

# 신호·통신 회로용 뇌썬지 차단장치의 개발

<sup>o</sup>장석훈\*, 박원경\*, 전두찬\*, 이복희\*, 길경석\*\* 이영근\*\*\*  
인하대학교\*, 한국해양대학교\*\*, 한국 EMI(주)\*\*\*

## Development of the Lightning Surge Protective Devices for Signal and Telecommunication Lines

S. H. Chang\*, W. K. Park\*, D. C. Jeon\*, B. H. Lee\*, K. S. Kil\*\*, Y. K. Lee\*\*\*  
Inha University\*, Korea Maritime University\*\*, Korea EMI Co.\*\*\*

### Abstract

This paper deals with the surge protective devices to minimize damages of communication equipments in signal data lines. The basic circuit consists of zener diodes, spark gap and series impedances. Therefore the hybrid circuit using bipolar zener diodes as clamps and a three-electrode spark gap as crowbars was proposed. The surge suppression performances and the characteristics of frequency response were investigated experimentally. Consequently, it was found that the frequency bandwidth and surge suppression performances are excellent.

### 1. 서론

날로 발전하는 전자산업에 따라 국가 기간 설비를 비롯한 거의 모든 분야의 산업에 사용되고 있는 첨단 집적회로는 그 우수한 성능을 가지고 있는 반면 낙뢰, 유도뢰 등 자연현상에 기인하는 썬지 및 스위칭 썬지 등의 인위적인 썬지에 매우 취약하다. 썬지에 의한 전력통신설비의 장애는 기기 자체의 손상에 의한 손실 보다 이에 수반되는 막대한 경제적 손실을 초래하므로 이에 대한 보호대책이 절실히 요구되고 있다.<sup>[1],[2]</sup>

전자기기를 포함하는 정보화 기기를 뇌썬지에 의한 이상전압으로부터 보호하기 위하여 사용하는 가장 일반적인 보호방법은 신호선의 입·출력부에 썬지차단장치를 설치하여 이상전압을 기기의 내전압 이하로 낮추는 것으로 신뢰도가 높다. 이 경우에 피보호 대상기기에 따라 설계, 제작된 뇌썬지 차단장치는 보호소자의 삽입으로 정상시에도 신호전송에 대한 회로의 임피던스를 증가시켜 다소간의 삽입손실이 발생하며, 특히 신호/통신용에는 전송품질에 영향을 미칠 수 있으므로 쉬운 일이 아니다. 따라서 보호장치는 주파수

응답특성, 뇌썬지 차단특성, 방전내량 등을 충분히 평가한 후 사용되어야 한다.

본 논문에서는 5~50V급의 신호/통신회로에서 썬지의 침입으로 인한 기기의 손상 및 오동작 등의 장애를 최소화하기 위해 클로우버소자와 클램핑소자를 혼합한 하이브리드회로로 구성된 썬지 차단장치의 개발에 대한 결과를 기술하고자 한다.

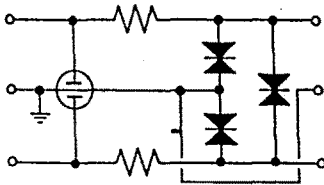
### 2. 신호/통신용 뇌썬지 차단장치

신호/통신용 회로에 뇌썬지가 침입하였을 때 신호전송회로의 고유특성을 저해함이 없이 효과적으로 보호하기 위한 썬지차단장치는 선로의 특성에 따라 각각 다르게 구성되며, 사용 용도에 적합한 성능과 특성을 가지는 보호소자의 선정도 중요한 요소이다. 일반적으로 사태다이오드나 제너다이오드 같은 클램핑소자는 응답속도가 빠른 반면에 방전내량이 적고, 방전궤과 같은 클로우버소자는 방전내량이 크고 고유정전용량은 대단히 작지만 응답속도가 느리다. 따라서 이들 소자의 장점만을 이용할 수 있고 상호보완적으로 작동하도록 조합한 회로가 하이브리드형 뇌썬지 차단장치이다.<sup>[3]</sup>

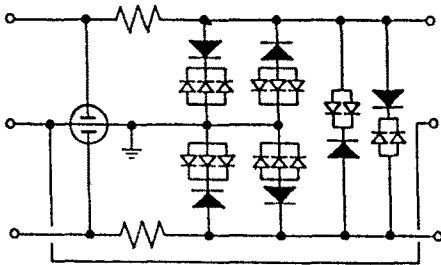
본 연구에서는 신호 및 통신용 썬지차단장치로 혼합회로방식을 채택하였으며, 직렬임피던스는 저항과 인덕턴스를 사용하게 되는데 신호 및 통신기에 사용하기 위해서는 주파수 응답특성이 좋아야 하므로 저항을 사용하였다. 클로우버소자로서는 평형동작을 이루도록 3극 방전궤를 사용하고, 클램핑소자로서는 주파수 응답특성을 고려하여 저주파용(5MHz)으로는 양방향 제너다이오드를 고주파용(50MHz)으로는 정전용량이 적은 고속 회복다이오드와 단방향 제너다이오드를 직렬 조합하여 사용하였다. 공통모드 또는 차동모드의 뇌썬지에 대해서도 모두 동작하도록 평형회로방식으로 설계하였으며, 그림 1에 신호/통신회로용 뇌썬지 차단장치의 기본회로를 나타내었다.

