

저가형 가속도계를 이용한 내진 마운트 제어 시스템에 대한 연구

손완식*, 최원목*, 차재석*, 윤태성*, 안호균*, 안한열**, 문성준**
 창원 국립 대학교 전기공학전공*, 나산전기산업(주)**

A Study on Control System for Seismic Mount Using A Low Cost Accelerometer

Wan-Sic Son*, Won-Mook Choi*, Jae-Seock Cha*, Tae-Sung Yoon*, Ho-Gyun Ahn*, Han-Yeul Ahn*, Sung-Chun Mun*
 Dept. Electrical Engineering Changwon National University*, NASAN ELECTRIC INDUSTRIES CO**

Abstract - 최근 대규모 지진으로 인해 세계적으로 많은 인명 피해와 경제적 손실이 발생 하고 있다. 특히 특고압의 전기를 사용자가 요구하는 저압의 전기로 바꾸는 수배전반이 파손 되는 경우 발생하는 2차 피해는 큰 편이다. 본 논문에서는 수배전반의 지진으로 인한 2차 피해를 줄이기 위해 저가형 가속도 센서를 사용해 자동 복귀형 내진 마운트 시스템을 개발하여 수배전반의 파손으로 인한 피해를 줄이고 기존 먼진 마운트 설비의 수명을 늘리고자 한다.

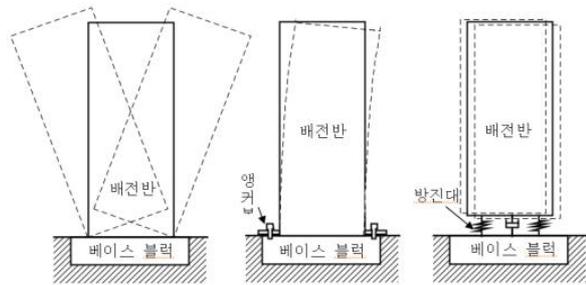
1. 서 론

태풍이나 화산 폭발 같은 많은 자연 재해가 발생 이후 수 시간에서 수일에 걸쳐 대비할 시간을 주는 대 반해 지진은 발생 직후 수초에서 수십 초 후에 막대한 피해를 입힌다는 특징을 가진다. 뿐만 아니라 화재, 폭발 그리고 지난 2013년 후쿠시마 원전 사태 같은 2차 피해역시 유발한다. 우리나라 역시 2014년 한 해 동안 49건의 지진이 일어났으며 규모 5이상의 지진 또한 포함하고 있다. 일반적으로 수배전반 설비는 각종 산업 시설과 학교, 병원, 집단 주거단지 등에 수전된 특고압을 전기 시설물의 정격에 맞는 저압으로 변환시켜 전기 시설물 및 전기 제품을 안전하게 사용할 수 있도록 조작, 제어 및 감시하는 장치로서 건축물의 내·외부 기초 바닥에 설치된다. 우리나라는 2005년도에 지진 발생에 신속히 대응하기 위한 선진화된 지진대응시스템 구축은 물론 3층 이상 건물에 대한 내진 설계 의무화를 발표하였다. 이 때 수배전반 설비에 있어 내진설계란, 지진 발생 시 건축물을 통해 수배전반에 전달되는 지진력을 흡수 및 분산시키는 먼진 설계와 지진력에 대한 고유주기를 길게 하여 지진력을 감쇄 혹은 소멸시키는 내진 설계를 포함하는 기술을 말하며, 이에 대한 수많은 특허기술들이 개발되었다. 기존에 설치되어 운영 중인 배전반은 자체의 자중, 즉 수직하중에 대해서는 구조적 지지능력을 확보하고 있으나, 콘크리트 슬래브에 앵커기초 없이 설치되고, Bracing 부재가 존재하지 않음에 따라 지진과 같은 수평하중에 대하여 내진, 제진, 및 장진 안정성을 충분히 확보하지 못하는 것으로 나타났다. 이렇듯 국내의 전기설비는 대부분 내진설계 개념이 적용되지 않았거나 앵커 볼트(anchor bolt)로 단순 지지하는 방식이 적용되고 있는 실정이다. 그 결과 지진이 발생하는 경우에 시설이 전도되거나 공진으로 인하여 설비내부의 기기가 손상될 수 있다. 이에 대비해 고정지지 구조물이 지진력에 견디도록 설계하는 내진·제진형 마운트 설계 개념에서 나아가 공진회피와 방진설계 개념을 적용하여 지진력의 주파수 대역을 회피하고 지진에너지를 흡수·소산할 수 있는 먼진기술을 연구 개발·적용 되고 있다. 그 예로, 대한민국 등록특허공보 10-1011388호를 비롯한 수배전반 내진 설계 특허 기술들은 먼진기능과 함께 코일형 내진 스프링 또는 판스프링만을 적용하였다. 무거운 하중을 갖는 수배전반이나 전기설비를 상시적으로 코일형 내진 스프링만으로 지지하다 보면, 스프링은 점진적으로 수축되어 결국 지진이 발생하였을 때는 그 탄성력을 발휘하지 못하는 문제점이 제기되고 있다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 저가형 가속도 센서를 사용해 지진 발생 여부를 판단하고, 지진 발생 여부따라 내진 구동장치와 지진 충격흡수장치가 번갈아가며 수배전반 설비를 지지하도록 하는 새로운 자동복귀 기능을 갖는 수배전반 내진장치를 개발하였다.

