

# 서-지차단장치 내장형 단위세대 분전반의 특성

°이종혁, 송재용, 이종호, 홍경민, 길경석\*  
신동아전기(주), \*한국해양대학교 전기공학과

## Characteristics of a Home Panel Board with Surge Protection Device

°Jong-Hyuk Lee · Jae-Yong Song · Jong-Ho Lee · Gyung-Min Hong · Gyung-Suk Kil\*  
Shin Dong-A Electric Co. \*Korea Maritime University

### ABSTRACT

We developed a home electric panel board with surge protection device to protect home electric appliances from transient overvoltages and electromagnetic(EM) noise. In this paper, electrical characteristics of the home electric panel board are described.

From the performance test using a combination surge generator standardized in IEC 61000-4-5, it is confirmed that the proposed home panel board has an excellent surge protection performance. Also, EM noise reduction characteristics of the panel board in ranges from 150 kHz to 30 MHz is estimated by using a network analyser, and the results showed that the panel board has an over 20 dB noise reduction performance.

### 1. 서 론

전기·전자기기의 소형·경량화와 초고속 종합 정보통신망의 확대보급으로 서-지 내성이 취약한 전자기기의 사용이 증가하고, 인버터와 같은 고주파 이용기기가 널리 보급되면서 서-지와 노이즈의 발생가능성이 증가함에 따라 H/W와 S/W이 운영에 많은 기술적, 경제적 손실이 발생하고 있으며, 이에 대한 보호대책이 절실히 요구되고 있는 실정이다[1],[2].

서-지 전압·전류에 대한 보호대책은 전원 또는 신호회로에 침입한 서-지 전압·전류가 피보호기기가 접속된 계통의 전기적 특성에 따라 크기와 파형이 달라지며, 이에 대한 피해 정도도 기기 자체의 내과전압 특성에 의존하므로 충분한 기초적 자료와 기술이 축적되어 있어야 한다.

국내의 경우, 송·배전계통의 뇌 보호대책에 대한 연구는 일찍부터 꾸준히 진행되어 왔으나, 저전압 전기·전자·통신 기기를 대상으로 하는 연구는 1980년대 후반에 시작되어 최근에 와서야 집중적인 연구가 이루어지고 있다.

국외의 경우 1980년대 초부터 전자파는 물론 서-지 내성에 대한 전기·전자기기의 강력한 규제를

실시하고 있으며[3][4], 최근 국내에서도 가정용 전기·전자기기(한국표준협회), 정보통신기기용(정보통신부), 선박용 전기·전자기기(한국선급협회)의 서-지 내성에 대한 요구를 시작하고 있다.

특히, 서-지 전압·전류의 발생은 낙뢰와 같은 자연현상에 기인하는 것과 전력계통 설비의 조작에 의해 발생하는 것으로 크게 구분되는데, 이들 서-지의 대부분은 전원선을 통해 외부에서 침입하는 형태로 전달된다.

단위세대 분전반의 경우에는 외부 서-지 전압에 의한 누전 차단기(ELB)의 오동작과 단말 가전기기로의 서-지전압의 전도 등으로 심각한 문제점을 발생시키고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 외부로부터 침입하는 서-지에 대해 전력공급의 인입구에서 차단이 가능하도록 인입구측에 설치되는 단위세대 분전반에 서-지 차단장치를 내장함으로써 외부 서-지 전압·전류의 차단과 전자파 잡음의 효과적인 제거가 가능한 전자파 대응 분전반을 설계·제작하였다.

제작된 전자파 대응 분전반은 국제규격(IEC 61000-4-5 : Surge Immunity Test)에 따라 조합형 서-지 발생장치(PSURGE 4010, Haefely)를 이용하여

서-지에 대한 동작 특성과 주파수 분석기(HP-8537)에 의한 전자파 차단 특성을 측정·분석하였다.

## II. 설계 및 제작

서-지 전압·전류 및 전자파 잡음의 발생경로는 외부로부터의 전자방사, 케이블에 의한 전도 및 내부에서 발생하는 과전압의 세 가지 형태로 구분할 수 있으며, 이에 대한 대응책으로는 전자방사에 의한 잡음은 차폐와 접지를 통하여 차단할 수 있고, 전도에 의한 것과 내부에서 발생하는 서-지 및 전자파에 대해서는 서-지 차단장치(SPD : Surge Protective Device)와 필터를 조합함으로써 차단할 수 있다.

