sec 이내에 800~1000 Volts를 발생해야 함)

- Spectrum analyzer : Tektronix 2712
- 표준시험편 : Fig. 2

3.2. Frequency 검사

Fig. 3은 표준시험편(Fig. 2)의 평저공에서 얻은 저면 반사파(B_1)의 주파수 응답곡선(frequency response curve)을 나타내고 있다. 중심주파수(center frequency)는 스펙트럼(spectrum)의 최대값에서 -6dB의 값을 갖는 두 주파수(upper frequency, lower frequency)의 중심주파수 값으로, 주파수 폭은 식(1)에 의해 구할 수 있다.

$$\text{Bandwidth(BW)} = [(F_U - F_L)/F_C] \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

- F_U = upper frequency
- F_L = lower frequency
- F_C = center frequency

측정한 중심주파수는 가정한 주파수 값의 $\pm 10\%$ 오차범위에 들어야 하며, 1.0MHz는 0.9~1.1MHz, 2.25MHz는 2.02~2.48MHz, 5.0MHz는 4.5~5.5MHz 이내에 있어야 한다.

3.3. Sensitivity, Damping & Pulse Length 검사

3.3.1. Sensitivity

감도는 Table 2와 같이 각 탐촉자를 지름이 A인 평저공을 사용하여 최대 감도가 B값을 초과해야 한다.

Table 2 Sensitivity of probe

Frequency (MHz)	Diameter (inch)	A (inch)	B (%)
1.0	1	1/4	1000
2.25	1	1/16	500
2.25	3/4	1/16	500
2.25	1/2	1/16	500
2.25	1/4	1/4	100
2.25	1/4 x 1(사라)	1/16	500
5.0	3/4	1/16	500
5.0	1/2	1/4	500

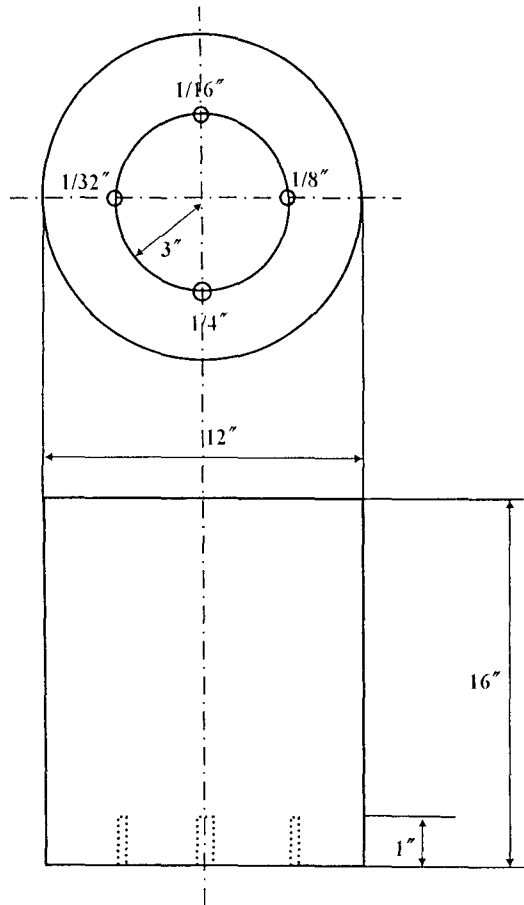


Fig. 2 Standard block for calibration

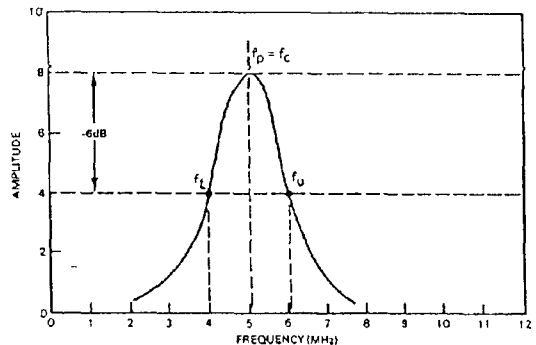


Fig. 3 An example of frequency response

3.3.2. Damping

Damping은 Table 3와 같이 각 탐촉자의 감도를 1/4"평저공에서 A%가 되도록 조정한 후, 파형을 확장하여 전체화면의 5% 이상 되는 cycle 수를 기록하여 C값과 비교한다. 이때 탐상기의 Log/Lin 스위치를 Lin 으로, Vid/RF 스위치를 RF로 놓는다.

