

## 회전체 진동 데이터의 AC/DC 성분 데이터 획득 및 분석 장치\*

이 정 석\*\* · 유 등 열\*\*\* · 이 철\*\*\*\*

### *An Acquisition and Analysis Equipment of Dynamic/Static Data on a Rotating Vibration*

Lee, Jung Suk · Ryu, Deung Ryeol · Lee, Cheol

#### 〈Abstract〉

This paper is proposed that in-output Digital module is acquired a vibration signal of a rotating machinery by Data Acquisition System. The module is designed to get ride of noise through low pass filter on the vibration signal from sensors and set the gain value for being able to sampling AC to DC, and also the sampled data by sampler and the converted data by DIP/FPGA is supplied to the analyzer for analysis at a software tool. The DIP(Digital Signal Processor) of the Digital input/output Board makes Average voltage, Peak to Peak voltage, RMS(Root Mean Square) and Gap voltage, also FFT(Fast Fourier Transform) for rotating vibration diagnosis.

Key Words : Data Acquisition, Rotating Vibration, Dynamic/Static Data, Vibration Diagnosis

## I. 서론

산업 현장에서는 발전기, 전동기, 증기 및 가스터빈, 압축기, 송풍기 등의 다양한 회전체 기계가 중요 설비로서 사용되고 있으며, 이들 회전체 기계는 대부분 고성능화(소형화, 고속화, 고압화, 경량화)를 위해서 소형화, 고속화 고압화 및 경량화를 추진하고 있다[1-3]. 이런 이유 때문에 많은 부분의 기계적인 진동이 발생하는 요인이 되고 있어서, 기계 운영자는 이런 기계의 상태를 감시하고 진단하여 기계의 운전 보수를 정확히 예측하여 관리

하고 있다. 일반적으로 기계 진동 정보는 단순 진동의 크기 값만으로 회전체의 진동을 측정하고 있으며, 특히 센서로부터 획득하는 진동의 데이터가 직류성분 교류성분이 혼합된 상태에서 정보를 제공하고 있으며, 이는 정확한 기계 진동을 분석하는데 부족하며, 특히 대형기계의 시동시점 및 정상가동 시점에서 진동 분석을 용이하기 쉽지 않다[3]. 진동전문가가 기계의 상태 및 감시를 하는데 있어서 많은 분석 기법에 이용하고 있는 측정치는 정적 데이터와 동적 데이터의 두 가지 형식이 있다. 정적 데이터는 직류형태로서 이는 측정된 변수를 하나의 특성 혹은 값으로 나타낼 수 있으며, 전형적으로 온도, 반경 및 축 방향 위치, 부하 및 축 회전 속도 등이 있다. 동적 데이터는 교류 형태로서 변수는 기계의 경우 항상 주기적으로 나타나며, 그 신호는 3가지 특성으로서 진폭, 주

\* 이 논문은 2008학년도 인하공업전문대학 교내연구비지원에 의하여 연구되었음.

\*\* 인하공업전문대학 메카트로닉스과 부교수

\*\*\* 마이크로트랙 선임연구원

\*\*\*\* 주식회사 씨랩솔루션 대표

과수 및 기준에 대한 위상 관계로 나타낼 수 있다. 회전 기계에서 발생된 동적 데이터는 회전체 혹은 기계부품의 동역학과 관련되어 한 사이클이나 그 이내에서 진동이 변하며, 이는 기계 상태 감시 및 진단에 훨씬 더 널리 사용된다. 이런 정적/동적 데이터를 획득하여 이용되는 분석 기법 Tool은 과도상태 진동응답(Transient Response), 파형분석(Waveform Analysis), 위상분석(Phase Angle Analysis) 및 전 스펙트럼 분석(Full Spectrum Analysis) 등을 사용하고 있다. 일반적으로 이러한 형태의 진동 데이터를 정적데이터와 동적 데이터를 분리하지 않고 획득한 데이터를 가공하여 사용하고 있으며, 또한 동적 데이터를 획득하는데 있어서 기계의 회전에 따라서 고정된 샘플링을 수행하여 사용하고 있다. 따라서 본 논문은 회전체 진동 데이터를 획득하기 위한 장치로서, 진동센서로부터 들어오는 가공되지 않은 신호를 교류 및 직류 형태의 신호로 분리하고, 기계 진단을 위한 진동신호로 가공하여 제시하고자 한다. 즉 획득된 데이터는 가공되는 않는 데이터로서 직류성분인 파형 데이터와 직류 성분인 실효값, 최대진폭, 평균값 및 캡 전압 등을 포함하고 있으며, 또한 진동분석을 위한 회전속도 변화에 따른 고속 푸리에 변환 (Fast Fourier Transform) 변환을 수행하는 장치 및 알고리즘을 개발하였다[4-5].

