

Labview를 이용한 와전류 탐상 모니터링 시스템 구현

김상현, 최정규, 이향범
 송실대학교 전기공학부

Implementation of Eddy Current Testing Monitoring System Using Labview

Sang-hyun Kim, Jung-kyu Choi, Hyang-beom Lee
 School of Electrical Engineering, Soongsil University

Abstract - 본 논문은 와전류 탐상 시 출력되는 결과를 하나의 디스플레이로 결과를 비교하기 위하여 2D 및 3D의 그래프를 Labview를 통하여 구현하였다. 와전류센서에서 들어오는 아날로그 신호를 효과적으로 제어하여 그 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 필요로 하는 결과 값으로 분리하여 분석이 용이하도록 프로그램을 구현하였다. 또한 와전류 탐상에 쓰이는 스캐너를 제어함으로써 결함 검출 과정을 보다 쉽게 할 수 있었다. 그 결과로 결함의 위치 및 형태, 종류 등을 판단하는데 도움이 되도록 하였다.

1. 서 론

와전류 탐상법(ECT)은 비파괴 검사에 일종으로 와전류의 특성을 이용해 도체로 이루어진 강관이나 철판, 구조물 등 육안으로 확인하기 어렵거나 진입이 어려운 장소에 생기는 결함을 대상에 손상을 주지 않고 탐상하기 위해 쓰이는 방법이다.

와전류를 이용한 탐상을 하게 되면 시험체의 크기에 따라 센서를 통해 전압과 위상 값이 연속적으로 들어오게 되는데 그 수치가 미세하고 분량도 많아 일반적인 계측 장비만으로 처리하기에는 반복 작업을 해야 하는 어려움이 있고, 전압과 위상의 변화를 알아내더라도 그것만으로는 실제로 결함이 어느 부분에 있는지 판단하는데 많은 시간이 걸린다. 따라서 본 논문에서는 이 작업을 보다 쉽게 하기 위해 컴퓨터를 이용하여 데이터를 수집하고 그 결과를 처리하여 결함의 위치를 알아 낼 수 있도록 할 것이다.

컴퓨터를 이용한 센싱 시스템은 센서와 시그널 컨디셔닝(Signal Conditioning) 장비 그리고 데이터 수집 장치로 구성된다. 시그널 컨디셔닝이란 센서에서 출력되는 전압이나 전류는 진폭이 매우 낮거나 잡음이 심해서 바로 측정하기 어렵기 때문에 증폭하거나 필터링을 거쳐 측정하기 좋은 신호로 만들어 주는 것을 말한다. DAQ(Data Acquisition)보드는 시그널 컨디셔닝 된 아날로그 신호를 ADC칩을 사용하여 컴퓨터에서 쓰이는 디지털 신호로 바꾸어 주는 장치이다.

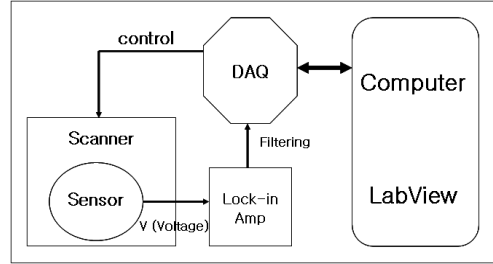
본 논문에서는 와전류 비파괴 검사 시스템을 구현하는데 있어서 컴퓨터를 이용하여 스캐너를 제어하고 센서를 통해 들어오는 데이터를 수집하기 위해 NI사의 PCMCIA 방식 DAQ-6024E 보드를 사용하였다. 이를 이용하여 스캐너를 제어하는 AVR의 입력포트와 디지털 통신을 통해 좌표 값과 구동신호를 보내어 구동시키고, 구동 시에 센서로부터 들어오는 신호를 컴퓨터로 받아들여 임피던스를 산출하며, 그 변화를 컴퓨터 화면에 3D 그래프와 C-Scan 방식으로 구현하고 원하는 결함부분을 확대하여 볼 수 있도록 하였다.

아날로그 데이터의 수집과 가공, 그리고 AVR과의 통신 및 디스플레이를 구현하기 위해 그래픽 프로그래밍 언어인 Labview를 이용하여 DAQ장비의 제어와 데이터 처리에 대하여 실험하였고, 이것을 와전류 비파괴 검사 시스템에 적용하여 센서의 측정 신호를 직관적으로 볼 수 있도록 하였다. 이것은 실제 검사 결과를 판단하는데 많은 도움이 될 것이다.