2. 본 론

2.1 자동 복귀형 내진 마운트 시스템

기존의 먼진 마운트를 적용한 내진 설비 수배전반은 코일형 내진 스프링 또는 판 스프링으로 수배전반을 지지하고 있다. 장시간 계속해서 수배전반을 지지하게 될 경우 내진 스프링은 점진적으로 수축하며, 그 결과 지진이 일어났을 때 자신의 탄성력을 발휘하지 못 하고 수배전반이 전복되는 문제점을 가진다. 이를 해결하기위해 평소에는 내진 구동장치로 수배전반을 떠받치고 지진이 일어날 경우 내진 구동 장치가 동작해 코일형 내진 스프링으로 수배전반의 내진기제를 동작시킨다. 지진이

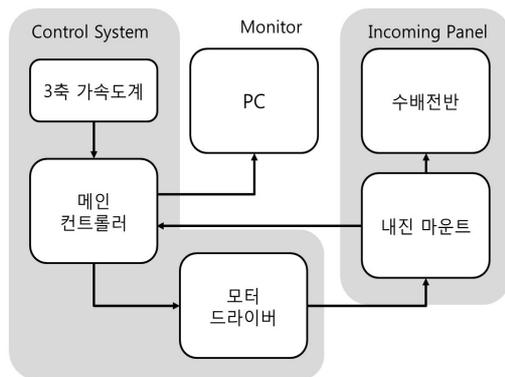


(a) 단순 적재(비 내진) (b) 내진/제진 마운트 (c) 먼진 마운트

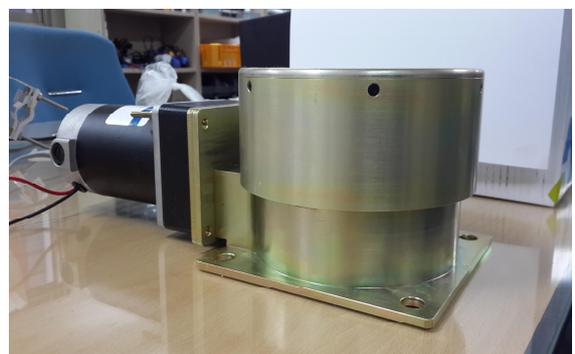
<그림 1> 배전반 내진 마운트 설계기술과 개념의 변화

끝나고 상태가 안정되고 난 뒤 일정 시간이 지나면 내진 구동장치가 다시 동작해 내진 스프링을 대신해 수배전반을 떠받치게 된다.