뇌썬지가 입사되었을 때 1차적으로 제너다이오드에

의하여 차단되어 부하를 보호하게 된다. 그러나 제너다이오드의 써지내량이 비교적 적기 때문에 써지의 모든 에너지를 제너다이오드가 처리할 수 없으므로 앞단에 접속한 방전갯으로 전류시켜 잔류써지 에너지를 방류 또는 반사시킨다. 즉, 제너다이오드에 흐르는 전류가 증가하면 저항  $R$ 에서의 전압강하 때문에 방전갯의 단자전압이 높아지며, 이 단자전압이 방전갯의 동작전압이상이면 방전갯이 도통되어 제너다이오드에 흐르던 전류를 분류시킨다. 따라서 부하는 제너다이오드에 의하여 보호되고, 방전갯과 저항은 제너다이오드를 보호하는 기능을 하게 된다. 방전갯이 동작하면 침입한 뇌써지 에너지의 일부는 열로써 소비되고, 나머지 에너지는 방전갯의 동작으로 낮은 임피던스 상태로 되므로 입사경로를 따라 반사된다.



a) 저주파용



b) 고주파용

그림 1 신호/통신회로용 뇌써지차단장치의 기본 회로도

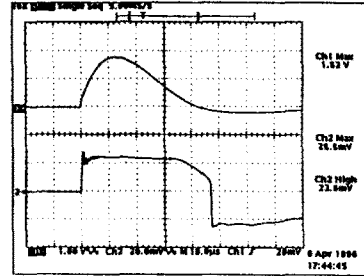
Fig. 1 Basic circuit diagrams of surge protective devices for signal and telecommunication lines

### 3. 결과 및 검토

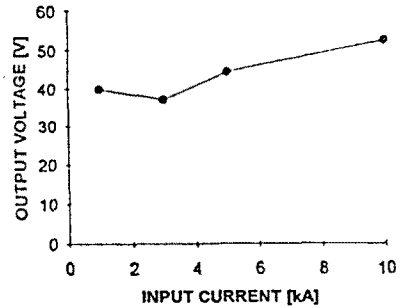
#### 3.1 뇌써지 차단성능

설계·제작된 써지차단장치의 차단성능을 평가하기 위해서 시험규격으로는 IEEE와 IEC 써-지시험규격을 적용하였으며, 뇌충격전류( $8/20\mu\text{s}$ )를 1 kA, 3 kA, 5 kA, 10 kA로 증가시키면서 인가할 때 보호소자에 의하여 차단되는 전압제한성능을 평가하였다. 또한

에너지내량을 평가하기 위해서  $10/1000\mu\text{s}$  전압을 인가시켰을 때의 제한전압특성을 측정하고, 스위칭써지에 대한 보호성능을 파악하기 위해서  $0.5\mu\text{s}/100\text{kHz}$ 에 대한 써지 제한전압특성을 측정하였다. 또한 평형회로이므로 공통모드와 차동모드특성을 구별하여 평가하였다.



a) 써지전류-제한전압파형



b) 써지전류-제한전압특성

그림 2  $8/20\mu\text{s}$  전류에 대한 공통모드 제한전압특성

Fig. 2 Common mode cut-off voltage characteristics for  $8/20\mu\text{s}$  current waveform

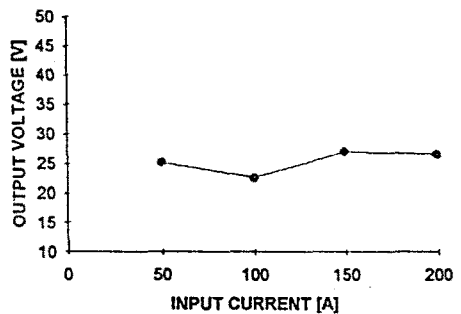


그림 3  $10/1000\mu\text{s}$  전압에 대한 공통모드 제한전압특성

Fig. 3 Common mode cut-off voltage characteristics for  $10/1000\mu\text{s}$  voltage waveform