특히 회전 기계의 회전 속도 변화에 따른 획득된 진동 신호를 키페이저(Keyphasor) 모듈을 이용하여 획득된 신호를 디지털로 변환하여 각 입출력 모듈로 동기화된 신호를 전송하여 신호 변환을 수행하였다. 이러한 처리는 키페이저 모듈에서 회전수 신호를 발생하여 각 모듈에서 동기화를 수행하였다. 디지털 입출력 모듈은 동기화된 신호를 가지고 진동 데이터를 가공하는 알고리즘을 개발하였다. 따라서 본 논문의 구성은 II장에서 센서로부터 진동데이터를 획득하고자 하는 하드웨어구성을 제어 모듈, 디지털 입출력모듈, 릴레이모듈, 통신모듈 및 키페이저 모듈에 대한 구성을 설계하였고, 또한 진동신호의 분석을 위한 아날로그 및 디지털 변환장치에 대해서 설계하고자 하며, III장에서는 진동신호를 동적 및 정적 데이

터 분류와 각 데이터의 가공하는 알고리즘을 설계하였고, IV장에서는 진동 신호 획득 장치의 시제품을 제작하여 입출력신호에 대한 시뮬레이션을 수행하여 기술하고자 한다[7-9].

## II. 진동신호 획득 시스템 구성

### 2.1 진동획득 장치

회전체 진동 획득 장치의 하드웨어 구성은 CPU, 디지털 입출력장치(Digital Input & Output), 릴레이모듈, 병렬통신모듈 및 키페이저 모듈로 구성하고 있으며, 이들 간의 신호의 통신은 VME 버스를 활용하였다. CPU 모듈은 각 진동신호를 획득에 필요한 모듈들을 제어하고 통제하며, 특히 디지털입출력 모듈로부터 획득된 신호를 받아들여 상위의 컴퓨터로 전송하는 기능을 갖고 있으며, 키페이저 모듈은 회전체의 회전속도에 따라 그 속도를 확인하고, 그 정보를 디지털 입출력보드에 전송하고 디지털 입출력보드에서는 회전속도에 따라 샘플링 하여 진동값을 가공하게 된다.

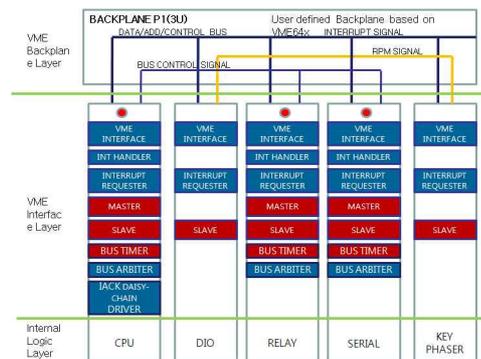


그림 2-1 진동 획득 장치 구성도

릴레이모듈은 설정된 진동값에 따라 그 이상의 진동이 발생하면 그 정보 전달하여 기계 관리를 할 수 있도록

록 하였으며, 시리얼 모듈은 외부 상위 제어 DCS계통에 정보를 전송할 수 있도록 설계하였다.

## 2.2. 아날로그 획득 장치

센서로부터 들어오는 신호를 아날로그와 디지털신호를 분리하기 위해서 디지털 입출력보드에 아날로그 부분을 그림 2-2와 같이 설계하였고, 아날로그 보드는 VME버스를 통하여 디지털 신호처리를 수행한 부분으로 설계하였다. 디지털입출력보드는 센서로부터 들어오는 신호를 획득하며, 이때 들어온 신호는 순수한 진동 신호와 노이즈를 포함한 신호를 갖고 있으며, 이들 신호를 분리하여 원하는 신호를 획득 할 수 있도록 설계하였다.



그림 2-2 입출력 모듈의 아날로그 신호처리

즉 센서로부터 들어오는 신호에 순간적인 고전압 성분이 포함되어 아날로그 부분으로 입력되면 고장의 원인이 될 수 있기 때문에 순간적인 고전압을 제거할 수 있는 정전기방전(Electro Static Discharge)소자를 설치하여 시스템을 보호한다.

센서에서 들어오는 신호에는 회전체의 진동 정보뿐만 아니라 고주파의 노이즈 성분도 같이 입력된다. 고주파의 노이즈 성분을 제거하기 위하여 저역필터를 설계하였다. 설계한 필터의 차단 주파수(Cutoff Frequency)는 100KHz이다.

$$f(\text{cutoff frequency}) = \frac{1}{2\pi RC}$$

따라서

$$f = \frac{1}{2\pi \times 20 \times 10^3 \times 80 \times 10^{-12}} = 99471.83943 \cong 100\text{KHz}$$

이다.

1차 1저역필터는 비반전 필터로서 입출력의 위상과 부호를 같게 하여, 그림 2-3과 같이 설계한 필터의 회로를 설계하였다.

