

피뢰기 관리를 위한 서지카운터의 설계 및 제작

Design and Fabrication of a Surge Counter for Arrester Maintenance

길경석*, 송재용**, 김일권***, 문승보****, 차명수****

G. S. Kil*, J. Y. Song**, I. K. Kim***, S. B. Moon****, M. S. Cha****

ABSTRACT

Conventional surge counters set up in grounding wire of lightning arresters measure only surge frequency, and do not provide enough data on surge current. However, we need many parameters like the amplitude, the polarity and the occurred time as well as frequency of surge currents to estimate the arrester condition.

In this paper, we designed and fabricated a surge counter based on a microprocessor technology, which can measure the majority of parameters mentioned above. An exclusive sample and peak-hold IC was adopted to detect the amplitude of surge current having a short duration. The occurred time of surge current is offered from the real-time-clock (RTC) chip, and all the acquired data are saved on a 256kB E²PROM. Also, these data are transmitted to a personal computer by a serial communication protocol.

1. 서 론

전력계통에서 피뢰기는 낙뢰와 같은 외부의 과전압이나 스위치 조작시 발생하는 개폐 서지 등 계통의 내·외부 과도전압에 대해 전력설비를 절연레벨이하에서 보호하는 역할을 한다⁽¹⁾. 피뢰기는 송변전 및 배전 계통뿐만 아니라 전기철도용 변전소, 급전선로와 전기철도의 차량에도 절연협조를 고려하여 무공극 산화아연형 피뢰기를 설치하고 있다. 이들 피뢰기는 서지에 대한 반복적인 보호동작이나 전원 과전압 그리고 사용 환경에서의 흡습 등으로 열화가 진전되며, 열화된 피뢰기는 열폭주(thermal runaway) 단계를 거치면서 단락 또는 지락사고를 발생시키게 된다⁽²⁾.

국외에서는 과거 20여년 전부터 피뢰기에 의한 사고를 예방하고자 많은 연구가 진행되었으며, 그 결과 피뢰기의 성능향상, 진단기술 및 장치의 상용화로 피뢰기에 의한 전력공급사고가 감소되는 성과가 있었다. 그러나 전력계통망의 복잡화, 전기사용의 급증, 대용량 기기의 사용 등으로 피뢰기로 인한 사고는 아직도 일정 수준 이상을 유지하고 있어 이에 대한 연구는 지속적으로 진행되고 있다⁽³⁾⁻⁽⁵⁾.

특히, 전기철도와 같이 인력수송을 담당하는 수송설비에서 전력공급의 중단은 심각한 기술적, 경제적 손실은 물론 사회적 문제를 발생시킬 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 더욱 활발히 진행되고 있는 실정이다.

피뢰기 상태 진단의 한가지 방법으로서 피뢰기는 전원 과전압에 대해서도 열화가 진행되지만, 전원 전압이 안정한 조건에서는 서지에 의한 방전전류의 크기와 빈도가 수명에 가장 큰 영향을 주므로 서지 카운터에서 제공하는 정보로 1차적 관리를 하고 있다.

* 한국해양대학교 부교수, 정회원

** 한국해양대학교 전기전자공학부 Post-doc, 정회원

*** 한국해양대학교 대학원 박사과정, 정회원

**** 한국해양대학교 대학원 석사과정, 정회원

현재 상용화되어있는 서지카운터는 일정 전류이상이 되면 동작 횟수만 기록하는 것으로 발생빈도만 알 수 있으며, 발생일시와 극성, 크기에 대한 정보는 제공하지 못하기 때문에 피뢰기 관리에 충분한 정보를 제공하고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 피뢰기 진단관리의 효율성과 신뢰성을 향상시킬 목적으로 서지의 발생일시, 방전전류의 크기 및 극성, 동작빈도를 계측할 수 있는 서지카운터를 설계·제작하였다.

