

바리스터와 LC필터를 사용한 2단 서지보호장치

이복희, 김지훈, 이경욱
 인하대학교 전기공학과

Two-Stage Surge Protection Device with Varistor and LC Filter.

B. H. Lee, J. H. Kim and K. O. Lee
 Dept. of Electrical Engineering, Inha University

Abstract

This paper deals with the two stage surge protection device by using varistor and LC low pass filter. Recently varistor alone has been used with overvoltage protection devices for the AC power mains and has same problems associated with high remnant voltage and noise. In this work, in order to improve the cutoff performance of surge protection device, the lightning surge protection device having two stage hybrid circuit for an AC single phase mains was designed and fabricated. Operation characteristics and surge clamping performance of the surge protection device in an 8/20 μ s surge current are investigated.

As a consequence, it is found that the proposed two stage surge protective device for AC power mains has a variety of advantages such as a smaller clamping voltage, high frequency noise reduction and large clamping capacity.

1. 서론

최근에는 컴퓨터, 제어기기, 의료용 전자기기, 교통신호제어기 등 IC와 반도체 소자를 이용한 여러 가지 전자정보기기의 보급이 급증하였으며, 이들 전자정보기기는 낙뢰 또는 유도뢰에 의해서 발생하는 뇌서지의 장애를 받기 쉽고 대부분의 기기는 상용전원으로부터 전압을 공급받고 있다. 따라서 전원에서 침입하는 뇌서지에 대한 보호대책은 중요한 연구과제이다.^[1,2]

지금까지 정보화기기, 통신설비에 유입하는 뇌서지의 차단은 금속산화물 바리스터(Metal Oxide Varistor : MOV)만을 이용한 서지보호장치가 주로 사용되었지만, 바리스터의 동작특성에 따라 대전류에 대해서는 높은 잔류 전압이 나타나고, 또한 차단전압에는 고주파 성분이 많이 포함되어 있으므로 또 다른 문제를 야기시키게 된다. 따라서 본 연구에서는 이러한 바리스터만을 이용한 뇌서지보호장치의 단점을 개선하고, 효과적인 뇌서지의 차단을 위해서 LC필터를 하이브리드화시킨 회로구성으로 2단 뇌서지보호장치를 설계·제작하였으며, 이들의 동작특성과 서지 차단능력의 파장에 대해서 실험적 연구를 수행하였다.

본 실험에서는 낙뢰 및 전력계통의 과도현상에 기인하는 서지를 시뮬레이션하여, 서지차단장치의 평가시험에 적용되는 IEC와

IEEE 등 국제규격^[3,4,5]으로 정해진 1.2/50 μ s 전압, 8/20 μ s 전류 파형의 서지를 발생할 수 있는 조합형 서지발생기의 설계·제작하여 사용하였으며, 단상 교류전원용 혼합회로형 2단 서지보호장치의 동작특성을 분석·검토한 결과에 대해서 기술하였다.

2. 실험방법

그림 1은 서지발생기, 데이터 저장형 오실로스코프, 고전압·대전류 프로브 등으로 구성된 실험계의 개략도를 나타내었다. 서지전압은 고전압프로브(Tek. P6015A)와 능동형 차단전압 프로브(Tek. P5200)를 이용하여 저장형 오실로스코프(Tek. TDS 460A)로 측정하였다. 또한 서지전류는 로고우스키코일형 대전류 프로브를 설계·제작하여 측정하였으며, 그의 주파수대역은 800 Hz~1 MHz 이고, 감도는 5.56 kA/V이다.^[6]

서지보호장치를 구성하는 각 소자에 흐르는 전류와 차단전압을 측정하여 동작순서와 특성, 그의 역할 등에 대해서 분석하였고, 또한 차단전압의 주파수성분분석(Fast Fourier Transformation : FFT)을 하였다. 서지발생기를 이용한 8/20 μ s 서지전류는 1.5 kA에서 7 kA로 가변시키면서 뇌서지보호장치의 서지전류·차단전압특성을 측정하였다.