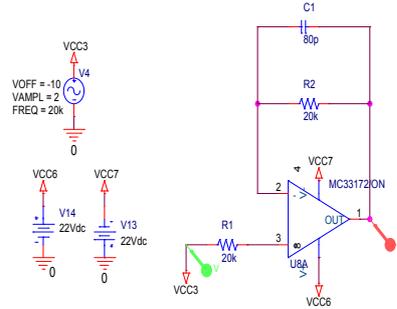


그림 2-3. 1차 저역필터

2차 저역필터는 그림 2-4와 같이 반전 필터로서 입출력의 위상과 부호가 반대이다. 입력신호는 1차 저역필터를 통과한 후 2차 저역필터를 통과하고, 2차 필터의 차단 주파수는 1차 필터와 동일한 100KHz로 설계하였으며, 2차 필터의 +입력단자의 소자(TL431)는 입력신호가 음의 신호일 때는 +단자에 입력전압의 1/2이 입력되고, 양의 신호일 때는 트랜지스터가 동작하지 않아 0V가 입력하였다.

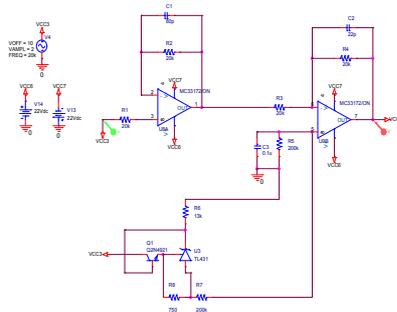


그림 2-4. 1차, 2차 저역필터

필터를 1차와 2차로 설계한 이유는 입력되는 신호가 양의 전압과 음의 전압 두 종류이기 때문이며, 이 두 종

류의 전압을 교류-직류변환의 입력으로 받으려면 회로가 두 가지로 구성 되어야 하기 때문에 1차와 2차 필터를 설계하였다. 신호가 음의 전압일 때는 1차 필터만 거쳐 다음 단계로 넘어가고 양의 전압일 때는 1차와 반전되는 2차 필터를 거쳐 교류-직류변환 고속 샘플링 하였으며, 교류-직류변환가 고속으로 샘플링을 하기 위해서는 필터를 거친 신호는 전압이 높아서 고속 샘플링을 할 수 없기 때문에 교류-직류변환의 입력에 맞게 전압을 낮추어야 한다. 전압을 낮추기 위해 오피앰프(Op-Amp)의 비반전 증폭회로를 이용하여  $V_{OUT} = -\frac{R_2}{R_1} V_{IN}$  입력되는 신호에서 출력을 얻을 수 있으며, 또한 입력신호를 1/10로 낮추어 교류-직류변환에 입력하기 위해서

$$V_{OUT} = -\frac{3.01 \times 10^3}{30.1 \times 10^3} V_{IN} = -\frac{1}{10} V_{IN} \text{ 로 유도 하였다.}$$

### 2.3 디지털 변환 장치

그림 2-5는 디지털 변환장치로서 디지털 보드는 입력 신호를 4개의 아날로그 입력으로 받고, 100KSPS의 샘플링 속도로 24비트 분해능을 갖고 교류-직류변환 할 수 있는 가능한 칩(ADS127)으로 내장하여 아날로그 입력을 디지털 값으로 변환하였다.

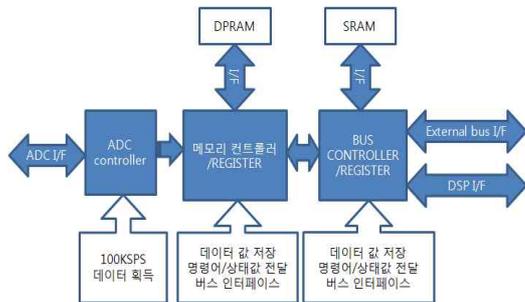


그림 2-5 디지털 변환

이렇게 변환된 디지털 값은 SPI 또는 프레임 동기

(Frame-sync) 기능을 이용하여 FPGA로 전달되고, 전달된 값은 DPRAM에 저장되게 된다. 아날로그의 입력은 ±2.5V의 값을 입력 받을 수 있고, 입력된 아날로그의 값은 표 1과 같은 디지털 출력으로 변환된다.

표 2-1과 같이 변환된 아날로그 값은 FPGA를 통해 DPRAM에 적재 되고, DIP는 실효값, 최대진폭, 평균값 및 캡 전압 그리고 고속푸리에 변환을 수행하기 위하여 DPRAM에 저장된 데이터를 읽어오며, DPRAM에서 읽어드린 값은 전압 값으로 변환하는 과정이 필요하다.

표 2-1. ADS1274의 아날로그 입력 값 대비 24비트 데이터 출력(V<sub>REF</sub> = 5V)

입력 신호 V <sub>IN</sub> (AINP - AINN) <sup>(1)</sup>	출력 코드 <sup>(2)</sup>
≥ + V <sub>REF</sub>	7FFFFFFh
$\frac{+ V_{REF}}{2^{23} - 1}$	000001h
0	000000h
$\frac{- V_{REF}}{2^{23} - 1}$	FFFFFFh
≤ - V <sub>REF</sub> [ $\frac{2^{23}}{2^{23} - 1}$ ]	800000h

- (1) AINP은 아날로그 입력 단의 양의 입력, AINN은 아날로그 입력 단의 음의 입력을 나타낸다.
- (2) 출력 값은 노이즈, INL, offset 그리고 게인 에러는 무시한다.