3축 가속도계를 사용한 지진 감지 센서는 RS-232 통신을 통해 메인 컨트롤러에 가속도 데이터를 전송하며, 메인 컨트롤러에서 이 값을 처리하여 지진 발생 여부를 판단한다. 또한 내진 마운트에서 보내지는 상태 데이터를 통해 내진 구동장치의 현재 위치와 이동 속도를 파악하고 지진 발생 여부에 따라 내진 구동 장치를 제어하는데 활용 한다.



<그림 2> 자동 복귀형 내진 마운트 시스템 개요

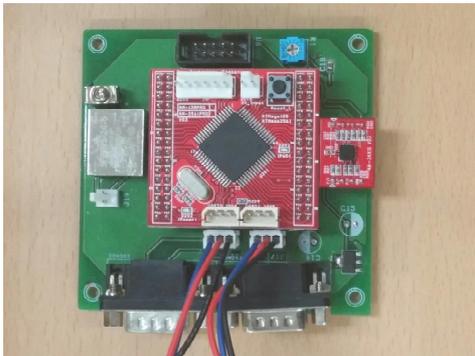


<그림 3> 자동 복귀형 내진 마운트

2.2 저가형 가속도계를 사용한 지진 감지

2.2.1 가속도계를 이용한 지진 감지 센서 구현

그림 5는 3축 가속도 센서를 사용해 구현한 지진 감지 센서이다. 사용된 3축 가속도 센서 모듈은 NEWTC 사의 AM-3AXIS Ver.03이며, 3축 가속도 센서 LIS344ALH와 가속도 센서의 구동을 위한 드라이버회로가 함께 설계되어 있다. LIS344ALH는 각 축의 가속도 값을 아날로그로 출력하며 F/S 설정을 통해 최대 측정 범위를 2g와 6g중에 선택할 수 있다. 3축 가속도 센서 모듈에서 출력되는 아날로그 신호를 받아서 메인 컨트롤러로 넘기기 위해 사용되는 MCU로 ATmega128을 선택하였다. ATmega128은 10bit분해능을 가진 ADC기능을 내장하고 있으며, UART와 I2C통신 기능을 가지고 있다. ATmega128을 통해 AD 컨버팅된 데이터는 RS-232통신을 통해 메인 컨트롤러에 전달되며 메인 컨트롤러에서 3축 가속도 데이터를 처리해 PC로 보내거나 내진 마운트를 제어하는데 사용한다. 센서에서 보내진 데이터는 중력으로 인한 정렬 오차를 포함해 오프셋 성분을 가지고 있으므로 평균값 추정방식을 통해 오프셋 성분을 제거한다.[1]

