

산업플랜트용 서지 측정 분석 장치 개발

김영진, 김재형, 장석훈*
 창원대학교 제어계측과, 한국전기연구원*

Development of the Surge Measurement System for Low Voltage Power Line of Industrial Plants

Y.J. Kim, J.H Kim, S.H Chang

Changwon National University Dept. of Measurement and Control, Korea Electrotechnology Research Institute.

Abstract - This paper deals with the surge measurement system for low voltage power line of industrial plants. It consists of a capacitive divider, A/D conversion part, signal processing and control part. A FPGA and a DSP board were designed to fast signal processing and control.

Also, in order to measure lightning surge and switching surge for a long time, data backup device was applied by using SD memory. A performance of the measurement system was verified through evaluation test using impulse calibration generator.

1. 서 론

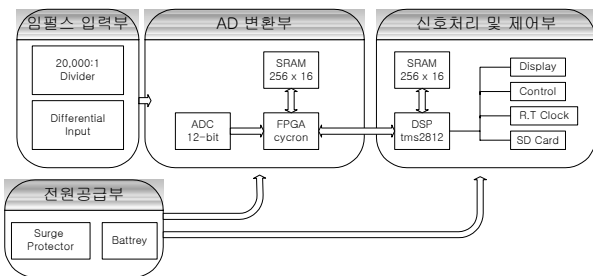
최근 산업플랜트를 비롯해 일반 수용가에서 뇌서지, 개폐서지 등의 과도 과전압에 의해 전기전자기기의 소손이나 오동작사고가 빈번히 일어나고 있다. 이는 디지털기술의 발달과 더불어 각종 전기전자기기의 고집적화, 소형화가 빠르게 진행됨에 따른 과도 과전압에 대한 기기의 내성 약화에 기인한다고 볼 수 있다. 또한 인버터 및 SMPS 같은 스위칭부하의 사용증가로 인한 노이즈 발생원의 증가 및 뇌우발생의 증가도 고장사고의 원인이 된다. 이와 같은 고장사고는 설비의 소손 등과 같은 직접적인 손실뿐만 아니라 정전이나 화재사고와 같은 2차적인 손실을 초래할 수 있으며 이로 인한 서비스의 중단은 사회적으로 막대한 손실을 유발한다. 이러한 문제에 대한 예방 및 대책 수립을 위해서는 국내에서 발생하는 서지를 포함한 과도전자기 발생 현황 및 특성분석에 대한 연구가 먼저 선행되어야 한다.

본 연구에서는 산업플랜트의 저압 전원선에서 발생하는 서지를 측정 분석하기 위해 장기간 모니터링 할 수 있는 서지측정장치를 설계하였으며 임펄스 발생기를 이용하여 특성분석을 수행하였다.

2. 본 론

2.1 서지 측정장치의 구성

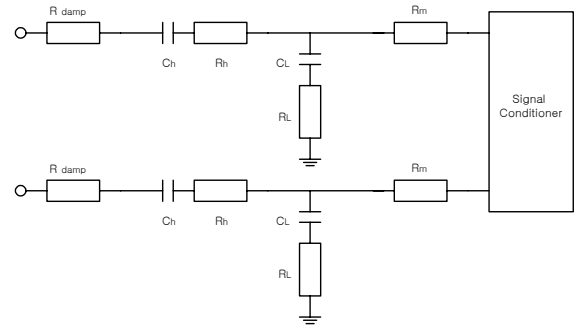
뇌서지 또는 개폐 서지 등과 같은 과도 과전압은 저압전원 계통에서 다양한 경로를 통해 유입되므로 이를 관측하기 위해서는 장기간 모니터링이 요구된다. 오실로스코프는 현재 측정된 이벤트만을 디스플레이 하므로 장기간 모니터링에 적합하지 않으며, 전력 분석장치는 장기간 모니터링 할수 있는 반면 데이터 샘플링 속도와 해상도가 낮아 수십 μs 정도의 과도현상은 측정이 불가능하다. 이에 본 연구에서는 고속 Controller인 DSP와 AD 변환된 데이터의 효율적이고 원활한 전송을 위해 FPGA를 이용하여 과도 전압 측정 및 장시간 모니터링 분석이 가능한 서지 측정 분석 장치를 개발하였다. 서지 측정 장치는 그림 1 과 같이 임펄스 입력부, AD변환부, Main Controller 부로 구성 되었다.