따라서 출력 코드를 전압 값으로 변환하는 과정이 필요하다. 다음 그림 2-6은 출력 코드를 전압 값으로 변환하는 과정이다.

단, 아날로그 보드와 디지털 보드를 연결하여 사용할 경우 아날로그 보드는 입력된 전압을 1.25V를 기준으로 1/10배 한 뒤 반전시키기 때문에 이에 맞게 입력된 전압의 크기를 변환해 줄 필요가 있다. 수식 2-1은 ADC 입력 전압을 오피앰프의 입력 전압으로 계산하는 식이다.

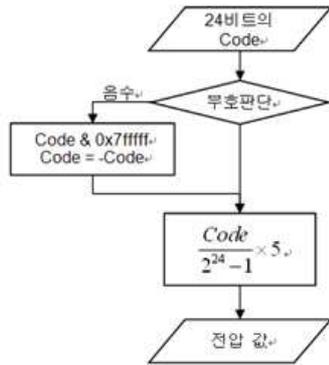


그림 2-6 출력코드의 변환 과정

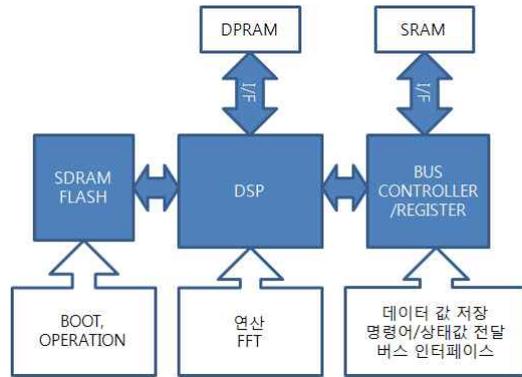


그림 3-1 디지털 입출력 보드의 디지털 신호 인터페이스 로직

- $V_{Input}$  : ADC 입력전압
- $V_{Output}$  : 아날로그 보드 입력전압
- $V_{AdcOffset}$  : ADC 음의 입력 전압(2.5V)
- $V_{OpampOffset}$  : Opamp 오프셋 전압(1.25V)
- $Gain_{Opamp}$  : Opamp 게인(0.1)

$$V_{OUTPUT} = - \frac{V_{INPUT} + V_{Adc\ offset} - V_{Opamp\ offset}}{Gain_{Opamp}} + V_{Opamp\ offset}$$

2-1 식 ADC 입력전압을 OP-amp 전압 입력식

### III. 동적 및 정적 데이터 진동신호

디지털 보드의 가장 중요한 파트로 아날로그 신호를 분석하여 진동기의 상태 분석에 필요한 실효값, 최대진폭, 평균값 및 갭 전압 그리고 고속 푸리에 변환 데이터를 계산하는 기능이다. 디지털 입출력보드의 내부 버스의 인터페이스 로직은 교류-직류변환을 수행한 후 메모리 컨트롤러에 의해서 DPRAM으로 저장되며, 디지털 보드는 신호처리에 최적화된 부동 소수점 DIP인 TMS320C6713을 이용하여 신호처리 및 계산을 수행한다.

교류-직류변환에서 변환된 아날로그 입력 전압은 그

림 3-1과 같은 연산을 거치게 된다. 최대 진폭값은 입력된 전압의 최대값과 최소값의 차이값, 실효값은 입력 전압의 실효치, 평균값은 입력 전압의 평균 전압, 갭전압은 입력된 전압에서 교류성분을 제거한 직류성분으로 FIR(Finite Impulse Response) 디지털 필터를 이용하여 컷오프 주파수 0.1Hz의 저역필터를 통과시켜 얻어낸 데이터의 평균값으로 직류 오프셋을 나타내고, 고속 푸리에 변환은 시간 축의 입력 전압 값을 푸리에 변환을 통하여 주파수 분석을 하기 위한 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform)을 이용하여 DIP나 컴퓨터에서 충분한 속도를 내기 위하여 진보된 알고리즘을 적용한 고속 푸리에 변환을 말하고, 이렇게 변환된 데이터는 유한한 시간축의 데이터를 통하여 주파수 분석을 하는 알고리즘이다.

위의 DIP에 사용된 FIR과 고속 푸리에 변환 알고리즘은 TMS320C6713의 제조사인 TI사에서 제공된 TMS320C67X DIP Library (SPRC121)의 표준 함수를 이용하여 구현하였다. 제공된 DIP 라이브러리는 부동 소수점 DIP TMS320C67X에 최적화된 함수로써 C언어와 호환 가능한 어셈블리 언어를 이용하여 작성되었다. 또한 많은 검증을 통한 안정된 프로그램으로 디지털 보드에 필요한 함수를 제공하여 빠르게 작성하여 단기간에 개발을 할 수 있다.