본 논문에서는 서-지의 발생원이 단위세대 외부이며, 전달경로가 전력선으로부터 전도되는 서-지 전압·전류와 전자파 잡음을 효과적으로 차단할 수 있는 전자파 대응 단위세대 분전반을 제작하였다.

먼저, 서-지 전압·전류에 대한 대응책으로써 구성된 SPD는 서-지전압에 대하여 응답특성이 우수한 산화아연형 바리스터(MOV : Metal Oxide Varistor)를 이용하여 구성하였다.

MOV와 같은 클램핑 소자를 이용한 서-지 차단장치의 구성에 있어서는 제한전압의 크기와 방전내량이 중요한 요소이다.

방전내량의 결정은 설치 장소에 적당하도록 최대한의 직경을 가지는 것을 선택하면 되지만, 제한전압의 결정에 있어서는 피보호대상의 전압을 고려하여야 하며, 식(1)에 의해 결정된다[5].

$$V_p (1 + \beta) < V_N (1 - \epsilon) \quad (1)$$

$V_p$  : 시스템 정상전압의 피크값

$\beta$  : 시스템 전압의 안전계수

$V_N$  : MOV의 공칭개시전압

$\epsilon$  :  $V_N$ 의 허용오차

여기서  $\beta$ 는 MOV의 안전계수로서 정상상태의 교류전원 자체에도 약간의 전압 변동이나 플리커 등이 발생하기 때문에 이와 같은 미소한 전원전압의 변동에 대해서는 동작하지 말아야하는 정도를 나타내는 파라미터이다.

안전계수  $\beta$ 는 일반적으로 0.05 ~ 1.0 사이의 값으로  $\beta$ 의 값이 크면 MOV의 제한전압이 높아지

고, 비교적 큰 과도전압에 대해서만 보호동작이 이루어지므로 수명이 길어지게 된다.

본 논문에서는 안전계수를 0.25로 하여  $V_N$ 의 값이 390 V를 가지는 MOV를 선정하였으며, 이 때 MOV의 제한전압은 650 V로 나타난다.

또한, 전원의 상태와 MOV의 동작특성을 표시하기 위하여 네온전구를 사용한 표시 장치를 설치하였다.

MOV의 경우 지속적인 보호동작에 따라 열화되고, 최종적으로는 파괴에 이르게 되는데, MOV의 고장상태는 단락상태로 되기 때문에 고장발생시 전원측으로 과도한 고장전류가 흘러 2차적인 사고를 유발시킬 수 있다. 따라서 이에 대한 fail-safe 대책으로 fusing 기능을 첨가함으로써 MOV 파괴에 의한 2차 사고 가능성을 해소하였다.

그림 1에 MOV를 이용한 서-지 차단장치의 구성을 나타내었으며, 서-지 전압·전류는 선로간에 발생하는 차동성분(Differential mode)뿐만 아니라 접지측을 통한 공통성분(Common mode)도 발생할 수 있으므로 이에 대한 차단까지 고려한 SPDs를 구성하였다.

또한, 단위세대에 사용하는 가전기기 등에 있어 전원선 방해파의 측정범위 즉, 150 kHz ~ 30 MHz 대역에서 본 서-지차단장치로 인한 노이즈 감쇠특성에 대하여도 검토하였다[6].

그림 1의 서-지차단장치를 분전반 내의 누전차단기와 배선용 차단기 사이에 설치함으로써 외부 서-지 전압·전류에 대하여 누전차단기의 오동작 방지 및 배선용 차단기와 부하를 모두 보호할 수 있는 형태로 설치하였다. 또한 전자파 잡음 차단을 위하여 EMI 캐패시터를 서-지차단장치에 설치함으로써 고주파 대역의 전자파를 어느 정도 차단할 수 있도록 구성하였다.

그림 2에 서-지 차단장치 내장형 단위세대 분전반의 개략도를 나타내었다.

