

---

# 변전소내 정보기기에서 서지의 측정과 분석

송재용\* · 박대원\* · 서황동\* · 한주섭\* · 길경석\*

## Measurement and Analysis of Surges on Information Devices Installed in a Power Substation

Jae-yong Song\* · Dae-won Park\* · Hwang-dong Seo\* · Joo-sup Han\* · Gyung-suk Kil\*

---

이 논문은 정보통신연구진흥원 주관 정보통신기초연구지원사업의 지원으로 수행되었으며  
관계부처에 감사드립니다.

---

### 요 약

본 논문은 변전소내 정보기기에 나타나는 서지전압·전류의 측정 결과에 대해 기술하였다. 서지전압·전류 관측을 위한 전력분석기는 전력용 변압기와 개폐기 주변의 신호선에 설치하였으며, 전력분석기의 시간분해능은 4 MS/s이다.

측정된 서지전압·전류의 크기는 각각 500~1,300V와 500~3,100A 이었으며, 측정기간 동안 평균 5~10회/일 이상의 서지가 기록되었다. 따라서 고전압 전력설비 주변에 설치되는 정보기기는 설치환경에 나타나는 서지의 크기를 고려하여 설계되어야 할 것이다.

### ABSTRACT

This paper deals with the analysis results of surge voltage and current measured on information devices installed in a power substation. The power recorder to measure surge voltage and current was connected to signal lines near power transformers and switches, and the time resolution of the power recorder is 4 MS/s.

Peak value of the measured surge voltage and current were ranges of 500~1,300V and 500~3,100A, respectively. During the period of measurement, over 5~10 events per day were recorded. Consequently, information devices installed in around high voltage power facilities should be designed considering the surge voltage and current caused in the condition.

### 키워드

surge voltage, surge current, information devices, power recorder, power transformer

### 1. 서 론

최근 반도체 집적 기술의 발달로 많은 기기가

소형 경량화 되고 있는 추세이다. 이와 더불어 정보통신 기술을 접목한 원격 계측 및 제어가 가능하게 되어 많은 분야에서 응용되고 있다. 정보통신

기술을 기반으로 하는 원격제어감시 시스템은 원격지에서 정보를 통신망을 통하여 중앙에 전송하고, 중앙감시센터에서는 원격지 정보를 상시 계측하고 감시할 수 있다.

이와 같은 원격제어감시 시스템은 인건비 절감 등에는 효과가 있으나 유지 보수 측면에서는 여러 가지 문제점을 안고 있다. 특히, 원격제어감시 시스템의 구축은 대부분 인적이 드문 장소에 설치되는 경우가 많다. 따라서 원격지에 설치된 정보기기의 오동작으로 인하여 원격지의 정보가 정확히 전달되지 못한다면 정상상태를 고장상태로 오인하여 불필요한 인원투입 등의 문제가 있으며, 이와 반대로 고장상태를 정확히 파악하지 못할 경우에는 대형 사고로 이어지는 경우가 발생하므로 소형 정보기기는 높은 신뢰성이 요구되어진다.

특히, 이들 소형 정보기기는 외부의 서지나 노이즈에 대한 취약성을 가지므로 이에 대한 보호대책이 절실히 요구되고 있다<sup>[1-3]</sup>. 그러나 원격지에 설치되는 대부분의 기기는 서지에 대한 보호대책이 취약하거나 전혀 대책이 마련되어 있지 않은 경우가 많다. 이는 서지에 대한 기본적인 이해가 부족하고, 보호레벨을 설정하는 것이 애매하기 때문이다. 만일 원격감시 시스템이 설치되는 곳에서 서지 발생의 빈도 및 크기를 알 수 있다면 보다 정확한 보호대책이 이루어질 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 원격감시 시스템으로 운용되고 있는 변전소내의 피뢰기 누설전류 검출장치에서 발생하는 서지를 측정·분석하였다.

## II. 측정 장치의 설치

소형 정보기기를 이용한 자동화 기술은 전력계통분야에서도 예외는 아니어서 송·배전 계통의 자동화, 무인변전소의 설치 등 자동화 및 원격제어감시 시스템 구축이 날이 증가하고 있다. 현재의 시스템은 제어 및 감시를 위한 유인변전소 1개소에 다수의 무인변전소가 설치되는 형태이며, 무인변전소의 상태를 통신선로를 통해 원격으로 전달하여 감시가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 전력계통 분야에서 피뢰기 열화 감시를 위한 피뢰기 누설전류 검출장치에서 발생하는 서지 전압 전류를 측정하였다. 측정위치로는 그림 1과 같이 변전소내 154 kV/66 kV 변환 전력용 변압기 주위의 피뢰기에 설치되는 누설전류 검출장치에서 발생하는 서지 전압·전류를 측정하였다.

