

바리스터와 LC필터를 조합한 뇌서-지보호장치

김지훈*, 이경욱, 이복희, 이영근*

인하대학교 전기공학과, 한국 EMI(주)*

The Lightning Surge Protective Devices with Combination of Varistor and LC Filter.

J. H. Kim*, K. O. Lee, B. H. Lee, Y. K. Lee*

Dept. of Electrical Engineering, Inha University
Korea EMI Co.*

Abstract

This paper deals with the lightning surge protective devices with combination of varistor and LC filter. Up to now, the varistor alone were used as overvoltage protection devices for the AC power mains. In this work, in order to improve the cutoff performance of surge protective device, the hybrid circuit surge protective device for an AC single phase mains was designed and investigated. The first stage of hybrid circuit is to remove most of any large surge energy and protect the second stage components. The purpose of the second is to protect the load and increase the cutoff capacity of surge protective devices. Also LC filter attenuates the remnant that travels downstream from the first stage component and the high frequency noises.

As a consequence, it was found that the proposed hybrid surge protective device for AC power mains has a variety of advantages such as low and tight clamping voltage, high frequency noise reduction and large cutoff capacity.

1. 서론

최근에 컴퓨터, 제어용 전자기기, 의료용 전자기기, 교통신호 제어기 등 IC와 반도체 소자를 이용한 여러 가지 전자정보기기의 보급이 급증하고 있다. 따라서 이들의 전자정보기기는 낙뢰에 의해서 발생하는 뇌서-지의 장해를 받기 쉬우며, 뇌서-지 피해가 기기의 파손 뿐만 아니라 경제적 손실이 대단히 크므로 이에 대한 보호 대책이 새로운 문제로 제기되고 있다. 전원에서부터 침입하는 뇌서-지는 그 크기와 빈도가 여러 가지 형태로 나타나므로 피보호기기 등의 내전압 특성에 따라 보호 방식과 차단장치의 성능도 각각 다르게 고려되어야 한다. 일반적으로 전자기기의 전원에서 침입하는 뇌서-지로부터 전자기기를 보호하기 위해서 배전용 피뢰기, 2차 피뢰기, 분기회로용 뇌서-지 차단장치, 전원용 내장형 뇌서-지 차단장치 등이 사용되고 있다.^{[1]-[4]}

지금까지 전원용 뇌서-지 차단장치로서는 금속산화물 바리스터만을 조합한 회로가 주로 사용되었지만, 바리스터의 동작에 의해 높은 초기치 전압이 나타나고 클램핑전압에는 고주파 성분이 많이 포함되어 있으므로 또 다른 문제점을 야기시킨다. 따라서 이러한 단점을 개선하기 위해서 혼합형 뇌서-지 차단장치에 대한 연구를 수행하였다.

이에 본 연구에서는 전원에서 침입하는 뇌서-지로부터 전자/통신기기 및 각종 정보화기기를 효과적으로 보호하기 위해 110/220 V 전원에 접속되는 전자기기의 보호를 위한 뇌서-지 차단장치로는 금속산화물(Metal Oxide Varistor)를 주클램핑소자

로 사용하고, LC필터의 조합에 의한 뇌서-지 차단장치를 적용하고자 한다. 이 때 바리스터를 사용하는 전원용 뇌서-지 차단장치의 경우 재전압을 피보호회로의 내전압특성 이하로 유지하는 것이 필수적이며, 계통의 경직전압하에서 바리스터 자체에 의해 과도한 전력손실이 발생하지 않도록 소자선택에 신중을 기해야 한다. 본 논문에서는 AC전원에 대한 혼합형 단상전원용 뇌서-지 차단장치의 동작특성을 분석하고, 검토한 결과에 대해서 기술한다.

2. 실험

그림 1에 두 개의 바리스터와 LC필터를 조합한 회로를 나타내었다. 조합형 임펄스 발생기, 과도전류 측정계, 고전압 프로브 등으로 시스템을 구성하였다. 뇌서-지 차단장치 각 회로요소의 특성을 확인하고, 조합형 임펄스 발생기로부터 8/20 μ s 뇌-지 전류를 1kA에서 3kA로 증가시키면서 뇌서-지 차단장치의 차단성능을 평가하였다. 조합형 임펄스 전압·전류 발생장치는 본 연구실에서 설계·제작하였으며, 이의 특성에 대해서 보고한 바 있다.^[5]

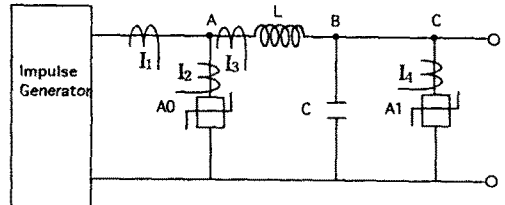
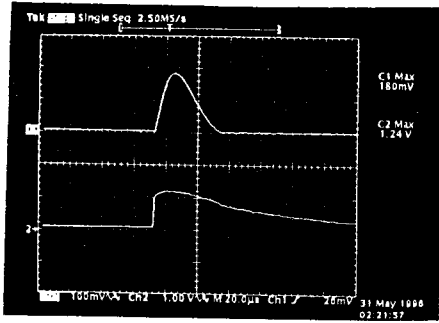