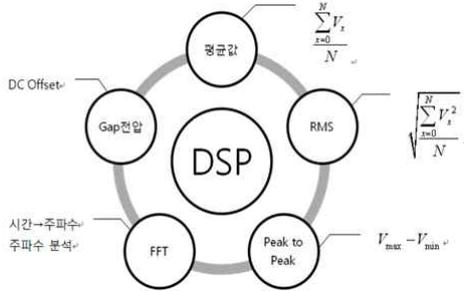


그림 3-2. DIP에서의 진동데이터 가공

### 3.1. Peak to Peak

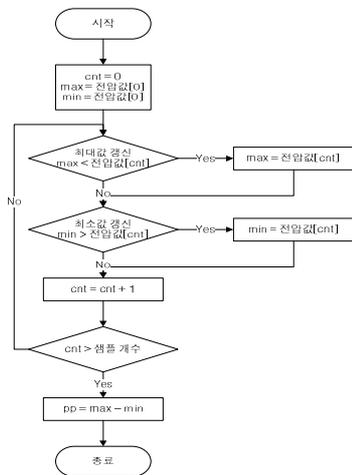


그림 3-3 최대 진폭값 알고리즘 순서도

최대 진폭값은 입력된 전압의 최대값과 최소값의 차이 값이다. 따라서 최대 최소값을 구한 다음에 그 차이값을 저장하면 된다. 그림 3-3은 최대 진폭값 함수의 순서도이다.

### 3.2. 실효값

실효값은 실효치로 전압의 제곱을 모두 더한 다음 샘플링

플링 수로 나눠 제곱근을 구한 값이다. 그림 3-4는 실효값함수의 순서도 이다.

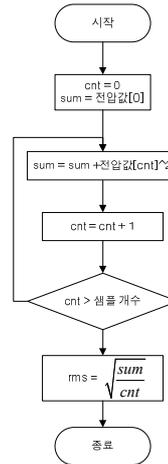


그림 3-4 RMS 알고리즘 순서도

### 3.3. 평균값

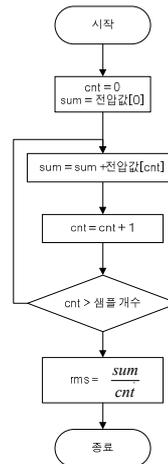


그림 3-5 평균값 알고리즘 순서도

평균값은 전압을 모두 더한 다음 샘플링 갯수로 나눠 구한 값이다. 그림 3-5는 평균값 함수의 순서도 이다.

### 3.3.1. 갭전압

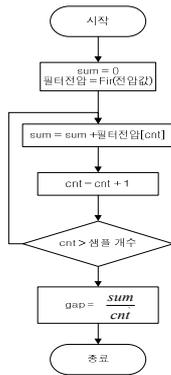


그림 3-6 갭전압 알고리즘 순서도

갭전압은 입력된 신호를 FIR 필터를 이용하여 컷오프 주파수 0.1Hz의 저역필터를 통과한 다음 필터 된 신호의 평균값이 갭전압이다. 그림3-6은 갭 함수의 순서도 이다. 필터의 계수는 Mathworks사의 Matlab을 이용하여 계산하였고 그림 3-7은 FDATCOOL에서 샘플링 주파수 100KHz, 컷오프 주파수 0.1Hz, 윈도우 함수는 허밍(Hamming)윈도우를 이용하여 계산된 계수의 주파수 특성이다. 그림 3-8은 입력 신호를 필터 처리한 신호로써 출력된 신호는 필터를 통과한 다음 교류성분은 거의 제거가 되고, 직류성분만 남게 된다.

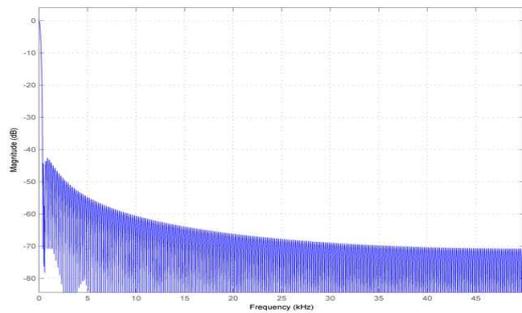


그림 3-7. Matlab을 이용하여 계산된 FIR 필터 계수의 주파수 응답특성

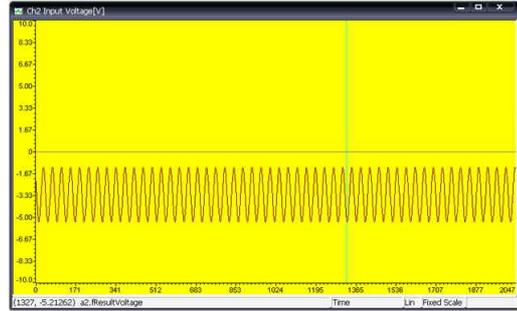


그림 3-8 FIR 필터 적용전 (Cutoff = 0.1Hz)



그림 3-8 FIR 필터 적용후의 입력 파형(Cutoff = 0.1Hz)

필터처리가 된 후의 출력 신호는 최대값이 -3.23707V 이고 최소값은 -3.24651V로써 두 값의 차이는 -0.00944V 로써 DC offset값으로 봐도 무관하다고 생각된다. 이렇게 구해진 값을 이용하여 평균값을 계산하였을 때의 값을 Gap 전압이라고 한다.