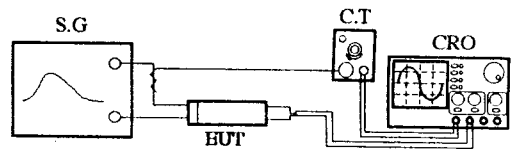


그림 1. 실험계의 개략도
 Fig. 1. Schematic diagram of the experimental system

3. 실험결과 및 고찰

3.1 바리스터만의 서지보호회로

최근 사용되고 있는 서지보호장치 중 가장 단순한 것으로 바리스터만으로 이루어진 회로가 있으며, 본 연구에서 적용한 바리스터(INR14D361)는 동작개시전압이 360 V이며, 그림 2에 서

지보호회로를 나타내었다. 여기에서 바리스터의 동작개시전압이란 바리스터에 1mA의 전류가 흐를때의 단자전압을 의미한다.⁷⁾ 그림 3은 그림 2의 회로에 8/20 μ s 서지전류를 1.5~7 kA로 가변시키면서 인가했을 때 차단전압 특성을 나타내었다.

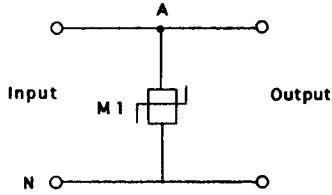


그림 2. 바리스터만의 서지보호회로
Fig. 2. Surge protection circuit with varistor

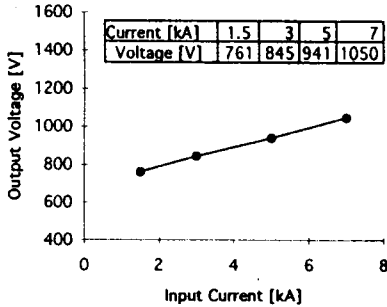


그림 3. 8/20 μ s 서지전류에 대한 차단전압특성
Fig. 3. Clamping voltage characteristics in 8/20 μ s surge current

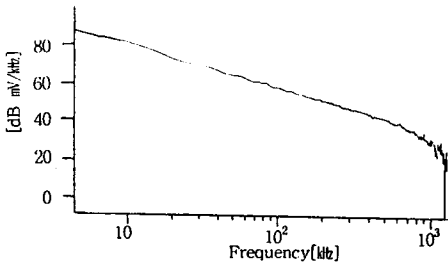


그림 4. 바리스터의 차단전압에 대한 FFT결과
Fig. 4. FFT result of the clamping voltage of the varistor

그림 3에 나타난 바와 같이 8/20 μ s 서지전류가 증가함에 따라 차단전압도 상승하며, 7 kA의 전류에 대해서는 1000 V 이상의 전압이 잔류하게 되므로 내파전압특성이 약한 전자기기의 보호를 위해서는 가급적 차단전압을 낮게 하는 것이 효과적이다. 따라서 서지전압을 더욱 낮은 전압으로 차단하기 위해서는 바리스터에 다른 소자를 조합하여 차단전압특성의 개선이 필요하다. 차단전압이 낮은 바리스터는 차단용량이 감소하므로 바리스터만으로 차단전압을 낮추는 데는 한계가 있으므로 다른 소자와의 적절한 조합으로 차단전압을 낮추는 것이 효과적이다.

그림 4에는 바리스터의 차단전압에 대한 주파수성분의 분석결과를 나타내었으며, 상당한 양의 고주파 성분이 포함되어 있다. 일반적으로 서지차단기능을 가지는 소자만으로 구성된 서지보호장치가 동작하게 되면 입사되는 서지전압, 전류를 급속하게 차단하므로 서지보호장치의 차단전압 파형은 급준성으로 고주파성분을 포함하게 되어 전자유도잡음을 발생시키게 된다. 이와 같은 급준성의 차단전압은 피보호기기나 접속선로를 통하여 전파되어 피보호 시스템의 손상이나 오동작을 일으키게 되는 문제점을 내포하고 있어 이에 대한 검토가 필요하다.