Table 3 Damping of probe

Frequency (MHz)	Diameter (inch)	A (%)	B (inch)	C (개수)
1.0	1	100	1/4	10
2.25	1	90	1/4	10
2.25	3/4	80	1/4	10
2.25	1/2	80	1/4	10
2.25	1/4	요구하지 않음		
2.25	1/4×1(사각)	90	1/4	10
5.0	3/4	100	1/4	17
5.0	1/2	요구하지 않음		

3.3.3. Pulse Length

펄스길이는 Table 4의 A(%)가 되도록 15"깊이에 있는 B 크기의 평저공을 사용하여 조정하며, 송신펄스의 5% 지점까지의 거리를 측정한다. 얻어진 펄스길이는 C와 비교하여 그 이상이 넘지 않도록 해야 한다.

Table 4 Pulse length of probe

Frequency (MHz)	Diameter (inch)	A (%)	B (inch)	C (inch)
1.0	1	100	1/4	7/4
2.25	1	25	1/16	5/4
2.25	3/4	25	1/16	5/4
2.25	1/2	100	1/4	3/4
2.25	1/4	100	0	3/4
2.25	1/4×1(사각)	25	1/16	3/2
5.0	3/4	25	1/16	5/8
5.0	1/2	100	0	5/8

4. 교정 결과 보고서

Fig. 4는 본 연구에서 개발한 검교정 프로그램의 초

기화면을 나타내고 있다. 프로그램의 실행방법은 여러 가지가 있으나 바탕화면상에서 단축아이콘으로 실행할 수 있도록 하였다. 매뉴얼 사용자가 자주 사용하는 부분에 대해서는 빠르고 편리하게 하기 위해 툴바형태로 작성하였으며 마우스로 단지 클릭함으로써 각 모듈을 직접 실행할 수 있게 하였다. 초기화면은 교정에 필요한 오실로스코프와 spectrum analyzer의 초기자료를 입력할 수 있게 개발한 프로그램의 기본창이며, 이 창에서는 오실로스코프의 증폭에 대한 gain(V)과 횡축에 대한 시간(μs), spectrum analyzer의 증폭에 대한 gain(DBm)과 화면에 표시되는 주파수 응답곡선의 중심을 나타내는 주파수를 입력하도록 되어 있다. 파형과 주파수 응답곡선은 마우스로 클릭하므로 간단히 얻을 수 있다.

Fig. 5는 교정 결과 보고서의 초기화면으로 이 화면에서는 교정하는 탐촉자의 번호, 주파수, 제작번호, 크기, 종류 등을 입력하며, pulser/receiver의 종류, pulser의 램핑, receiver의 setting조건 등을 입력하도록 되어 있다.

Fig. 6은 주파수 2.25MHz의 수직탐촉자(Harrison사)를 교정하기 위하여 표준시험편의 평저공에서 얻은 RF파형과 주파수 응답곡선을 나타내고 있다. 저면반사파의 파수(wave number)는 4이고, 주파수 응답곡선의 -6dB선에서 upper frequency는 3.8MHz이고 lower frequency는 1.6MHz이다. 또한, 탐촉자의 중심주파수는 2.74MHz이다.