### 3.5. 고속 푸리에 변환

입력신호의 주파수 성분을 분석하기 위하여 푸리에 변환을 수행한다. 푸리에 변환을 DIP에서 수행하려면 무한히 연속된 샘플링이 아니기 때문에 이산 푸리에 변환(이하 DFT라 한다)을 수행한다. 하지만 이산 푸리에 변환은 많은 곱셈 연산이 필요하기 때문에 시간이 오래 걸리는데, 이것을 보완한 알고리즘이 고속 푸리에 변환이

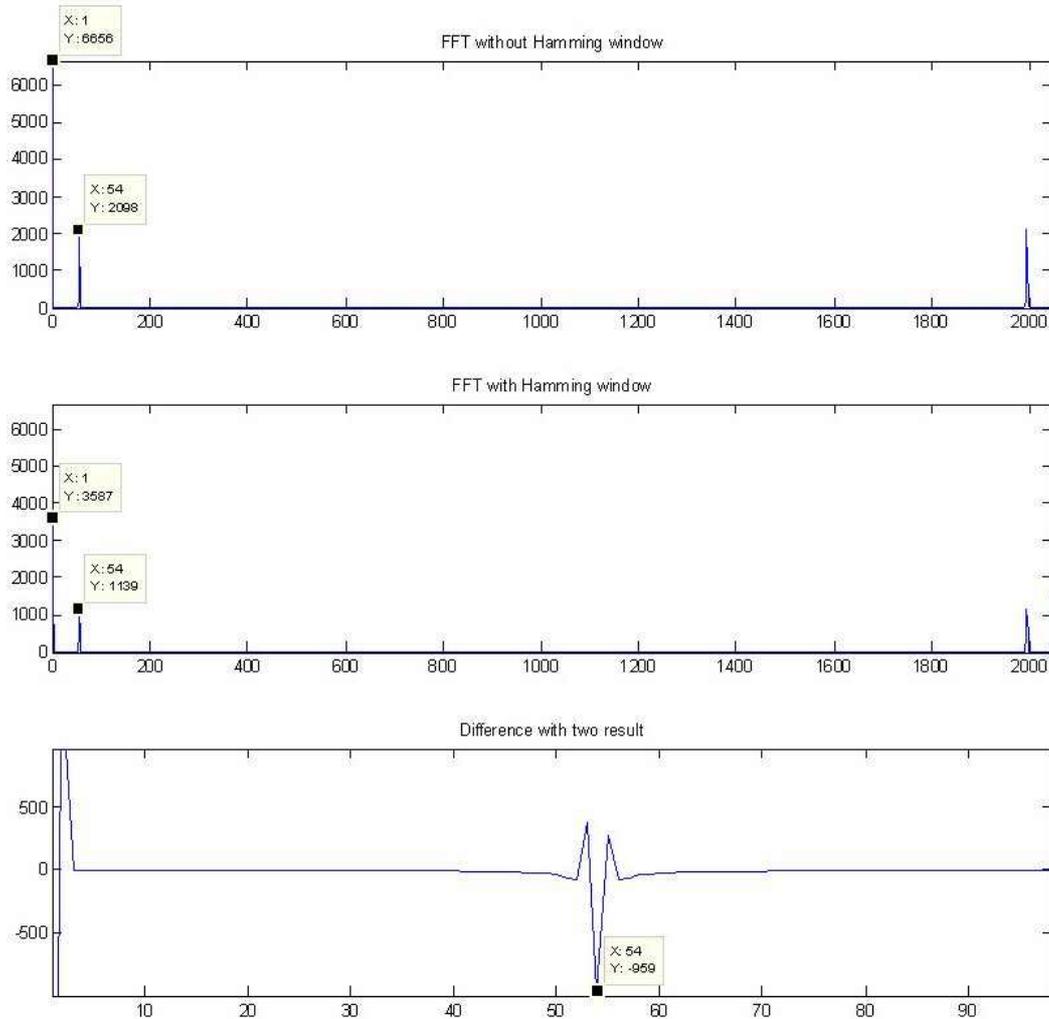


그림 3-8 Window 함수 유무에 따른 FFT 결과의 차이

다. 고속 푸리에 변환에 대한 자세한 내용은 위키백과 내용을 참고하기 바란다. 아래의 그림 3-8은 윈도우 함수 유무에 따른 고속 푸리에 변환 결과 차이로써 허밍윈도우를 적용하였을 때 주파수의 성분 분포를 더욱 잘 관측할 수 있다.

계산된 고속 푸리에 변환은 샘플링의 개수에 따라서 주파수 분해능이 나뉘게 되는데 각 칸의 주파수는 다음의 식을 이용하여 구할 수 있다.

$$f(x) = \frac{f_s \cdot x}{N}$$

$x$ : 칸의 위치 (0~2047)

$f_s$ : 샘플링 주파수 (100KHz)

$N$ : 샘플 개수 (2048)

따라서 1에서부터 시작한  $x$ 의 값은 54이므로 실제  $x$ 의 값은 53이고, 샘플링 주파수는 100000KHz, 샘플 개수

는 2048개이므로 식에 대입하면 2587.890625라는 값이 나오게 된다. 따라서 입력된 신호에서 2.587KHz대의 주파수 영역이 관측되었다. 이것은 입력주파수와 동일하게 나타났다.