3.2 바리스터와 LC필터를 조합한 2단 차단회로

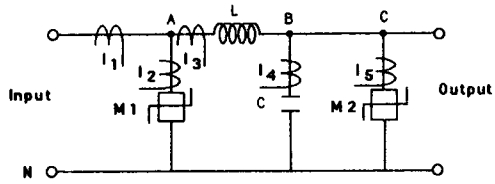
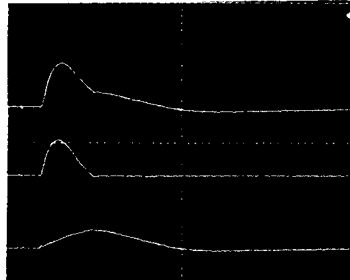
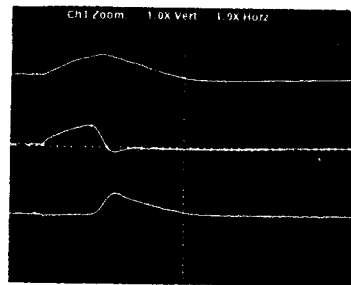


그림 5. 2단 서지보호회로
Fig. 5. Two stage surge protection circuit



상 : 주 피뢰전류 [0.93 kA/div, 20 μ s/div]
중 : 앞단의 바리스터 전류 [0.76 kA/div, 20 μ s/div]
하 : LC필터 전류 [0.93 kA/div, 20 μ s/div]
(a) i_1 와 i_2 , i_3 의 전류파형



상 : LC필터 전류 [0.93 kA/div, 20 μ s/div]
중 : 커패시터 C 전류 [0.80 kA/div, 20 μ s/div]
하 : 뒷단의 바리스터 전류 [0.76 kA/div, 20 μ s/div]
(b) i_3 와 i_4 , i_5 의 전류파형

그림 6. 각소자에 흐르는 전류파형
Fig. 6. Current waveforms of each component

그림 5는 2단 서지보호회로를 나타낸 것으로, 뒷단 바리스터(INR14D221)의 동작개시전압은 220 V이다. 구성요소의 전압과 전류 특성을 분석하기 위해서 8/20 μ s 서지전류를 인가했을 때 주회로(I₁)와 분기회로(I₂, I₃)에 흐르는 전류파형을 그림 6(a)에 나타내었으며, 주 회로에는 앞단의 바리스터(M1)와 인덕턴스 L의 분기회로에 흐르는 전류의 합으로 뒀을 나타내고 있다. 그림 6(b)에서 뒷단의 바리스터는 콘덴서 C에 흐르는 전류가 거의 피이크에 도달되는 시점에서 동작됨을 알 수 있고, 인덕턴스에 흐르는 전류는 콘덴서 C와 뒷단 바리스터(M2)에 흐르는 전류의 합으로 뒀을 알 수 있다.

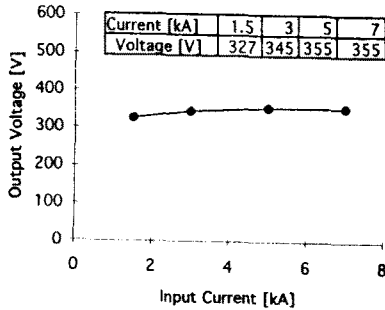


그림 7. 8/20 μ s 서지전류에 대한 차단전압특성
Fig. 7. Clamping voltage characteristics in 8/20 μ s surge current

그림 7은 서지전류를 1.5~7 kA로 가변시켰을때 출력단 전압 특성을 나타내었다. 따라서 과전압에 대해 혼합회로형 2단 차단장치는 우수한 차단 성능을 가지고 있음이 확인되었다.