2. 본 론

2.1 데이터 수집 시스템의 개요

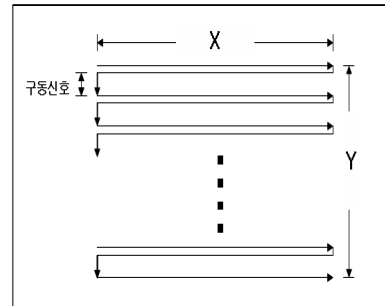
<그림 1>은 와전류탐상 모니터링 시스템의 개요도이다. 와전류 탐상 장비의 데이터 수집 시스템은 센서와 시그널 컨디셔닝 모듈, 센서 모듈의 구동을 위한 스캐너, DAQ장비와 Labview 소프트웨어로 구성된다. 본 연구에서는 센서의 구동을 위해서 구동회로를 따로 사용하고 시그널 컨디셔닝 모듈로는 Lock-in Amp를 사용한다. 시험편의 검사를 위해서는 원하는 위치로 센서를 이동시키고 일정한 속도와 방향으로 움직여야 하는데 이를 위해 스캐너에 센서와 센서 구동장치를 장착하여 사용한다. 이 때 스캐너의 제어장치인 AVR과의 통신은 DAQ의 아날로그 출력 기능을 이용하였다.



<그림 1> 데이터 수집 시스템 개요도

2.2. 스캐너 구동 및 제어 방식

센서로부터 데이터를 수집하기 위해서는 시험편 위를 센서가 이동하면서 표면 상태에 따른 신호변화를 측정하게 되는데, 여기서는 센서를 움직이는 스캐너가 <그림 2>의 방식으로 움직인다. 이는 잉크젯 프린터의 헤드 이동원리로 한 라인을 스캔하고 다시 원위치로 돌아가 다음 라인으로 이동하게 되는데 센서에서 들어오는 신호와 실제 스캐너가 움직이는 시간을 맞추기 위해서 Y축 방향으로 한번 이동 할 때마다 동기 신호를 보내 동작 시간을 제어하면서 데이터를 수집하도록 하였다.

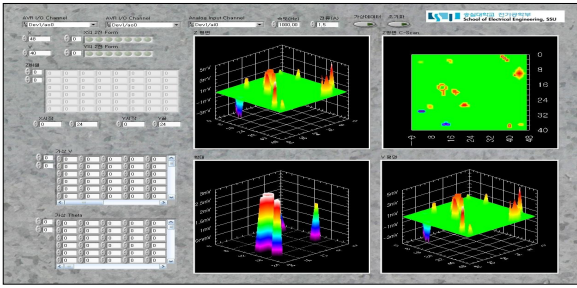


<그림 2> 스캐너 구동방식

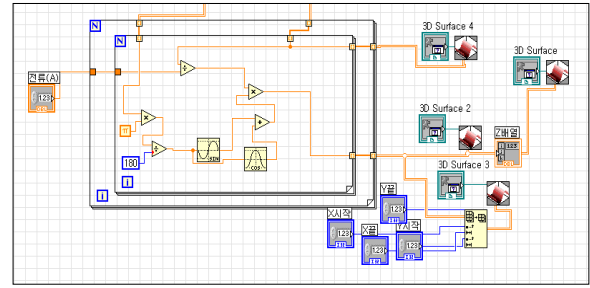
Labview에서는 스캐너로 먼저 데이터 시작 신호로 5[V]의 구동신호를 보낸 후에 입력된 X, Y방향의 값을 각각 7비트 2진수로 변환한 후 DAQ를 통해 아날로그 DC전압 출력기능을 이용하여 5[V]-0[V]를 조합해 디지털 신호를 시뮬레이션하여 AVR의 입력포트로 송출한다. AVR은 미리 정해진 속도로 이 데이터를 받아들인 후에 일정시간 대기하고, DAQ측의 동기신호를 기다리게 된다. 이때 Labview는 5[V] 구동신호를 AVR로 보내고 스캐너가 그에 응답하여 이동을 시작함과 동시에 센서로부터의 아날로그 입력을 받아들일게 된다. 이 때 스캐너 움직임과 컴퓨터 측정의 오차를 누적되지 않게 하기 위해서 가로 방향의 한 라인마다 각각 동기신호를 사용하도록 하였다.