#### IV. 시뮬레이션 및 실험결과

센서로부터 들어오는 신호를 측정하기 위한 실험을 다음 그림 4-1에 나타난 조건으로 실험을 측정하였다. 실험에서 입력된 신호는 함수 발생기(Function Generator)를 이용하여 발생하고, 아날로그 보드의 입력으로 공급한다. 입력되는 파형은 오실로스코프를 이용하여 측정하였을 때 그림 4-1과 같이 주파는 2.574KHz에서 평균전압 -3.42V, 최대 진폭값은 4.3V 및 실효값 3.71V 전압 값이 측정되었다.

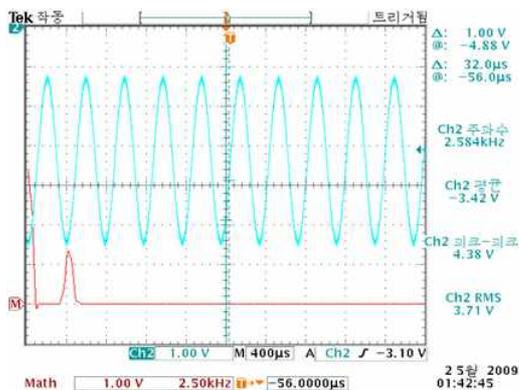


그림 4-1 함수 동작을 실험하기 위한 입력 파형 (주파수 : 2.5KHz, AVR : -3.42V, pp : 4.3V)

개발된 디지털 입출력 보드에서 측정된 파형은 그림 4-2와 그림 4-3과 측정결과를 보여주고 있으며, 측정된 값은 평균전압이 -3.25V, pp가 4.17V 그리고 실효값은 3.66V로 각각 측정되었다.

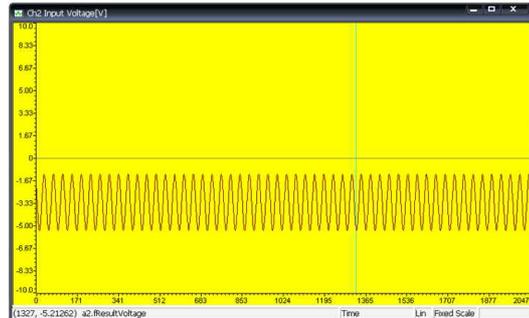


그림 4-2 관측한 디지털 보드 입력 전압 파형 (평균값: -3.255, PP:4.17V, RMS:3.56V)

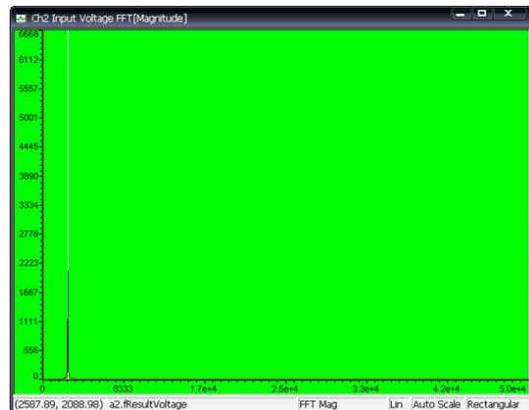


그림 4-3 관측한 디지털 보드 입력 주파수 2.587 KHz

따라서 두 측정기기의 오차가 표 4-1과 같이 주파수는 0.003Hz, 평균값은 -0.166V, 실효값은 -0.16V 및 PP는 -0.21V로 측정되었으며, 이는 오실로스코프 및 계측기의 자체 오차를 함유하고 있기 때문에 디지털 입출력 보드로서는 사용이 충분하다고 판단된다.

디지털 입출력보드에서 측정된 데이터를 CPU 모듈에서 데이터를 획득하여 컴퓨터로 전송되며, 이 때 CPU 모듈에서 전송된 데이터를 확인하기 위한 진동 진단 분석 실험 소프트웨어를 그림 4-4와 같이 작성되었다.

표 4-1 함수 동작 실험을 위한 입력의 오실로스코프와 디지털 보드 측정값

측정 장비	주파수 (KHz)	평균값 (V)	RMS (V)	PP (V)	최대전압 (V)	최소전압 (V)
오실로스코프	2.584	-3.42	3.71V	4.38V	-1.23	-5.61
디지털보드	2.587	-3.255	3.56V	4.17V	-1.17	-5.34
오차	+0.003	-0.165	-0.15	-0.21	-0.06	-0.27

그림 4-4는 시뮬레이션 진동 진단 소프트웨어로서 화면은 ABCD총 4개의 화면으로 크게 나눌 수 있다. A의 창에는 시리얼(이하 UART)을 통하여 입력된 데이터가 ASCII값으로 표시된다. B창에는 HEX값으로 압축되어 전송된 데이터를 이용하여 각 데이터로 분리하게 된다. ADC1, ADC2, ..., ADC4는 입력채널을 나타내고, HEX는 32-bit float 타입을 16진수로 나타낸 정보이다. VOLT는 채널에 입력된 전압의 크기를 나타낸 정보이고, FP VOLT는 전압의 크기를 나타낸 정보이고, RMS는 DSP에서 계산된 RMS값을 나타낸 정보이며, AVR은 DSP에서 계산된 평균값을 나타낸다.