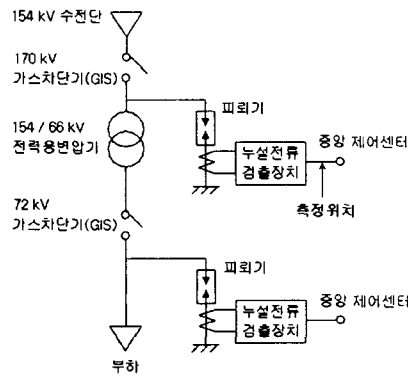


그림 1 서지의 측정 위치  
Fig. 1 Measuring point of surge

피측정 대상인 피뢰기 누설전류 검출장치는 피뢰기 열화 감시를 위해 설치되는데 전력계통에서 측정된 누설전류의 크기를 중앙감시센터로 전송하여 원격에서 모니터링하게 된다. 누설전류 검출장치의 상태를 중앙에서 모니터링하기 위하여 4-20 mA 전류 변환을 이용하며, 검출신호는 동축케이블 RG-58를 통하여 중앙으로 전송된다.

서지의 발생은 신호선 및 차폐선에 동시에 발생할 수도 있으며, 신호선 또는 차폐선의 어느 한쪽에만 발생할 수도 있기 때문에 신호선과 차폐선에서 각각 서지 전압 및 전류를 측정하였다. 서지 전압·전류의 측정에는 전력분석용 장비인 RPM-1650 Power Recorder(FLUKE, 4MS/s)를 사용하였다. 측정 장치의 접속은 그림 2와 같이 신호선 및 차폐선에 각각 전압 프로브와 전류 프로브를 연결하였다. 전류 프로브는 주파수 범위를 고려하여 로고스키 코일을 이용하였다.

그림 2와 같이 Power Recorder를 접속하여 154 kV/66 kV 전력용 변압기에 접속된 피뢰기 누설전류 검출장치에서 1주 동안 서지 전압·전류를 측정하였다.

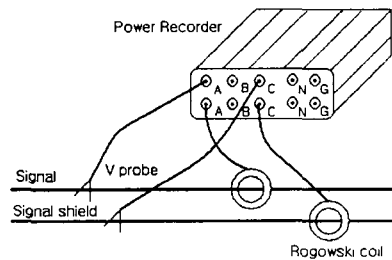


그림 2 Power Recorder의 결선  
Fig. 2 Connection diagram of the power recorder

### III. 측정 결과 및 분석

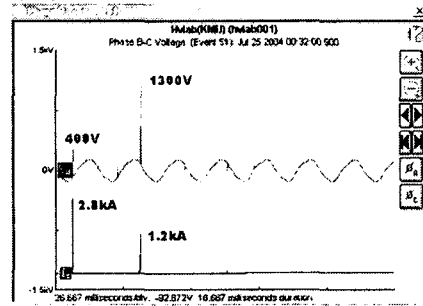
측정결과 많은 서지가 관측되었으며, 이 기간 중 누설전류 검출장치가 소손된 경우도 발생하였다. 이는 서지전압·전류의 지속적인 발생으로 인하여 소손된 것으로 판단된다.

측정결과 대표적인 서지의 크기는 서지전압의 경우 500 V ~ 1,300 V 정도의 것이 대다수였으며, 서지전류는 500 A ~ 3.1 kA까지 측정되었다.

그림 3에서 그림 5에는 측정된 서지 파형을 나타내었다. 측정된 서지는 신호선과 차폐선에 약간의 시간차를 두고 거의 같은 시간대에 다발적으로 발생하는 경우도 있었으며, 어느 한쪽에만 나타나는 경우도 있었다.

그림 3은 신호선 및 차폐선에서 관측된 서지전압·전류 파형을 나타낸 것으로 동일한 시간(2004년 7월 25일 00시 32분)에 측정된 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 외부로부터의 서지는 약간의 시간차를 두고 거의 동시에 발생하기 때문에 서로 상쇄되지 못하고 누설전류 검출장치 출력단에 그대로 인가된다.

