

A Diagnosing System Development for Insulated Stator of Large Generator

朴 省 昱*
(Park Seong-Wook*)

Abstract -This research presented in this paper focuses on a system development for checking stator's wedge of large generator in heavy industry. The system is composed of impactor, A/D converter and digital signal processing board. Also this paper proposes a method for detection of stator's insulating state using analysis algorithm. As developed impact system is acting, impact wave is generated real time and transferred data to microprocessor. Using communication program this signal move microprocessor to hard directory of note book with 1000 data/sec. The developed system and analysis program performed very well by real stator's wedge in large generator.

Key Words :Diagnosis System Development, Impactor, Signal Processing, Analysis Algorithm

1. 서 론

대형 발전기에서 절연과피 사고는 관련시설의 복구와 이에 따른 장시간의 휴무로 인해 막대한 경제적 손실을 유발하게 된다. 대형 발전기의 사고의 주요 유형으로는 장시간 사용으로 인해 발생하는 코로나에 의한 권선절연 파괴이다. 절연과피의 주요 원인으로는 전압, 열, 습기, 분진, 및 전자기계력에 의한 coil의 이동에 의한 진동 등으로 인한 자연 열화현상과 기계적인 결함에 의하여 돌발적으로 발생하는 경우가 대부분이다. 따라서 장기간 사용한 발전기를 최상의 조건에서 운전하기 위한 방법으로는 전압, 열, 기계력, 수분, 오손에 의해 발생된 열화상태를 절연보강을 통하여 품질상태가 양호하게 유지될 수 있도록 함은 물론 기계적인 이완상태가 최소한으로 유지될 수 있도록 하는 것이다[1].

이에 대한 연구는 활발히 진행 중에 있으나, 현장에서는 아직도 인간의 감각이나 경험에 의존하는 경우가 있으며 이로 인해 부정확한 진단이 발생할 요소가 많이 있다[2,3].

따라서, 본 연구 개발에서는 대형 발전기의 주요 기계적 결함의 원인이 되고 있는 썸(wedge)의 이완상태를 정량적으로 진단할 수 있는 탐침기, 실시간 데이터 전송에 필요한 계측장비와 감지된 신호를 분석하고 진단할 수 있는 소프트웨어를 개발하고자 한다.

2. 문제의 정의

본 연구에서는 탐침기를 직접 설계 제작하여 온도와 열 팽창에 의해 마모될 수 있는 썸에 충격을 주어 썸면에 진

동하는 신호를 가속도 센서로 실시간 신호처리하고 해석 알고리즘을 사용하여 썸의 상태를 정량적으로 파악할 수 있는 진단용 시스템을 개발하고자 한다. 그리고 최적 설계된 탐침기와 노트북과의 인터페이스 회로 그리고 통신 프로그램에 의해 진동 파형의 데이터를 저장하고 응용 프로그램에 의해 주파수 해석할 수 있는 계측장비의 운영기법을 연구하고자 한다.

3. 탐침기 설계와 탐침 시스템 개발

그림 1은 연구에서 개발한 탐침기, 고정자 썸에 일정한 충격을 연속적으로 동일한 크기로 주기 위해 설계 제작하였다. 탐침기는 탐침 나사못, 동작 스위치, 가속도 센서 및 손잡이로 구성되어 있다. 본 연구에서는 탐침기를 사용하여 썸에 충격을 주는 강도가 중요한 변수요인이 되기 때문에, 이를 위해 전자식 릴레이를 이용하여 전자 유도 작용에 의해 움직이는 나사못의 길이를 조절할 수 있도록 설계하였다. 나사못의 길이 조정은 그림 1의 가속도 센서의 전선쪽에 나사못 2개로 전자 릴레이의 위치를 지지하고 있으므로 이 위치를 조절하면 나사못의 길이가 앞·뒤로 조절되고 강도의 크기도 조절할 수 있다. 제작한 탐침기를 이용하여 액폭시와 같은 재질로 소형 썸을 만들고 사각형태인 쇠틀에 삽입한 형상물에 직접 충격을 주어 얻은 데이터를 이용하여 진동 파형을 분석하고 썸의 부착상태에 따른 공진 주파수를 이용하여 스펙트럼 파형도 분석하였다. 또한 원 칩 마이크로이 12bit A/D변환기로 진동신호를 받아 이 신호를 19200bps로 통신으로 받을 수 있도록 프로그램을 개발하였다.