그림 4-4 시뮬레이션 진동 진단 소프트웨어

MAX와 MIN은 DSP에서 입력 받은 2048개의 샘플의

최대값과 최소값을 나타내고, Peak to Peak는 DSP에서 계산된 MAX, MIN값의 차를 나타내며, GAP은 DSP에서 계산된 입력 파형을 0.1Hz로 필터링한 결과를 나타낸다. C창에는 채널에 입력된 파형에 FFT를 수행한 결과를 나타내는데, 현재 입력된 파형의 주파수를 확인할 수 있고, C박스 왼쪽에 있는 채널 ID 리스트를 통하여 원하는 채널을 선택할 수 있다. D창에는 채널에 입력된 파형을 관찰할 수 있다. 따라서 시뮬레이션을 동작시킨 결과 값전압, 입력파형의 모습 그리고 고속 푸리에 변환 결과가 올바르게 표시됨을 알 수 있으며, 향후 회전체 진동을 측정하고 분석하는데 적극 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

## V. 결론

일반적인 회전체 진동을 획득하는 장비들이 진동 분석을 위한 정보를 정확히 제공하고 있지 않으며, 특히 회전기계의 시동시점과 가동시점에서의 분석이 중요하기 때문에 회전속도 변화에 따라 진동 데이터를 획득하고 분석할 수 있도록 직류 및 교류 성분을 분리 및 가공을 하지 않고 분석하고 있으며, 이에 따라 본 논문은 회전체 진동데이터를 획득 및 분석을 하기 위한 데이터의 직류/교류성분의 분류 및 가공 방법과 진동 분석전문가에 필요한 정보를 제공하기 위한 세부적인 진동 정보를 제안하였으며, 특히 회전속도 변화에 따라 센서로부터 데이터 정보를 획득하는 과정, 알고리즘 및 하드웨어 설계를 제시하였다.

참고문헌

- [1] Condition-based Maintenance and Machine Diagnostics Williams, Davies / Drakes 1994.
- [2] B. K. N. RAO Handbook of Condition Monitoring, 1996.
- [3] 공호선의, 통합 기계 상태 모니터링 기반기술, 한국 과학기술원, 2001-12-31.
- [4] Study on Probability Distribution and Criterion of Vibration Data for Condition Diagnosis of Rotating Machinery, Mitoma, Journal of the Society of Plant Engineers Japan, 2007, v. 19 no. 2 pp. 106-113.
- [5] Monitoring and vibrational diagnostic of rotating machinery in power plants, Power Station Maintenance - Profitability Through Reliability, 1998. (Conf. Publ. No. 452)
- [6] Zhang, A. H. Monitoring and Diagnostic Technique for Mechatronic Equipment, 1995.
- [7] Digital Signal Processing and Applications with the C6713 and C6416 DSK By Rulph Chassaing ISBN 0-471-69007-4 Copyright © 2005 by John Wiley & Sons, Inc.
- [8] J. W. Cooley and J. W. Tukey, An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series, *Mathematics of Computation*, Vol. 19, 1965, pp. 297 - 301.
- [9] J. W. Cooley, The structure of FFT and convolution algorithms, from a tutorial, *IEEE 1990 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing* Apr. 1990.

■ 저자소개 ■



이 정 석  
Lee, Jung Suk

2002년~현재  
인하공업전문대학 메카트로닉스과 부교수  
2001년 광운대학교 제어계측공학과 박사졸업  
1990년~1997년  
국방과학연구소 선임연구원  
1990년 광운대학교 전기공학과 석사 졸업  
1985년 광운대학교 전기공학과 학사 졸업  
관심분야 : 제어계측, 자동화 설비, 회전체 진동  
E-mail : ungholele@inhac.ac.kr



유 등 열  
Ryu, Deung Ryeol

2001년~현재  
마이크로트랙 선임연구원  
2008년 광운대학교 제어계측공학과 석박사 수료  
2002년 광운대학교 제어계측공학과 학사 졸업  
관심분야 : 제어계측, 자동화 설비, 반도체 설계, 임베디드 OS  
E-mail : pictor@microtrack.co.kr



이 철  
Lee, Cheol

현재 주식회사 씨랩솔루션 대표  
2002년 광운대학교 제어계측공학과 (박사수료)  
1991년 광운대학교 전자공학과 (공학석사)  
1989년 광운대학교 전자공학과 (공학사)  
관심 분야 : 디지털 통신, 영상 처리, 센서제어  
E-mail : cleec@clab.co.kr

논문접수일 : 2009년 8월 7일  
수 정 일 : 2009년 10월 20일  
게재확정일 : 2009년 11월 20일