누설전류 검출장치 내에는 외부로부터 침입하는 서지에 대한 대책으로 보호회로를 내장하고 있지만, 과도한 서지전압·전류가 침입하거나 다소 낮은 전압·전류일지라도 발생빈도가 많으면 빨리 열화되고, 파괴에 이르게 된다. 보호회로가 파괴될 경우 누설전류 검출장치는 일시적인 장애 및 영구적 손상을 가져올 수 있다. 또한 누설전류 검출장치의 소손으로 사고가 파급되어 2차 사고를 유발하기도 한다.

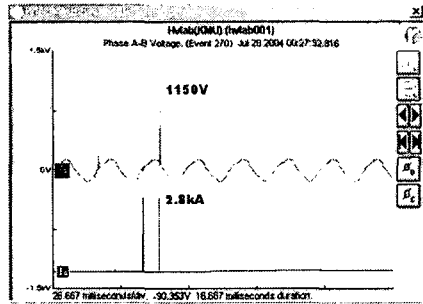


(b) 차폐선

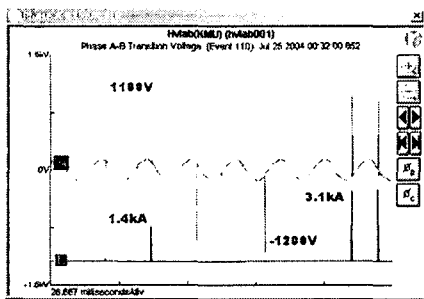
그림 3 측정된 서지 파형

Fig. 3 Typical measured surge waveforms

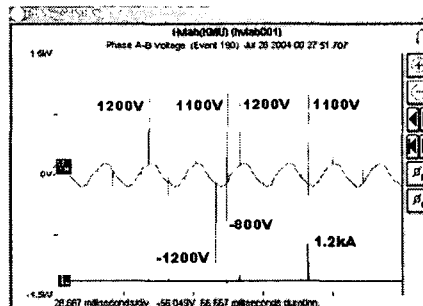
그림 4는 신호선에서 측정된 서지 파형의 예를 나타낸 것으로, 서지전압과 전류가 동시에 관측되는 예가 대부분이었다. 그림 (b)와 같이 짧은 시간 동안 정·부극성 서지전압이 동시에 관측되는 경우도 있었다.



(a) 서지 파형 1



(a) 신호선

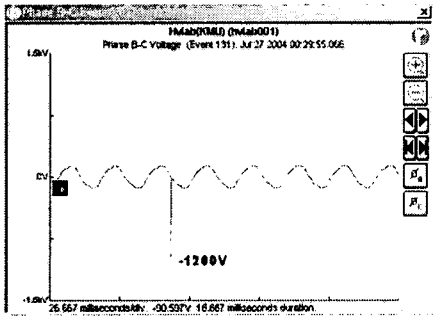


(b) 서지 파형 2

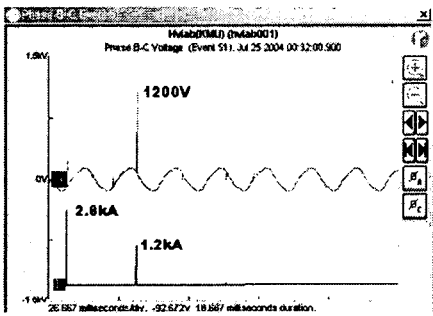
그림 4 측정된 서지 파형의 예(신호선)

Fig. 4 Typical measured surge waveforms

그림 5는 차폐선에서 발생한 서지 파형의 예를 나타낸 것으로 대부분의 서지전압·전류의 크기가 크고, 특히 서지전류는 2.8 kA 이상의 것이 대부분으로 대단히 큰 전류 값을 가지는 것이 많이 관측되었다.



(a) 서지 파형 1



(b) 서지 파형 2

그림 5 측정된 서지 파형의 예(차폐선)  
Fig. 5 Typical measured surge waveforms

1주간 측정한 결과 서지의 발생빈도는 표 1과 같이 관측되었다. 측정결과 정극성의 서지가 부극성에 비해 많은 것으로 측정되었으며 대부분 신호선에서 많은 서지전압 및 전류가 측정되었다.