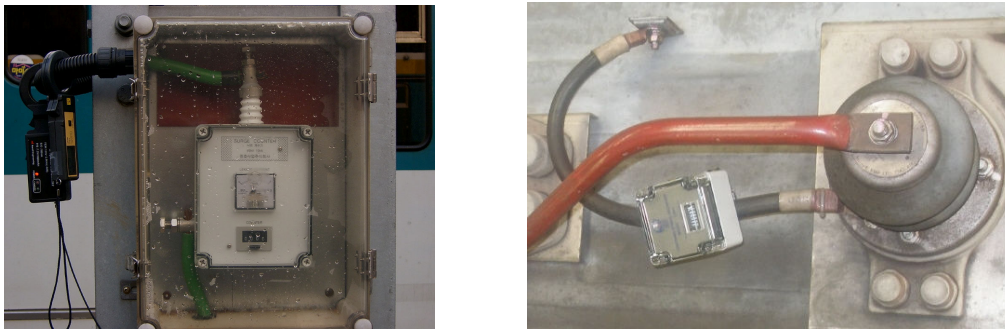
2. 서지카운터

서지카운터는 낙뢰의 관측, 서지전류의 관측이 목적이므로 피뢰침, 전력계통 및 피뢰기 접지선에 설치하며, 이들 정보로부터 절연레벨의 협조, 기기의 뇌충격전류 내량 선정과 피뢰기의 상태를 진단하는데 이용하고자 하는 것이다. 이미 전력계통에서는 20여년 전부터 그림 1에서와 같이 발변전소의 피뢰기 접지선에 설치하고 있으며, 모두 전류 구동형으로 미리 설정한 전류값 이상에서 동작하는 방식이다.

전류 구동형 서지카운터의 구성은 그림 2와 같으며, 접지선에 관통형 변류기 또는 막대형 자극을 설치하고 수 십 ~ 수 백 kHz 성분의 방전전류가 피뢰기 접지선을 흐를 때 전자유도작용으로 서지카운터의 검출코일에 전압을 만들어내어 이를 전자식(電磁式) 카운터의 구동전원으로 이용한다. 서지전류에 대해 변류기에 유기되는 기전력 $e(t)$ 는 다음 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$e(t) = \mu_0 n A \frac{di}{dt} \quad (1)$$

유기된 기전력 $e(t)$ 의 크기는 정류회로에서 직류로 변환되어 카운터를 동작시킨다. 또한 서지전류를 경우, 변류기 2차회로에 소손을 발생시킬 수 있으므로 변류기 2차측에 병렬로 산화아연형 바리스터(MOV)를 설치하여 회로를 보호한다.



(a) 철도용 변전소의 피뢰기 접지선 (b) 차량탑재용 피뢰기 접지선

그림 1 서지카운터의 사진

Fig. 1 Photographs of surge counter

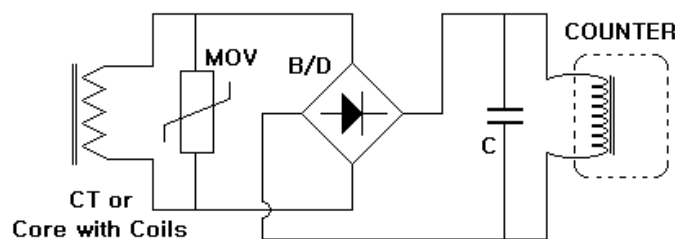


그림 2 전류 구동형 서지카운터의 구성

Fig. 2 Configuration of the current-drive surge counter

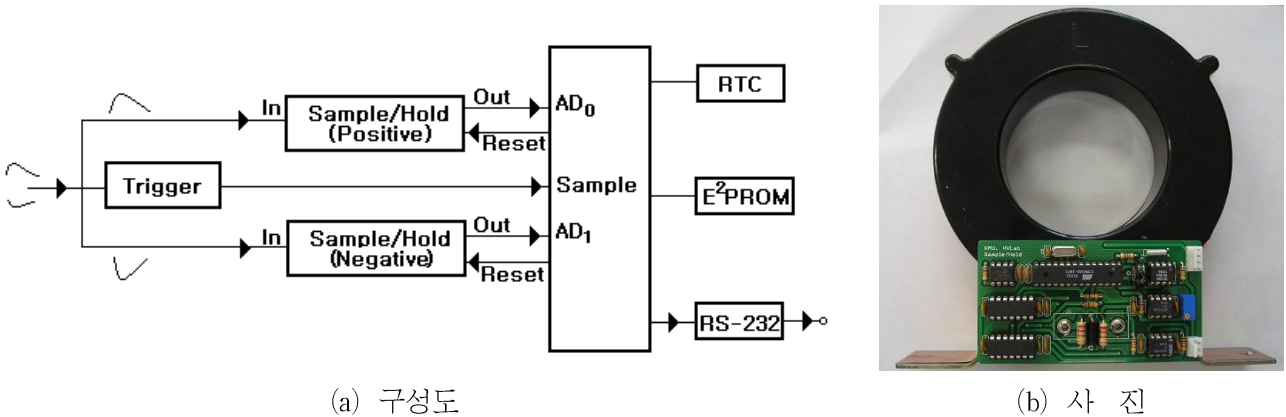
이와 같이 전류구동형 서지카운터는 전자유도작용에 의해 서지전류를 검출하고 카운터를 동작시키므로 피측정회로에 영향을 주지 않고 안정적으로 서지를 관측할 수 있는 장점이 있으나, 설계시 정해놓은 값 이상의 전류에서만 동작하므로 서지의 극성, 크기에 대한 정보는 얻을 수 없는 단점을 가지고 있다.