* 正 會 員 : 龜尾1大學 컴퓨터응용전기전공 助敎授 · 工博
接受日字 : 2002年 3月 7日
最終完了 : 2002年 3月 12日



그림 1 제작한 탐침기
Fig. 1 Constructed Impactor

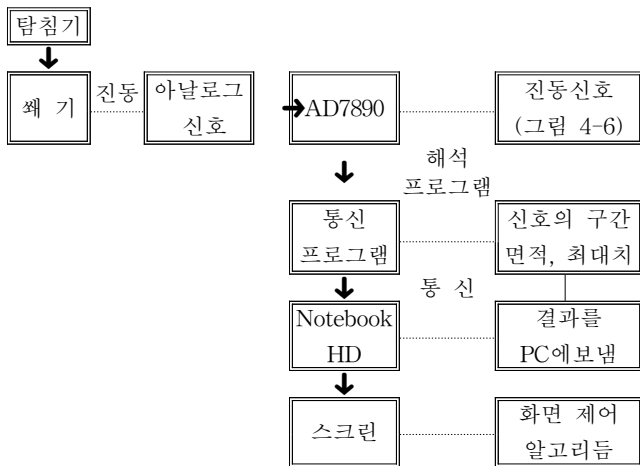


그림 2 전체 시스템 구성도
그림 2 Block diagram of system configuration

4. 개발한 진단 시스템으로 실제 발전기에 적용

고정자 썰기에 제작한 탐침기를 사용하여 충격을 주면 부착된 센서를 통해 아날로그 신호가 발생되고 이 신호를 가지고 진동 신호의 파형과 최대크기 및 주파수 스펙트럼을 얻기 위해서는 디지털 신호로 변환해야 한다. 그림 2는 전체 시스템 구성도를 나타내며 썰기에 탐침기를 통해 충격을 주면 진동 신호는 AD7890 프로세서내의 12A/D변환기를 통해 4096개의 데이터를 프로세서의 램에 저장한다. 저장된 신호는 Visual Basic 통신 프로그램을 사용하여 노트북 하드디스크에 저장되고 해석 프로그램에 의해 신호를 분석한다. 사용한 A/D변환기는 Analog Device사의 AD7890으로 on-chip 제어 레지스터를 포함하여 변환시기와 데이터 전송 등을 프로그램으로 조절할 수 있어 짧은 시간에 많은 데이터를 실시간으로 전송하여 진동 신호의 파형을 분석할 수 있다. 노트북에 저장된 데이터 파일을 불러 실시간으로 진동 파형을 화면에 나타내는데 7초 정도 소요되고 FFT하는 과정은 다른 응용 프로그램으로 분석하였다. 통신 시간은 1초에 1000개의 데이터를 받고 데이터 신호는 Visual basic 프로그램으로 화면처리하고 동시에 해석 알고리즘에 의해 진동 파형의 최대치, 구간 평균치, 전체면적의 평균치 등을 계산하여 화면에 표시하였다 [4]. 개발한 시스템을 사용하여 동양 제철유화 발전기의 썰기 교체 작업에 사용하여 504개 고정자 썰기를 진단하고 분석하

였다. 그림 3은 슬롯이 72개이고 각 슬롯당 썰기가 7개인 동양 제철 유화에 있는 10[MW] SINIKO 발전기의 썰기 교체 작업과정을 보여준다[5]. 개발한 진단 시스템을 사용하여 실제 발전기에 있는 썰기를 진단한 결과를 그림 4-6에 나타내었다.