2.3 Labview를 이용한 데이터 수집

와전류 센서에서 나오는 신호는 Lock-in Amp를 거쳐서 잡음이 제거되고 V(전압)의 절대 차 값과 θ (위상)의 절대 차 값의 크기가 전압의 크기로 변환되어 DAQ카드로 입력되게 된다. 전압의 절대 차 값은 와전류 센서가 결함이 없는 부분에 있을 때의 전압 값과 결함이 있는 부분에 있을 때의 전압 값의 절대 차이이다. 이 입력신호를 Labview를 이용하여 순차적으로 받아들여 시험편의 크기와 같은 배열로 만들고 주어진 전류 값과 함께 계산을 통하여 각각의 임피던스 값을 산출한 후 <그림 3>에서 보는바와 같이 컴퓨터 화면에 3D그래프로 출력하고, 실험 편을 위에서 올려다본 모양인 C-Scan 형식으로도 디스플레이 한다.



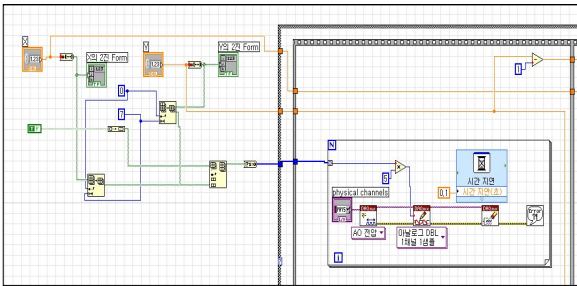
〈그림 3〉 전면 프런트 패널



〈그림 6〉 임피던스 계산 및 3D 그래프 구현부 Block Diagram

2.3.1 AVR과의 디지털 통신부

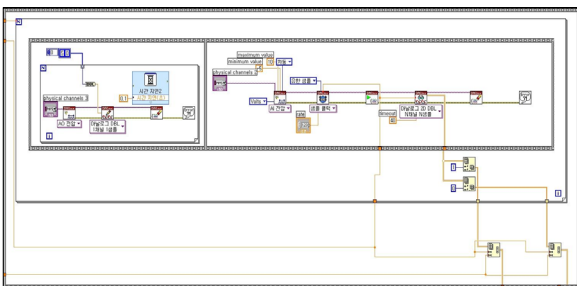
DAQ-6024E 보드는 아날로그와 디지털을 입출력을 모두 지원하고 있으나 아날로그와 디지털 사용 시에 각각 다른 커넥터를 사용하고 두 가지를 동시에 연결 할 수 없기 때문에 한 개의 DAQ 보드로 아날로그와 디지털 신호를 동시에 입출력 하는데 어려움이 있다. 그래서 아날로그 전압 출력 기능을 이용하여 디지털 신호를 시뮬레이션 하여 출력 하도록 하였다. 이 때 보내는 데이터의 양이 많지 않기 때문에 따로 드라이버를 설치해야 하는 시리얼 통신보다는 DAQ의 아날로그 전압 출력 기능을 이용하여 자체의 단순한 프로토콜로 AVR과의 저속 디지털 통신을 구현하였다. 스캐너에 보내는 데이터는 측정할 시험편의 X, Y 크기와 동기 신호뿐이기 때문에 빠른 속도나 복잡한 프로토콜이 필요하지 않을 것이라 판단하였다.



〈그림 4〉 AVR과의 디지털 통신부 Block Diagram

2.3.2 와전류 센서로부터의 V, θ 값 수집

먼저 스캐너에 구동 신호를 보내고, 와전류 센서에서 Lock-in amp를 걸쳐 들어오는 아날로그 신호를 수집하여 처음에 정해진 X값의 크기만큼 읽어 들인다. 그리고 원래 위치로 데이터 수집을 하지 않으면서 이동 후에 Y축으로 1단위만큼 이동 후 같은 작업을 반복하여 총 Y번 실행하여 입력된 값을 X-Y크기의 배열로 만든다. 이 때 절대 차 값 V와 절대 차 값θ 두 가지 신호가 동시에 입력되기 때문에 구분하여 각각의 배열을 만들게 된다. 여기서 측정 속도와 배열의 크기를 조절하여 초기 검사 또는 정밀 검사를 시행 할 수 있다.



〈그림 5〉 데이터 수집부 Block Diagram

2.3.3 임피던스 계산과 3D그래프 구현

두 개의 For 루프를 이용해 입력된 배열의 각각의 V값과 θ값을 수식 $Z = V(\cos\theta + j\sin\theta)$ 를 이용하여 임피던스 값을 계산한다. 이 결과 값 배열을 3D 그래프로 표시하게 되는데, 이때 그래프의 그래픽 옵션으로 Surface모드를 사용하여 표면의 그래프를 그리고, 색상 옵션에서 Color Spectrum을 사용하여 신호의 크기에 따라 다른 색상으로 나타내도록 한다. C-Scan은 프런트 패널에서 해당 그래프를 클릭하고 마우스를 드래그 하여 Z축 방향에서 내려 보도록 그래프의 시점을 바꾸어 주면 간단하게 구현 할 수 있다.