표 1. 서지 발생 분포  
Table 1 Distribution of surge event

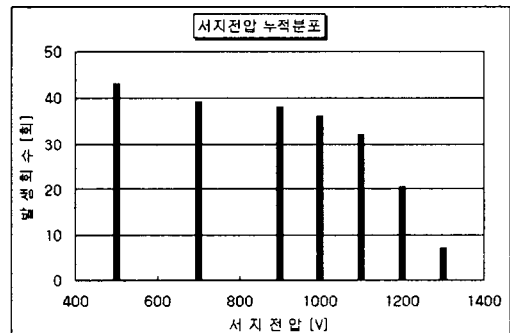
구 분		신호선	차폐선
서지전압	정극성	29회	4회
	부극성	5회	5회
서지전류		23회	4회

이러한 측정결과를 토대로 서지에 대한 보호회로 구성할 때 신호선에 보다 서지내량이 큰 보호소자를 사용하거나 여러 가지 보호 소자를 조합한 하이브리드형으로 서지보호회로를 구성하여야 보다 효과적인 보호가 가능할 것이다.

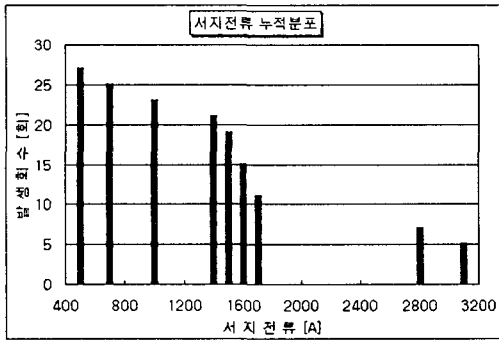
그림 6에는 서지전압·전류의 누적 분포를 나타낸 것이다. (a)는 서지전압의 누적분포를 나타낸 것으로 1,000 V에서 1,300 V 사이의 서지전압이 대다수 관측(전체 관측 서지의 84 %)되었으며, 500 V 미만의 서지전압은 관측되지 않았다.

그림 (b)는 서지전류의 누적 분포를 나타낸 것으로 500 A ~ 3.1 kA 까지 측정되었으며, 1.5 kA 이상의 전류가 전체의 70 % 정도를 차지하며, 2.8 kA 이상의 서지전류가 7회나 관측되어 이에 대한 적절한 보호대책이 요구된다.

본 연구에서 피측정 대상으로 한 누설전류 검출 장치는 내부에 서지 보호회로가 접속되어 있는 경우로 관측된 서지전류의 분포로 볼 때 보호회로에 의한 지속인 보호동작이 이루어지고 있음을 유추해 볼 수 있다. 만일 피측정 대상에 보호회로가 존재하지 않거나 부적절하게 설치된 경우에는 관측된 서지로 인한 장치의 일시적인 장애나 영구적 손상을 가져 올 수 있다. 특히 전기전자기기의 서지에 관한 내성을 규정하고 있는 국제규격 IEC 61000-4-5 및 국내규격 KS C 0266에서는 서지전압 및 전류에 대하여 1.2/50  $\mu$ s 4.2 kV, 8/20  $\mu$ s 2.1 kA 로 규정하고 있다[4]~[6]. 그러나 측정결과를 분석해보면 2.1 kA 이상의 전류가 7회나 관측되고 있으므로 규정에 정의된 것보다 다소 높은 레벨의 보호 성능을 가지는 것이 요구된다. 따라서 본 연구에서 측정된 결과를 고려하여 보다 적절한 보호 장치의 구성이 필요하다.



(a) 서지전압 누적 분포



(b) 서지전류 누적 분포

그림 6 서지전압 및 전류의 누적 분포  
Fig. 6 Distribution of surge voltage and current

그림 7은 측정 기간동안 일별 서지 발생빈도를 나타낸 것으로 매일 서지전압·전류가 측정되었으며, 10회 이상 측정된 날도 있었다. 측정 기간동안 발생한 서지 발생빈도는 1일 평균 대략 5~10 회로 측정되었다. 특히, 7월 24일부터 7월 26일 사이에 발생한 서지전압 및 전류는 각각 27회와 23회로 측정된 서지의 50% 이상을 차지한다. 이는 단기간 동안 집중적으로 서지가 발생한 것으로 보호회로 구성시 단기간에 집중되는 서지에 대한 평가도 고려해야 할 것이다.