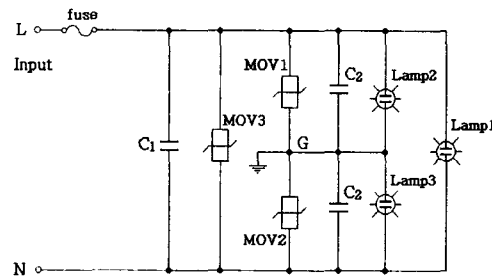


그림 1 서-지 차단장치의 회로  
Fig. 1 Circuit of the SPD

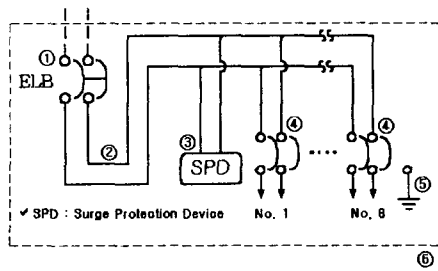


그림 2 서-지차단장치 내장형 단위세대 분전반의 구성  
 Fig. 2 Configuration of the home panel board with surge protection device

### III. 성능평가 및 분석

본 논문에서 제안한 단위세대 분전반의 성능 평가로 외부 서-지 전압·전류에 대해 분전반의 서-지 차단특성과 150 kHz ~ 30 MHz 대역에서의 노이즈 감쇠특성을 비교 분석하였다.

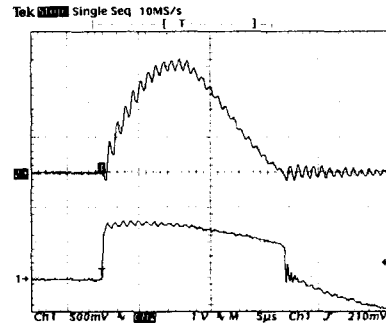
#### (1) 서-지 전압에 대한 특성

서-지차단장치 내장형 단위세대 분전반의 서-지에 대한 성능 평가에는 IEC 61000-4-5에 시험 파형으로 규정된 정(+), 부(-) 극성의 1.2/50  $\mu$ s 전압을 분전반의 누전차단기 입력단에 인가하고 배선용 차단기의 출력단에서 전압 파형을 관측하였다. 서-지 전압·전류를 인가하기 위한 서-지 발생장치는 국제규격의 조합형 서-지 발생장치(Haefely, PSURGE 4010, 1.2/50  $\mu$ s 4.2 kV<sub>max</sub>, 8/20  $\mu$ s 2.1 kA<sub>max</sub>)를 적용하였다.

과도전압에 대한 평가로 1.2/50  $\mu$ s, 0 ~ 4.2 kV의 전압을 누전차단기 입력단에 인가하고, 차단장치의 입력전압과 출력전압(배선용 차단기의 출력단)의 측정은 1000 : 1 고전압프로브(Tek. P6015, 40 kV DC ~ 70 MHz), 디지털축적형 오실로스코프(Tek. TDS 380, 400 MHz)로 관측하였다. 또한 서-지 차단장치에 인가되는 서-지 전압과 보호동작 동안 회로에 흐르는 전체전류는 서-지 발생장치에 내장된 전압측정용 단자와 전류측정용 단자에서 검출하였다.

그림 3은 서-지 발생장치로부터 누전차단기의 입력단에 1.2/50  $\mu$ s 4.2 kV의 서-지 전압이 인가될 때 서-지차단장치에 의한 보호 특성을 나타낸 것으로 제한전압의 크기는 약 860 V로 나타난다.

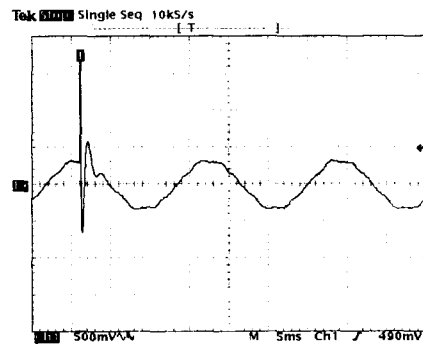
일반적으로 외부에서 침입하는 서-지 전압은 정상상태의 상용주파수 교류전압(220 V 60 Hz)에 중첩되어 나타나게 된다. 따라서 정상상태에서 인가되는 서-지 전압에 대한 분전반의 특성평가를 위하여 정상상태 교류전압의 침투치에 서-지 전압을 중첩시키고 이 때 분전반 전체의 보호 성능을 평가하였다.