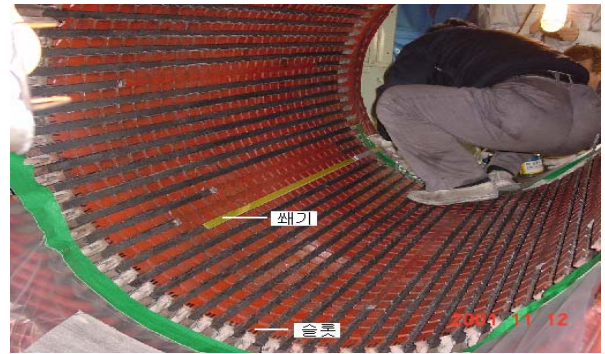


그림 3 썰기 교체 과정
Fig. 3 Process of changing wedge

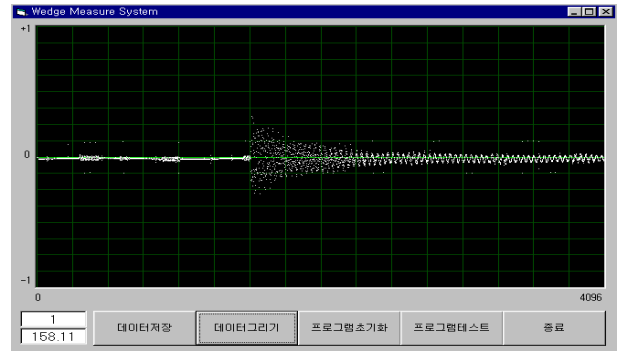


그림 4 첫 번째 썰기의 진동 신호
Fig. 4 Vibration signal of the first wedge

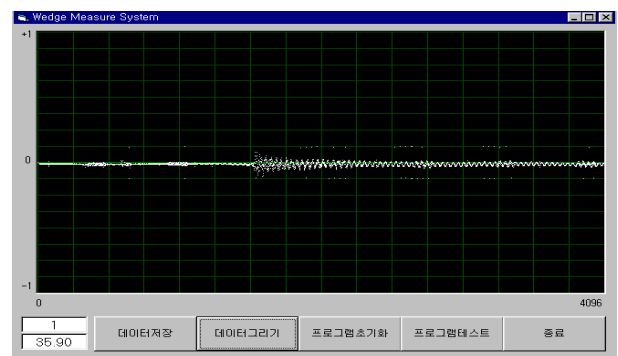


그림 5 두 번째 썰기의 진동 신호
Fig. 5 Vibration signal of the second wedge

그림 4는 진동 신호가 발생하는 부분, 즉 6번째 구간부터 8번째 구간사이의 진동 값의 절대치 평균을 구하여 좌측 면 하단에 "158.11"로 나타내었고 "1"은 진동 신호의 크기가 작은 경우 화면상에 크게 확대할 수 있는 배율을 나타낸다. 그림 5는 6번째 구간으로부터 마지막 구간까지 진동 파형

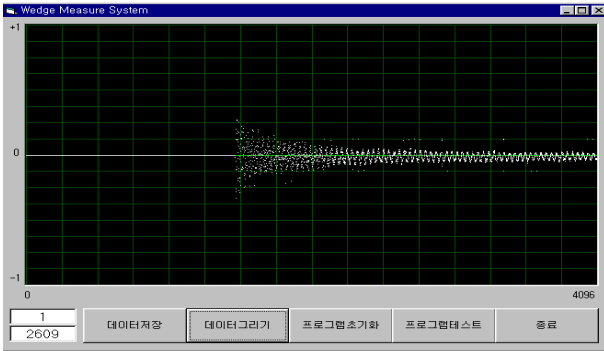


그림 6 세 번째 썩기의 진동 신호
Fig. 6 Vibration signal of the third wedge

의 절대치에 대한 평균을 구하여 좌측면 하단에 나타내었다. 그림 6은 필터를 사용하여 진동 파형이 발생하기 전의 진동 신호를 크기를 영으로 하였고 진동 신호의 최대크기 "2609"를 나타내었는데 이 크기를 정규화하면 2609/4096이 된다. 실제 발전기의 썩기 504개중 3개를 대상으로 진동 파형을 그림 9-11에 나타내었고 온라인 알고리즘에 의해 진동 신호에 대한 최대치, 구간 평균치, 전체 평균치 진동 파형을 분석하여 그 결과를 표-1에 나타내었다.