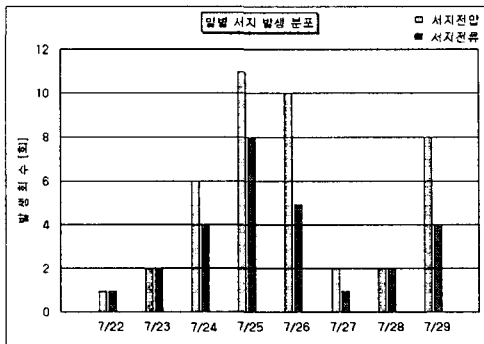


그림 7 일별 서지 발생분포  
Fig. 7 Distribution of surge event

#### IV. 결 론

본 연구에서는 전력계통 분야에 적용되고 있는 소형 정보화 기기 중 피뢰기 누설전류 검출장치에

서 서지전압·전류를 측정하였다.

신호선과 차폐선에서의 서지전압은 500 V ~ 1,300 V 사이의 전압이 측정되었으며, 신호선에 보다 많은 서지전압이 관측되었다. 특히, 1,000 V 이상의 서지전압이 전체의 84 % 정도로 관측되었다.

서지전류는 500 A ~ 3.1 kA의 범위에서 관측되었으며, 2.8 kA 이상의 대단히 큰 서지전류도 7회나 측정되었다. 이는 누설전류 검출장치에 설치된 서지 보호소자가 외부 서지에 대한 보호동작을 수행하는 동안 발생하는 것으로 판단된다. 특히, 국내의 규정에 정의된 서지전류의 크기보다 높은 전류도 관측되었다.

또한 단기간동안 많은 서지전압 및 전류가 집중적으로 관측되었는데 1일 평균 5~10회 정도로 측정되었다.

서지의 측정결과, 발생하는 서지전압·전류는 소형 정보기기에 손상을 줄 만큼 충분한 에너지를 가지고 있었다. 따라서 정보통신기기의 신뢰성 확보를 위하여 서지전압·전류에 대한 보호대책이 마련되어야 하며, 서지 차단레벨이나 용량 결정시는 대상규격을 만족하는 것보다 피보호기기가 설치되는 환경에서 발생하는 서지전압·전류를 관측하여 결정하여야 할 것이다.

향후에는 보다 많은 정보기기에 대한 서지 관측을 수행할 것이며, 관측 결과를 토대로 정보기기의 서지에 대한 보다 적절한 보호 레벨 및 회로 등을 제시하고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] S. B. Smith and R. B. StaSndler, "The Effects of Surges on Electric Appliances", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 7, pp. 127 5~1282, 1992.
- [2] Bachman, L. Gullberg, F. Stricker, and H. Sachs," An Assessment of shipboard Power Line Transients", IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, pp. 218~223, 1981.
- [3] 길경석, "정보통신기기용 과도이상전압의 고속도 차단장치의 설계 및 제작", 대한전기학회 논문지, Vol. 48, No. 1, pp.51~56, 1999
- [4] IEC 61000-4-5, Surge immunity test, pp. 6 0~77, 1999.
- [5] IEEE C62.41 IEEE Recommended Protective on Surge Voltages in Low-Voltage AC

Power Circuit, 1991.

[6] KS C 0266, 산업용 설비에서의 전자파 적합성에 관한 기술지침, 1998.

저자 소개

**송재용(Jae-yong Song)**



1997년 2월 한국해양대학교 전기공학과 공학사

1999년 2월 한국해양대학교 전기공학과 공학석사

1999년 3월-현재 한국해양대학교 전기 전자공학과 박사과정

※ 관심분야 : 고전압 발생 및 계측, 전력설비 열화 진단기술

**박대원(Dae-won Park)**



2003년 8월 한국해양대학교 전기공학과 공학사

2003년 9월 - 현재 한국해양대학교 전기전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : 서지 방호기술

**서황동(Hwang-dong Seo)**



2002년 2월 한국해양대학교 전기공학과 공학사

2004년 3월 현재 한국해양대학교 전기전자공학과 석사과정

※ 관심분야 : 전력설비 열화진단 기술

**한주섭(Joo-sep Han)**



1997년 2월 부경대학교 제어계측공학과 공학사

1999년 2월 한국해양대학교 전기공학석사

2003년 2월 한국해양대학교 전기공학과 공학박사

※ 관심분야 : 고전압 발생 및 계측, 피뢰기 열화 진단기술

**길경석(Gyung-suk Kil)**



1984년 2월 인하대학교 전기공학과 공학사

1987년 8월 인하대학교 전기공학과 공학석사

1996년 2월 인하대학교 전기공학과 공학박사

1996년 4월 - 현재 : 한국해양대학교 전기전자공학부 부교수

※ 관심분야 : 고전압 발생 및 계측, 전력설비 열화 진단기술