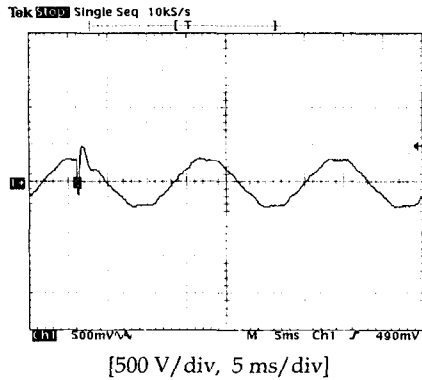
상 : 방전전류 파형 [500 A/div]  
 하 : 제한전압 파형 [500 V/div]

그림 3 서-지에 대한 분전반의 특성  
 Fig. 3 Characteristics of the home panel board to a standard surge voltage

그림 4(a)는 분전반 입력측에 2 kV의 서-지 전압을 상용주파수 교류전압의 침투치에 중첩시켜 인가할 때 나타나는 전압의 형태로, 정상상태 전압의 침투치(311 V) 부근에서 서-지 전압이 발생하게 되면 소형 전기·전자기에 치명적인 손상을 가져올 수 있다. 이 때의 서-지 전압의 크기는 약 1.7 kV 정도로 나타나는데 실제로는 약 2.3 kV가 나타난다. 실제와 측정값의 차이는 오실로스코프의 분해능에 기인한 것으로 판단된다.



[500 V/div, 5 ms/div]  
 (a) 교류전압의 90°에서 중첩된 서-지 파형



(b) 분전반의 서-지 차단특성

그림 4 서-지에 대한 분전반의 특성  
Fig. 4 Characteristics of the home panel board to a standard surge voltage

그림 4(b)는 분전반의 부하측 즉, 배선용 차단기의 출력단에서 측정된 파형으로 서-지차단장치에 의해 서-지전압이 억제되는 특성을 나타내는 것으로 분전반 내에 서-지차단장치의 설치로 서-지 전압에 대해 확실한 보호 성능을 가지는 것을 확인하였다..

(2) 전자파 잡음에 대한 특성평가

분전반의 전자파 잡음에 대한 감쇠 특성을 평가하기 위하여 주파수 분석기(network analyzer, HP 8537, 30 kHz ~ 3 GHz)를 통하여 주파수 범위에 따른 특성평가를 수행하였다.

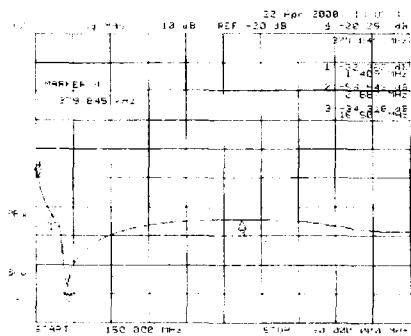


그림 5 노이즈에 대한 분전반의 특성  
Fig. 5 Characteristics of the home panel board to EM noise

그림 5는 150 kHz ~ 30 MHz의 주파수 범위의 전자파 잡음에 대한 감쇠 특성을 나타낸 것으로 150 kHz부터 약 10 dB 정도의 감쇠 특성을 나타내며, 감쇠비가 20 dB 이상이 되는 지점은 약 380 kHz로 이 이상의 대역에서는 비교적 우수한 감쇠 특성을 나타내었다.

VI. 결 론

본 논문에서는 서-지 전압과 노이즈에 대한 단위세대내의 가전기기의 보호를 목적으로 전자파 대응 단위세대 분전반을 설계·제작하였으며, 이론적 검토와 실험적 평가를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 분전반내에 서-지차단장치를 부가하여 외부 서-지에 의한 누전차단기의 오동작을 방지할 수 있었으며, 이러한 분전반은 서-지 전압에 대해 우수한 보호성능이 있음을 확인하였다.
2. 3개의 바리스터를 사용하여 차동모드 성분 뿐만 아니라 공통모드에 대해서도 확실한 보호가 가능하였다.
3. 전원선 방해파에 대한 분전반의 특성으로 150 kHz ~ 30 MHz에서 노이즈 감쇠특성을 평가한 결과 20 dB 이상의 감쇠효과를 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] S. B. Smith and R. B. Standler, "The Effects of Surges on Electric Appliances", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 7, pp. 1275~1282, 1992.
- [2] N. Kuwabara, H. Koga and T. Motomitsu, "A New Lightning Surge Test Circuit for Telecommunications Equipment in Japan", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. 30, No. 3, pp. 393~400, 1988.
- [3] IEC 61000-4-5, Surge immunity test, pp. 60~77, 1999.
- [4] IEEE C62.41 IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuit, 1991.
- [5] R. B. Standler, Protection of Electronic Circuit from Overvoltage, Wiley, pp. 133~145, 1988.
- [6] V. Prasad Kodali, "Engineering Electromagnetic Compatibility", IEEE PRESS, pp. 139~158, 1998