3. 설계 및 제작

서지전압·전류는 수 ~ 수 십 μ s 동안 발생하므로 서지파형에 대한 정보를 획득하려면 10 MS/s 이상의 고속 샘플링 동작을 하는 고가의 A/D 변환기와 복잡한 주변회로의 구성이 요구된다. 서지파형의 기록이 가능한 전력분석기를 제외하면 현재의 서지카운터는 전술한 바와 같이 단순히 설정 레벨이상의 서지전류의 발생만을 측정한다.

그러나 피뢰기 관리의 효율성과 신뢰성을 향상시키기 위해서는 서지의 발생일시, 방전전류의 크기 및 극성, 동작빈도를 분석할 수 있어야 하므로, 본 연구에서는 그림 3과 같은 구성의 서지카운터를 설계·제작하였다. 범용의 샘플/홀드(Sample/Hold)전용의 IC를 채택하여 원칩 마이크로프로세서에 내장된 저속의 A/D변환 기능으로 상기 정보를 얻을 수 있다.

본 서지카운터는 서지전류 검출센서인 변류기, 트리거 회로, 샘플/홀드 회로, RTC(Real Time Clock), 휘발성 메모리(E²PROM)와 원칩 마이크로프로세서(ATmega 16L)로 구성된다. 서지 발생시 시간적 동작은 그림 4와 같이 트리거 회로에서 신호발생을 검출하여 마이크로프로세서에 전송하면 마이크로프로세서에서는 일정시간 경과 후 S/H 회로의 출력전압을 Sample 상태에서 읽고 Reset 신호로 Hold 상태를 유지하면서 다음 신호에 대기한다.