<그림 1> 서지 측정 분석장치의 구성

2.1.1 임펄스 입력부

서지는 수 MHz 대역의 고주파 성분을 포함하므로 이를 정확하게 측정하기 위해 광대역 Capacitive Divider를 이용하여 입력 회로를 구성하였다. 동시에 최대 20 kV의 임펄스를 측정하기 위해 20,000:1의 분압비를 적용하였다. 또한 동상모드 노이즈에 대한 특성을 개선하기 위해 차동입력방식으로 구성하였으며 개략도를 그림 2 에 나타내었다.



<그림 2> 서지 입력 회로

2.1.2 AD변환부

뇌임펄스 및 개폐서지 등을 측정하기 위해서는 고속의 Analog-to-Digital 변환기술이 요구된다. 본 연구에서는 임펄스 분압기를 통해 출력된 신호를 Signal Conditioning 회로를 이용하여 필터링 하였으며, Sampling Rate (50MS/sec)에 따른 Aliasing Error를 보완하기 위해 Anti-aliasing filter(4차 Lowpass filter)를 적용하였다.

고속 AD conversion시에는 AD converter의 Input Range가 낮게 제한되어 외부로부터의 노이즈에 민감하게 반응하므로 PCB 설계단계에서부터 세심한 주의가 요구된다. 이러한 외부 노이즈 영향을 최소화 하기 위해 Analog측 전원과 Digital측 전원을 분리하였으며 접지층도 고려하여 설계하였다.

변환된 디지털 신호의 처리를 위해서 일반적인 컨트롤러를 사용할 경우 Data를 빠른 속도로 처리하고 저장하기엔 속도적 제약이 있기 때문에 FPGA Device를 이용하여 고속신호처리 프로세서(클럭주파수 150MHz)를 하드웨어 적으로 구현하였다.

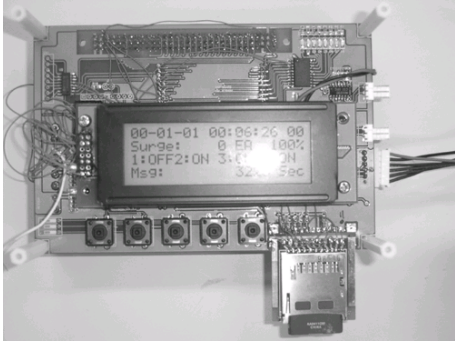
또한 측정기로 유입되는 신호중 노이즈 성분을 제외한 서지 신호만을 검출하기 위해 샘플링된 데이터의 평균을 비교하는 트리거 알고리즘을 적용하였다. 이 FPGA는 디지털 신호로 변환된 데이터를 순차적으로 SRAM에 임시 저장 하는 역할을 하며 트리거 신호에 의한 이벤트가 발생되었을 때는 발생 시점 전후의 일정시간 동안 서지에대한 데이터를 다시 상위 Process로 넘겨준다.

2.1.3 신호처리 및 제어부

전원 계통에 설치되어 발생하는 서지를 장시간 모니터링 하기 위해 는 측정된 데이터를 신속하게 처리할수 있는 대용량의 메모리가 요구된다. 본 연구에서는 이를 위해 최근 널리 사용되고 있는 SD 메모리를 적용하여 메인 컨트롤러를 구성하였다. 뇌임펄스와 서지는 어느때에 발생할지 예측하기가 어렵다는 특징이 있다. 때문에 입력되는 신호를 항상 저장 하는 것이 아니라 신호를 분석하여 이것이 뇌임펄스 또는 서지 인지를 판단하고 이를 효율적으로 저장하는것이 필요하다.

제어부는 DSP를 이용하여 설계하였으며 서지가 발생하였을 경우 이

를 SD Memory로 저장하는 역할과 전체 시스템을 제어하는 역할을 한다. 또한 AD변환부로부터 서지 발생 인터럽트가 발생되면 외부에 있는 Real Time Clock으로부터 시간 정보를 입력받아 FAT 형태로 SD Memory에 저장하고 평상시에는 SD Memory의 잔량, System의 현재 상태등을 Display 하는 기능을 수행 한다.



<그림 3> DSP 제어부

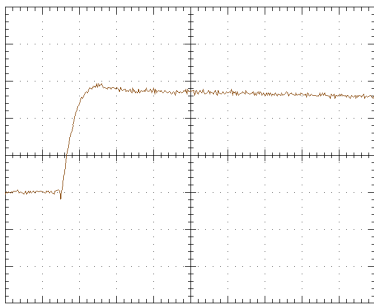
2.1.4 전원 공급부

서지 측정 시스템은 전원계통으로부터 유입되는 서지를 측정함과 동시에 시스템에 공급되어지는 전원측도 보호되어 져야한다. 즉, 발생된 서지의 외형없이 시스템의 전원부를 보호하기 위해서는 서지 디커플러 회로가 필요하며 본 연구에서는 인덕터와 SPD(Surge Protective Device)를 사용하여 구성하였다. 또한 정전 등의 고장사고시에도 일정시간 시스템을 구동시키기 위해 Battery를 이용한 보조 전원 시스템도 병행 하였다.