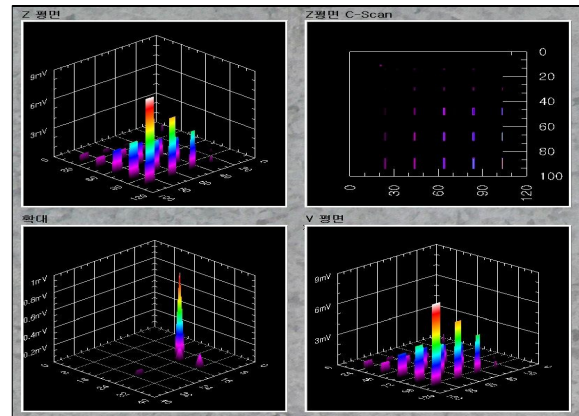
결함이 있는 부분이나 특정 부분을 확대해서 보는 기능을 구현하기 위해 특정 X, Y 좌표범위의 부분배열을 출력하는 부분도 추가하였다.

2.3.4 가상 데이터 입력과 초기화부

작성된 프로그램의 정상 동작 여부를 알아보고, 이미 수행했던 작업의 그래프를 초기화하기 위해 CASE 구조를 사용하여 프런트 패널에서 누름 버튼을 사용하여 조작할 수 있게 하였다. CASE 0 아무버튼도 누르지 않았을 때의 동작으로, 정상적으로 DAQ 장비로부터 입출력을 실행하고, CASE 1은 가상데이터 버튼을 눌렀을 때 작동하며, 데이터 수집 부분을 생략한 채 프런트 패널 하단의 두 개의 배열 입력에 채워진 값으로 결과 값 계산과 그래프를 그리게 된다. 이 기능은 프로그램이 정상적으로 작동하는지 확인하는 기능과, 임의의 데이터를 넣을 때의 그래프의 형태를 관찰하기 위해서 추가 하였다. CASE 2와 기본 CASE는 초기화 버튼이 눌렸을 때의 동작하는 것으로 초기화 버튼의 값에는 항상 2를 곱하도록 되어있어, 초기화 버튼이 ON상태가 되면 다른 버튼의 상태와 관계없이 2또는 그 이상의 값이 되기 때문에 CASE 2,기본이 실행되게 된다. 여기에서는 100x100의 배열을 루프 문을 이용하여 0으로 채워 넣고 그 그래프를 출력하여 그래프 화면을 초기화 시키는 기능을 한다.

2.4 데이터 결과

결함 가공 시험편은 가로 100[mm], 세로 100[mm], 두께가 1[mm]인 인코넬 600 판에 길이는 가로 1[mm], 세로1[mm], 3[mm], 5[mm], 7[mm], 9[mm], 이고, 결함 깊이 0.12[mm], 0.25[mm], 0.5[mm], 0.75[mm], 1[mm](hole)로 방전 가공된 시험편을 사용하여 와전류 탐상을 한 경우의 결과 값을 이용하여 가상데이터를 작성하고 이를 그래프로 구현하였다.



〈그림 7〉 최종데이터 결과 화면

3. 결 론

본 논문은 와전류 탐상에서 얻어지는 전압과 위상 값을 Labview라는 그래픽 기반 프로그래밍 언어를 이용하여 컴퓨터 화면상에서의 간단한 조작으로도 스캐너에 좌표 값을 전달하여 구동하고, 센서에서 측정되는 값들을 수집하여 정리하고, 계산을 통하여 임피던스 값을 구하고 3D 그래프와 C-Scan 형식으로 나타냄으로써 시험편 상의 결함의 위치와 종류를 직관적으로 알아볼 수 있게 하였다. 추후에 센싱 시스템과의 실제 연계 운용 경험을 늘리고 데이터 수집의 정확도와 속도를 향상시킨다면 더욱 빠르고 정확한 와전류 탐상 모니터링 시스템으로 발전할 수 있으리라 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최덕수, "와전류 센서의 설계 및 특성해석", p39~45, 2003
- [2] 광두영, "컴퓨터 기반의 제어와 계측 Labview", 2006
- [3] National Instruments, "Labview User Manual", 2003