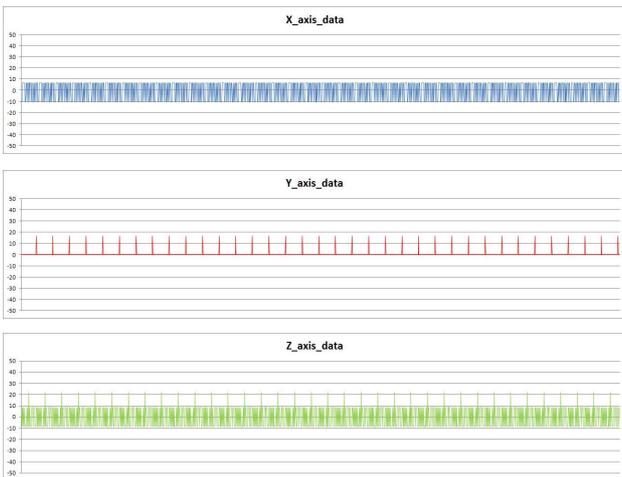


〈그림 4〉 3축 가속도 센서를 이용한 지진 감지 센서

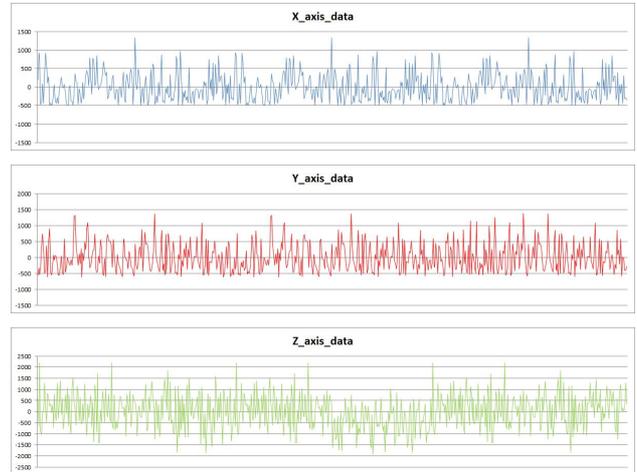
2.2.2 지진감지 센서를 이용한 내진 테스트 실측

그림 5는 내진 테스트에 들어가기 전 정지 상태에서 감지되는 배경 잡음으로 중력에 대해 3축 가속도 센서가 정위치에 놓이지 않았을 때 발생하는 노이즈이다.

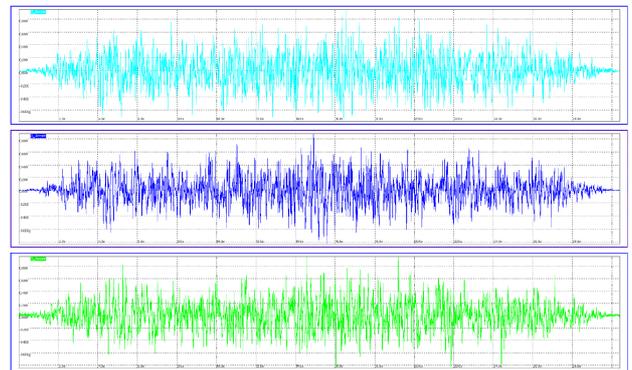
그림 6 ~ 그림 7은 내진 테스트 장비인 MAST(Multi - Axial Shaking Test System) Seismic Simulation Test System을 사용하여 진행된 실제 수배전반의 내진 테스트 실측 결과이다. 기존에 사용되는 센서인 A063839와 비교하여 볼 때 다소 부정확하나 유사한 파형을 그리는 것을 확인할 수 있다.



〈그림 5〉 정지 상태의 배경 잡음 비교 (LIS344ALH)



〈그림 6〉 내진 테스트 결과 (LIS344ALH)



〈그림 7〉 내진 테스트 결과 (A063839)

3. 결 론

본 논문에서는 저가형 3축 가속도 센서를 사용해 자동 복귀형 내진 마운트 제어 시스템을 개발하고 내진 테스트를 통해 실측하였다. 저가형 가속도 센서인 LIS344ALH를 사용하여 지진을 감지할 때 정지 상태에서 백색 잡음이 존재하고 샘플링 주기가 길어 다소 부정확한 파형이 검출되는 현상이 발견 되었으나 연구, 계측의 목적이 아닌 지진을 감지하여 내진 장비를 구동시키기 위해 기존의 센서를 대체해 사용하기에 충분한 성능을 가졌다는 것을 확인할 수 있었다.

- 감사의 말 -

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술 개발사업(산학연협력 기술개발 사업(연구마을), 과제번호: C0247500)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최훈, 배현덕, "MEMS형 가속도 센서를 이용한 지진 데이터 취득 시스템의 설계 및 구현", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 6, pp. 851~858, 2012.
- [2] 이병렬, 이승재, 문대중, 정진우 "저전력 MEMS 기반 3축 가속도계의 성능 시험", Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, Vol. 18, pp. 160 ~ 165, 2014.
- [3] Y. M. Wu and H. Kanamori, "Development of and earthquake early warning system using real-time strong motion signals," Sensors, 8, pp.1-9, 2008.
- [4] H. C. Chi et al, Designing of the National Earthquake Early Warning System and Expanding of Realtime Data Sharing, KIGAM, 2010.