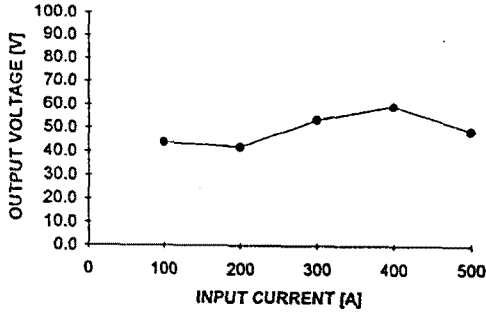


그림 4 0.5 $\mu$ s/100kHz 전압에 대한 공통모드 제한전압특성

Fig. 4 Common mode cut-off voltage characteristics for 0.5 $\mu$ s/100kHz ring waveform

그림 2는 뇌충격전류에 대한 공통모드 제한전압의 파형의 예와 제한전압특성을 나타내고 있으며, 그림 3과 4에, 10/1000 $\mu$ s 전압과 0.5 $\mu$ s/100kHz 전압에 대한 공통모드 제한전압특성을 나타내었다. 각 써지에 대한 차동모드 제한전압특성은 표1에 정리하였다.

표 1 차동모드 차단전압특성

Table 1 Differential mode cut-off voltage characteristics

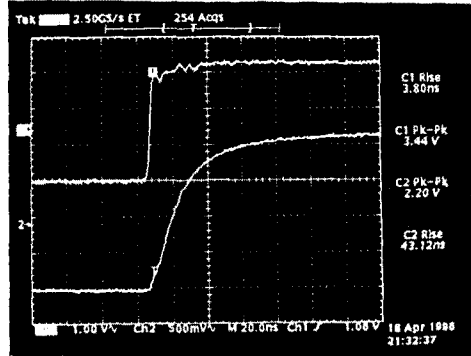
시험파형	시험용량	제한전압
8/20 $\mu$ s	5kA	38V
10/1000 $\mu$ s	200A	35.8V
0.5 $\mu$ s/100kHz	500A	56V

### 3.2 주파수 응답특성

신호/통신용 뇌써지 차단장치는 이상전압에 대한 전압제한 뿐만 아니라 보호소자의 삽입으로 인한 삽입 손실로 신호전송품질을 저하시키므로 주파수 응답특성이 반드시 평가되어야 한다. 본 연구에서 설계·제작한 차단장치의 인덕턴스는 대단히 적기 때문에 주파수 응답특성 즉, 신호감쇠특성은 응답펄스의 상승시간( $t_r$ )을 측정하는 것에 의하여

$f_H = 350/t_r$  [MHz]의 관계로부터 결정할 수 있으므로 250MHz 펄스발생기(Tek. PG 502)를 사용하여 응답특성을 평가하였다.<sup>[4]</sup> 이 때 직각파 입력에 대한 피시험장치의 응답시간을 평가하는 방법으로 입력파형의 상승시간이  $t_{in}$  [ns], 출력파형의 상승시간이  $t_{out}$  [ns]일 때, 측정계의 순수상승시간  $t_r$  [ns]은  $t_r = \sqrt{t_{out}^2 - t_{in}^2}$ 로 구할 수 있다.<sup>[5]</sup> 윗 식으로부터 계산

한 결과 고역측 차단주파수는 각각 저주파용(5MHz)은 8.15MHz, 고주파용(50MHz)은 62.3MHz로 양호한 주파수 특성을 보임을 확인하였다. 그림 5는 저주파용 써지 차단장치의 직각파입력에 대한 응답파형을 나타내고 있다.



(위: 입력파형, 아래: 응답파형)

그림 5 써지차단장치의 주파수특성

Fig. 5 Step response waveform of the surge protective devices

### 4. 결론

신호/통신회로용 뇌써지 차단장치에 대해서 이론적인 검토와 실험적인 평가를 병행하여 연구하였다. 저주파용으로는 양방성 제너다이오드와 방전갯의 혼합회로용으로 구성하였고, 고주파용으로는 단방성 제너다이오드와 고속회복 다이오드를 조합하여 뇌써지 차단성능 뿐만 아니라 주파수 특성도 양호한 써지차단장치를 개발하였다. 이를 신호선로 및 통신선로에 적용함으로써 써지로부터 기기의 보호에 유용하게 활용될 수 있다.

### 참고문헌

- [1] 關野吉廣 et al., 통신용 전력설비에의 침입뇌써지에 대한 방호, 연구실용화보고 제 30권 제5호, pp.1187-1198, 1981
- [2] 元滿民生, 古賀廣昭 et al., 통신선로에 유기된 뇌써지의 제특성, 연구실용화보고 제30권 5호, pp. 1157-1173, 1981
- [3] R. B. Standler, Protection of electronic circuits from overvoltages, John wiley & sons, pp.236-246, 1989
- [4] Edmund K. Miller, Time-domain measurements in electromagnetics, Van Norstand Reinhold Co., pp. 175-290, 1986
- [5] Adolf J. Schwab, High-voltage measurement techniques, The M.I.T Press, pp. 39-44, 1972