차단전압은 서지전류의 크기와는 무관하게 거의 일정한 값을 나타내고 있다. 이와 같은 특성은 LC필터의 효과 때문이다. 즉, 입사된 서지전류에 대해 앞단의 바리스터(M1)에 의해 차단되며, LC필터에 의해 상승시간이 완만해진다. LC필터의 콘덴서 C의 단자전압이 완만하게 상승하므로 뒷단의 바리스터(M2)가 동작되기까지 충분한 시간적 여유가 있으므로 뒷단의 바리스터는 완만히 상승하는 전압에 대해서는 거의 일정한 전압으로 차단할 수 있기 때문이다. LC필터는 앞단의 바리스터의 동작에 따른 급상승의 차단전압을 완만히 변화하는 파형으로 변화시켜 고주파성분을 제거시킬 뿐만 아니라 뒷단의 바리스터의 차단전압을 거의 일정하게 하는 역할을 함을 알 수 있다.

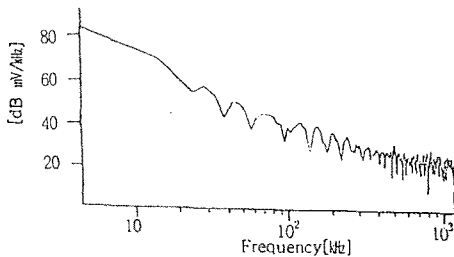


그림 8. 차단전압의 FFT
Fig. 8. FFT result of clamping voltage

그림 8은 출력단 차단전압에 대한 주파수 분석을 나타내었으며, 바리스터만 사용한 서지보호장치보다 혼합회로형 2단 서지보호장치의 동작에 의해 고주파성분의 노이즈가 대단히 감소하는 특성임을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 교류 진원회로에 침입하는 뇌서지를 감쇄시킬 수 있는 바리스터와 LC필터를 조합한 2단 뇌서지보호장치를 설계·제작하고, 이에 대한 동작특성과 주파수스펙트럼을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 바리스터와 LC필터를 조합한 2단 서지보호장치에서 앞단의 바리스터와 필터는 거의 동시에 동작하며, 뒷단의 바리스터는 필터용 콘덴서의 충전전압에 따라 지연동작함을 확인하였다.
- (2) 서지가 침입하였을 때 앞단과 뒷단의 바리스터는 LC필터에 의해서 순차적으로 동작하므로 서지 차단을 분담하게 되어 바리스터만을 사용하는 경우보다 차단용량을 증대시킬 수 있다.
- (3) LC필터는 앞단의 바리스터 동작에 따른 급상승 차단전압파형을 완만히 상승하는 파형으로 변화시켜 고주파성분을 제거시킬 뿐만 아니라 뒷단의 바리스터의 차단전압을 일정하게 해주는 역할을 함을 알 수 있었다.
- (4) LC필터의 앞·뒷단에 바리스터를 접속하여 차단전압이 대단히 낮고 일정한 특성을 가지는 성능이 우수한 서지 보호장치를 개발하였다.

5. 참고 문헌

- [1] P. R. Tompson, "Lightning Protection of SCADA and Telemetry Systems" Proc. of 2nd Annual Technical Conference on Lightning Protection & Earthing, pp.1~6, 1994. 9.
- [2] R. A. Harris and M. Darveniza, "The Transient Blocking Device: A State of the Art Development in Protection for Sensitive Electronic Systems", Proc. of International Conference on Electromagnetic Compatibility, pp. 168~175, 1995. 4.
- [3] IEEE Power Engineering Society, IEEE Recommended Practice On Surge Voltages In Low-Voltage AC Power Circuit ; IEEE C62.41-1991, pp. 22~98, 1991
- [4] General Electric Co., Transient Voltage Suppression Manual, Second Edition, 1978, pp. 37~108
- [5] Underwriters Laboratories Inc, Standard for Transient Voltage Suppressors : UL 1449, 1st Edition, 1985
- [6] 이복희, "전력통신용 보안장치 적용기술연구", 제1차년도 중간보고서 한국전력공사 전력연구원, pp. 199~206, 1996
- [7] Ronald B. Standler, Protection of Electronic Circuit from Overvoltages, John Wiley & Sons, 1989 pp 184~193, 284~308