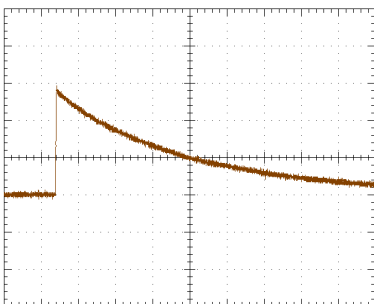
2.2 특성분석

서지측정 분석장치의 성능을 평가하기위해 Impulse Calibration Generator를 이용하여 표준 파형 인가시 응답 특성을 측정하였다. 시험에 사용된 장비 및 시험파형은 아래와 같다.

- 시험장비 : Impulse Calibration Generator
- 제조사 : DR. STRAUSS SYSTEM ELEKTONIK(독일)
- 모델명 : KAL 1000
- 인가파형 : 0.84/60 μ s
- 관련규격 : IEC 61083-1



(a) 파두부분 (0.8 μ s/div)



(b) 파미부분 (25 μ s/div)

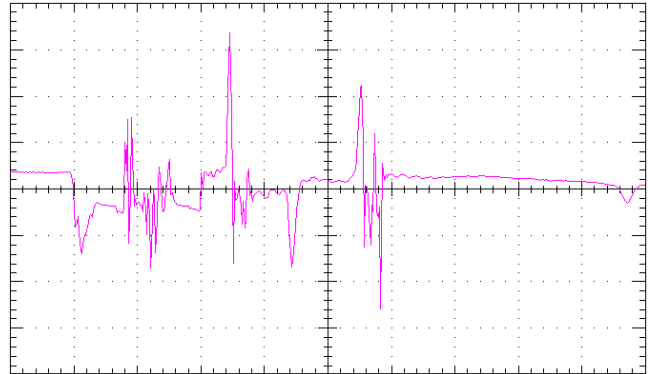
<그림 4> 서지측정기 측정파형 (0.84/60 μ s 인가시)

그림 4은 0.84/60 μ s 뇌임펄스 파형 인가시 측정기에 저장된 데이터를 PC에서 출력한 파형으로 뇌임펄스를 측정하기에 적합하다고 판단된다.

2.3 산업플랜트 서지 측정

개발된 서지 측정기를 산업플랜트 현장에 설치하여 뇌격시 220 V 저압 전원선을 통해 유입되는 서지를 측정하였다. 설치 장소는 낙뢰에 의한 피해가 빈번히 발생하는 수도관리 시설을 대상으로 하였으며 측정된 파형의 예를 그림 5에 나타내었다.

측정결과 1~2 kV정도의 서지가 빈번히 관측 되었으며 6 kV이상의 서지도 빈번히 관측 되었다. 이러한 결과는 국내의 서지의 빈도관측과 서지 피해에 대한 대책 설계의 기초 자료로 활용가능 하다.



(1 μ s/div, 2kV/div)

<그림 5> 실제 측정된 서지

3. 결 론

본 연구에서는 산업플랜트에서 발생하는 서지를 측정하기 위해 임펄스 입력부 AD변환부 제어부등으로 구성된 서지 측정 장치를 설계 제작 하였다. 수 MHz 대 고주파 서지를 측정하기 위해 캐패시티브 디바이더를 입력단에 적용하였으며 FPGA와 DSP 설계를 통해 빠른 신호처리가 가능하도록 설계 하였다. 또한 장시간 모니터링을 위해 대용량의 SD 메모리 저장 시스템을 구현 하였으며 적합성 검토를 위해 실제 서지관련 국제 규격을 참고하고 Impulse Calibration Generator를 이용하여 뇌임펄스 교정시험을 하였다.

본 시스템을 산업플랜트 현장에 설치하여 관측한 결과 수 kV의 서지 전압이 관측 되었으며 이러한 자료는 국내 서지 대책 설계의 기초 자료로 활용 가능하다.

[참 고 문 헌]

[1] M. Capelli - Schellpfeffer, M. Toner, "Advances in the Evaluation and Treatment of Electrical and Thermal Injury Emergencies", IEEE Trans. Ind Appl., Vol.31, o.5, pp.1147~52, 1995
 [2] IEC 61083-1 : Instruments and software used for measurement in high-voltage impulse tests - Part 1 : requirements for instruments
 [3] ANSI/IEEE Std. C62.41-1991, IEEE Guide for Surge Voltage in Low-Voltage AC Power Circuits. pp.22~58, 1991