(a) 구성도

(b) 사진

그림 3 제안한 서지카운터의 구성

Fig. 3 Configuration of the surge counter

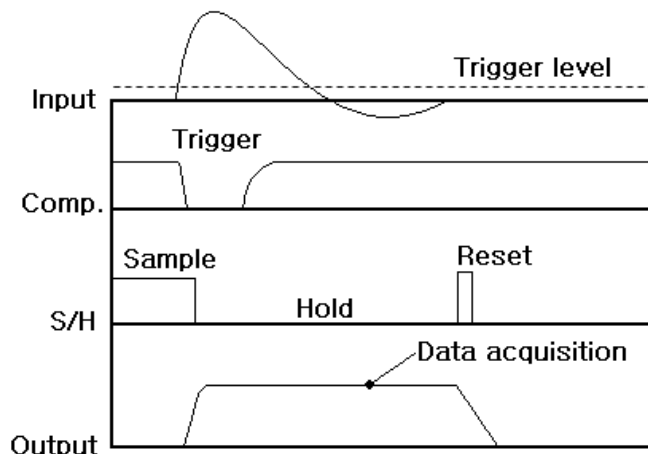


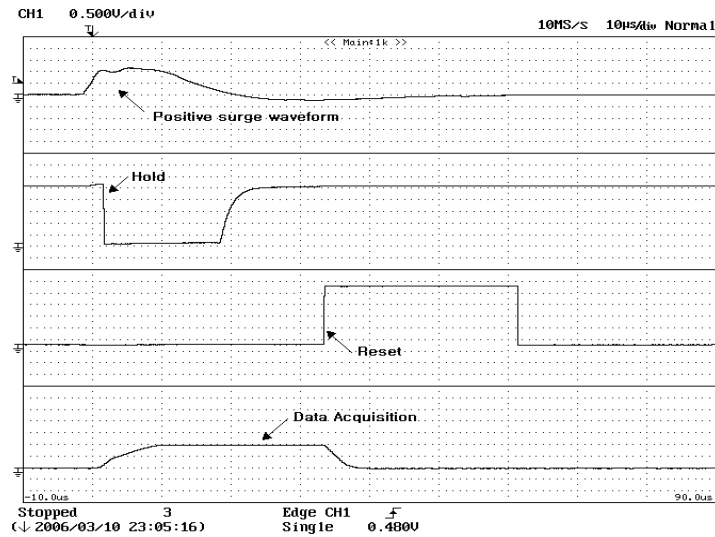
그림 4 시간 흐름도

Fig. 4 Time chart

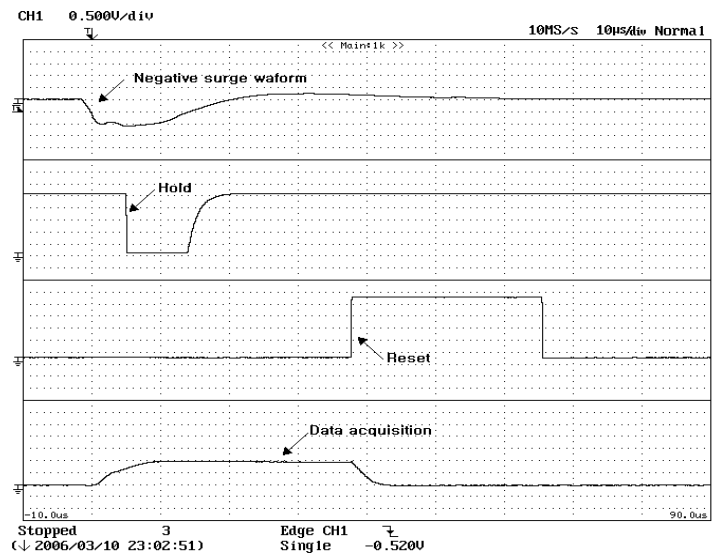
서지전류의 극성은 미리 판단하지는 않으며, 어떠한 신호가 입력되더라도 정극성과 부극성 입력값을 모두 읽어 들이고 각각의 최대값을 나타내므로 결과값으로부터 극성을 분석할 수 있다. 동시에 서지발생에 관한 정보는 발생시각과 함께 내장된 메모리에 기록된다. 저장된 정보는 서지카운터의 소형화, 저전력화와 광범위한 적용을 위해 RS-232출력을 내장하여 휴대용 컴퓨터의 접속으로 확인할 수 있다.

4. 실험 및 평가

시제작한 서지카운터의 서지전류에 대한 검출특성을 평가하기 위하여 $8/20\mu s$ 정극성 및 부극성 뇌서지 전류를 발생시켜 관통형 변류기에 인가하고, 이 때 인가전류의 파형과 서지카운터의 동작을 분석하였다. 서지전류의 측정 범위는 변류기의 출력저항과 분압회로에 의해 조정이 가능하며, 본 연구에서는 $100 A \sim 5 kA$ 로 설정하였다. 정극성 및 부극성 뇌서지 전류에 대한 분석 예를 그림 5에 나타내었다. 뇌서지 전류의 입력시 설계된 프로그램에 의해 동작함을 확인하였으며, 샘플값(S/H 출력 또는 A/D 변환기 입력값)은 5 kA까지 선형적으로 나타났다.



(a) Positive polarity



(b) Negative polarity

그림 5 서지기록에 시간 흐름도

Fig. 5 Time flow for the surge event

그림 6에는 서지카운터의 내장 메모리에 저장되어있는 데이터를 시리얼 통신으로 개인용 컴퓨터에 다운로드하여 출력한 예를 나타낸 것이다. 발생시각과 서지전류의 크기 및 극성을 나타내고 있다.

Date	Time	Pos.	Neg.
2006/03/12	17:36:40	43	- 197
2006/03/12	17:38:04	84	- 376
2006/03/12	17:38:45	23	- 0
2006/03/12	17:40:44	66	- 312
2006/03/12	17:41:07	89	- 364
2006/03/12	17:43:23	22	- 101
2006/03/12	17:43:52	46	- 208

그림 6 측정 데이터의 예

Fig. 6 Example of acquired data

5. 결 론

서지카운터는 피뢰기 관리에 있어 중요한 정보를 제공한다. 본 연구에서는 서지전류의 크기 및 극성, 발생일시, 빈도 등을 계측할 수 있는 소형의 고기능 서지카운터를 설계·제작하였다. 샘플/홀드 전용의 IC를 적용하여 서지 파형을 분석함으로써 원칩 마이크로세서에 내장되어 있는 저속 샘플링의 A/D 변환기로도 충분히 상기 정보를 획득할 수 있도록 하였다. RTC와 E²PROM을 내장하여 계측된 정보가 휘발성메모리에 시간정보와 함께 저장되며, 이들 정보는 시리얼통신포트에 접속하여 확인할 수 있는 구성이다. 본 서지카운터의 적용으로 전력계통에 발생하여 피뢰기에 침입하는 서지전류에 대한 제반정보를 알 수 있으므로 피뢰기의 관리는 물론 계통의 보호협조 및 절연협조 등에 필요한 기초 자료로 충분히 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-B-138)주관으로 수행된 과제임.

참고문헌

1. IEC Publication 60099-4, Surge arresters - Part 4 : Metal-oxide surge arresters without gaps for a. c. systems, 2003.
2. Peter Hassel, Overvoltage protection of low-voltage systems, The Institution of Electrical Engineers, p.358, 2004.
3. A. Haddad et al., "An Improved non-inductive impulse voltage measurement technique for ZnO surge arresters", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.10, No. 2, pp.778~785, 1995.
4. O. Nigol, "Methods for Analyzing the Performance of Gapless Metal Oxide Surge Arresters", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 7, No. 3, pp.1256~1262, 1992.
5. Gyung-Suk Kil, et al., "Electrical Characteristic Changes of ZnO Blocks by a Lightning Impulse Current and an Expert System to Diagnose Deterioration of Lightning Arresters", Proceedings of ICEE 2001, Vol. 2, pp.1281~1284, 2001.