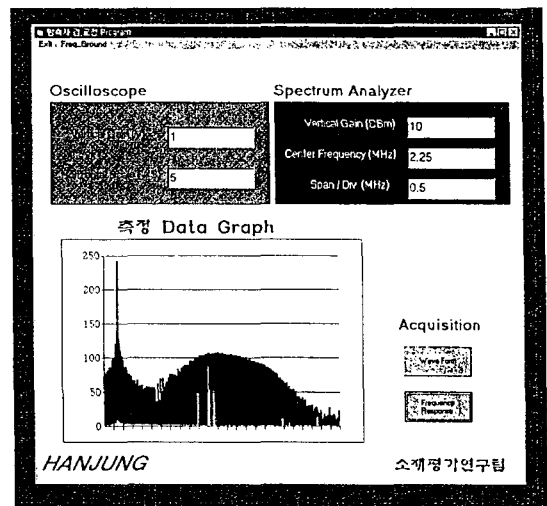


Fig. 4 Signal measurement program of probe

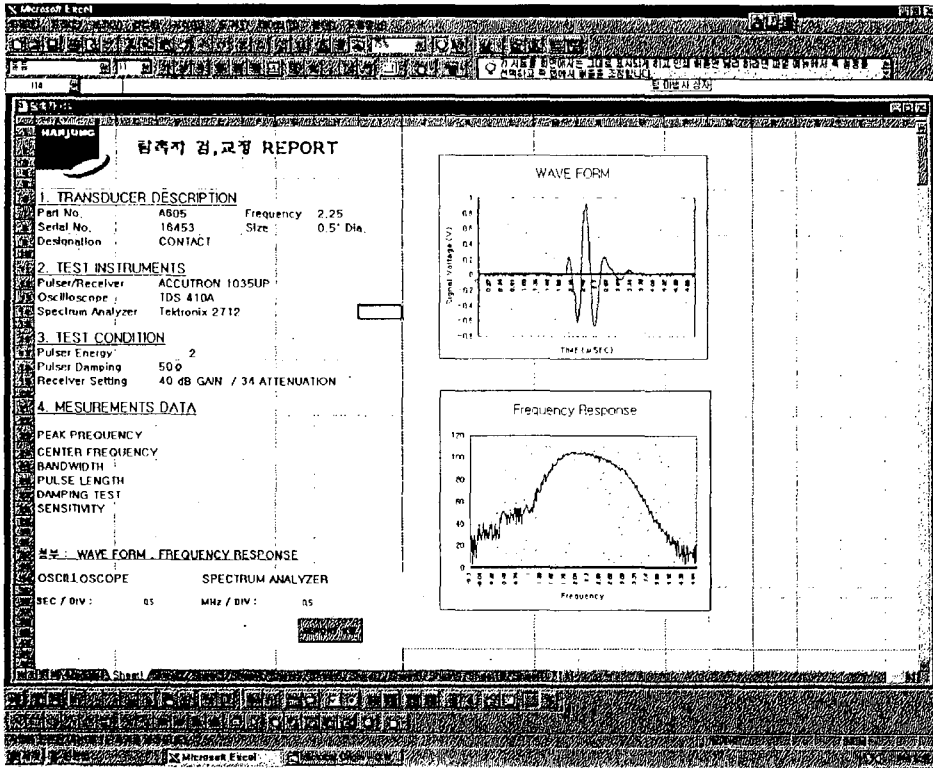


Fig. 5 The output screen of calibration

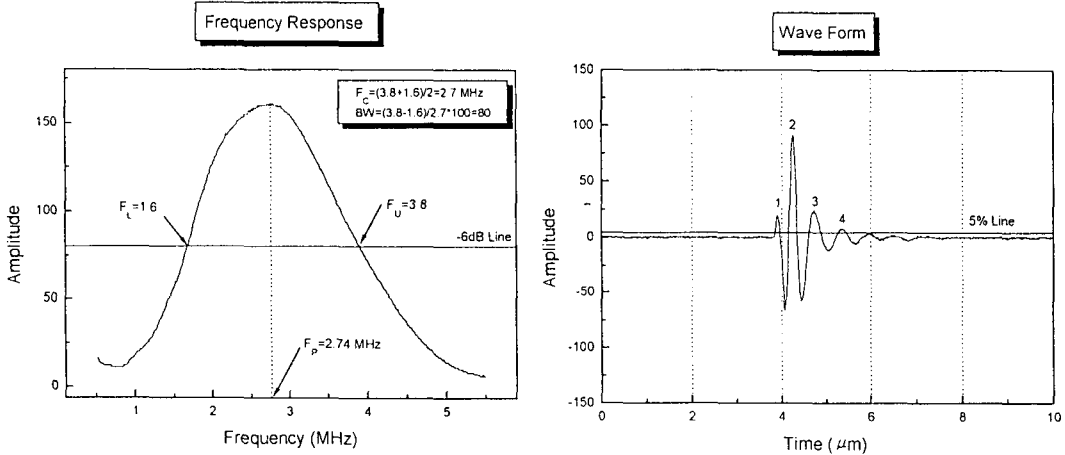


Fig. 6 Frequency response and waveform of 2.25MHz probe

5. 결 론

본 연구에서는 로타의 초음파검사에 사용되고 있는 탐촉자를 자체적으로 교정하기 위하여 교정시스템을

개발하였다. 본 시스템은 짧은 시간과 간단한 조작으로 수직탐촉자의 frequency 검사 및 sensitivity, damping & pulse length 검사를 수행할 수 있도록 되어 있으며, 검사 후 즉시 교정 결과 보고서를

MS-office(Excel) 환경하에서 문서와 그림을 편집하고, 보고서를 출력할 수 있도록 구성되어 있다. 이와 같은 시스템 개발을 통해 축적된 기술을 이용하여 검사환경의 변화에 대응하는 교정 시스템을 발전시켜 나갈 생각이다.

참고문헌

- [1] ASTM-E1065, "Standard guide for evaluating characteristics of ultrasonic search units", pp. 441-458
- [2] General Electric Co. NDE Services Report, "Calibration procedure for contact transducers", (1992)
- [3] L. Stuart, "Wave digital filters DSP applications", IEEE Circuit & Devices Magazine, Vol. 8, pp. 27-31, (1992)
- [4] K. I. McRae and T. L. Miller, "Signal processing and data acquisition technique for the ultrasonic nondestructive evaluation of aerospace materials", Canadian Aeronautics and Space Journal, Vol. 38, pp. 16-21, (1992)
- [5] M. Parrila and J. J Anaya, "Digital signal processing techniques for high accuracy ultrasonic range measurements", Vol. 40, pp. 759-763, (1991)
- [6] P. V. Raja and S. Ganesam, "SIMD multiple DSP microprocessor system for image processing" Microprocessors and Microsystems, Vol. 15, pp. 493-501, (1991)