표 1 해석 프로그램에 의한 진동 신호 분석

Table 1 Analysis of vibration signal with algorithm

| 측정방법 \ 썩기 | 1번째 썩기 | 2번째 썩기 | 3번째 썩기 |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| 진동 파형의 2구간 절대치 평균치 | 158.11 | 49.28 | 128.49 |
| 진동 파형의 10구간 절대치 평균치 | 71.07(불량) | 35.90(양호) | 69.19(불량) |
| 진동 파형의 최대치 | 2682 | 2303 | 2609 |

표-1의 결과로부터 진동 파형의 분석은 진동 파형이 발생하는 구간으로부터 2구간의 절대치 평균으로 썩기의 상태를 분석하는 것이 각 썩기의 상태를 상대적으로 크게 분석할 수 있음을 알았다. 그림 4와 그림 6은 비슷한 진동 파형을 가지지만 2구간의 평균치에서 정량적인 차이가 있고 10구간 평균치에서는 약간의 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다. 그림 7은 3개의 썩기에 대한 FFT파형을 나타내었다[6]. 2번 썩기는 상태가 양호하고 1번과 3번은 교체해야 됨을 나타내고 있다. 1번과 3번은 다소 차이가 남을 재확인할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구를 통해 발전기의 고정자 썩기에 대한 진동 시스템을 개발하여 진동 파형을 분석하고 실제 발전기에 적용한 결과 기존의 망치로 충격을 주는 방법보다 정량적으로 진동 파형을 분석할 수 있었다. 연구를 통해 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다

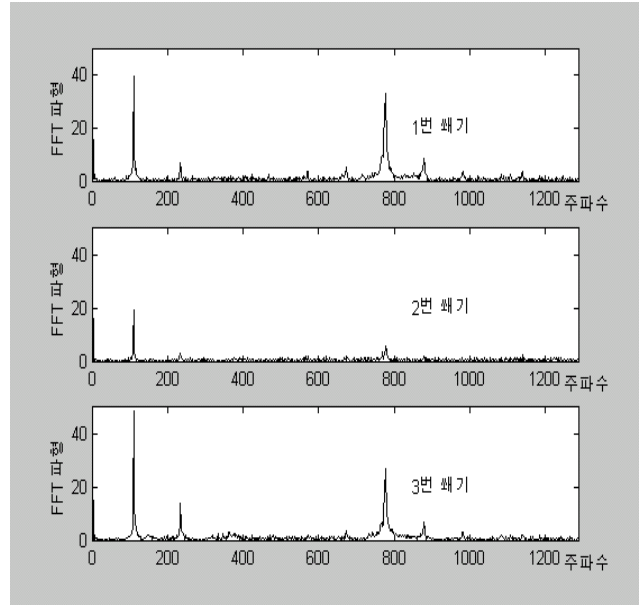


그림 7 썩기에 대한 주파수 분석 파형
Fig. 7 Fourier transform for wedge of stator

첫째로 탐침기를 자체 설계 제작하여 고정자 절연 진단용 시스템을 개발하였다.

둘째로 제안한 고정자 진단 시스템은 노트북상에서 사용자가 쉽게 이동하면서 사용할 수 있고 화면을 통해 탐침 결과 파형을 실시간으로 볼 수 있도록 하였다.

셋째로 실시간 분석 알고리즘을 Visual Basic 프로그램으로 작성하여 그 결과를 진동 파형과 함께 화면에 정량적인 수치로 나타내었다.

넷째로 실선 테스트를 통해 제안한 시스템의 실용성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 엄효섭, 전동기 유지 보수 기술자 세미나, (주) 백산산업서비스, pp 3-7, 1996년 12월.
- [2] 고정자 썩기 측정장비소개, 고정자 썩기, 한국 시스코, 1998년
- [3] Wedge Impactor Software Manual KPS System, KTP Wedge Tightness System, Westinghouse, pp. 15-50, 1998년.
- [4] 정용원, 8051기초, pp. 148-198, 1999년 7월.
- [5] Stator Wedge 설치작업순서, (주)백산산업서비스, pp. 59-63, 1999년.
- [6] MATLAB User Guide, Ch.2, 50-51, The Math Works, Inc, FEB., 1993.