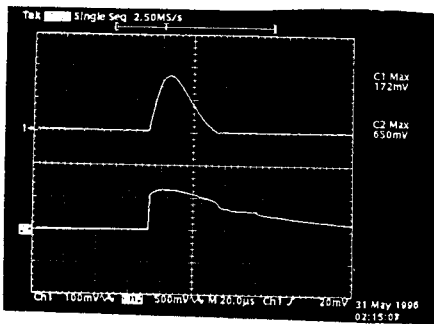
그림 1. 바리스터와 LC필터를 조합한 뇌서-지 보호회로
Fig. 1. Protective surge circuit with combination of varistor and LC filter

본 연구에서 적용한 뇌서-지 보호장치(surge protective device : SPD)의 회로의 앞단과 뒷단에 사용한 공칭전도전압이 각각 680V, 360V인 바리스터에 8/20 μ s 전류를 1 kA 인가했을 때 차단전압의 파형을 그림 2에 나타내었다.

바리스터에 LC필터를 적용하기 위해서 회로분석 프로그램인 PSPICE로 LC필터의 적절한 특성을 선정하여 시뮬레이션하였다.^[6] 이 때의 시뮬레이션회로를 그림 3(a)에 나타내었다. LC 값은 각각 30 μ H, 30 μ F로 설정하고, 충전용 콘덴서에 초기전압으로 1350V를 인가했을 때 출력단자에서의 시뮬레이션파형을 그림 3(b)에 나타내었다.



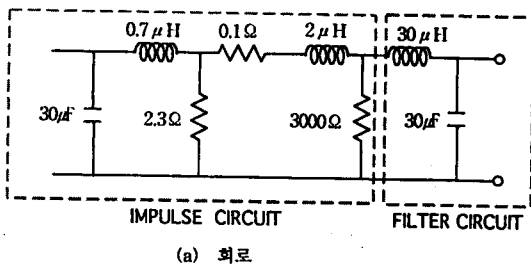
위 : 인가전류파형 556 [A/div]
아래 : 클램핑전압파형 1 [kV/div]
(a) 앞단의 바리스터



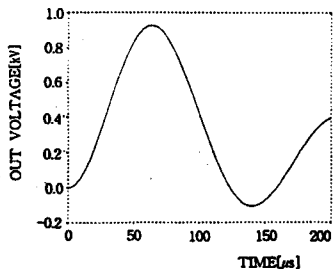
위 : 인가전류파형 556 [A/div]
아래 : 클램핑전압파형 1 [kV/div]
(b) 뒷단의 바리스터

그림 2. 써-지보호장치에 사용한 앞단과 뒷단의 바리스터 클램핑전압의 파형

Fig. 2. Clamping voltage waveforms of the first and second varistors used in the surge protective device.



(a) 회로



(b) 필터 출력파형

그림 3. 시뮬레이션의 회로와 파형

Fig. 3. Simulation circuit and waveform

3. 결과 및 고찰

조합형 써-지보호회로에서 각각의 단에서의 전압 및 전류 관계를 조사하여 동작순서, 앞단의 바리스터와 LC필터, 뒷단의 바리스터 동작의 여부를 조사하였고, 차단전압의 주파수성분을 분석하였다.

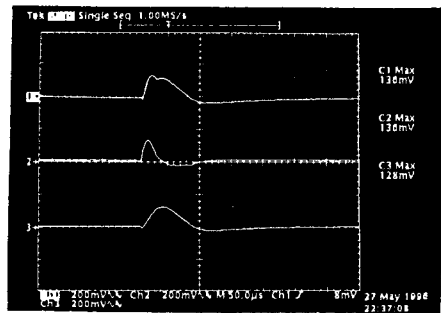
본 연구에서 제안하는 써-지보호장치의 구성요소의 동작 전압, 전류 관계를 조사하면, 그림 1에서 앞단의 바리스터만 있는 경우 A지점의 측정된 전압의 피크값은 그림 2(a)에서와 같이 1240V이고, 앞단 바리스터와 LC필터만 접속한 경우 B지점에서 측정된 차단전압의 피크값은 1020V로 LC필터의 조합으로 제한 전압이 낮아지는 것을 알 수 있다. 그 이유는 LC필터가 급준파 써-지에 대하여 고임피던스로 작용하므로 써-지 전압의 파도가 급격히 상승하지 못하고 낮은 전압으로 유지되기 때문이다.

그림 1의 회로에 8/20µs전류를 인가했을 때 주회로(I₁), 분기회로 I₂와 I₃에 흐르는 전류파형을 그림 4에 나타내었다. 바리스터와 LC필터는 거의 동시에 동작하며, 바리스터에는 거의 8/20µs 전류가 흐르지만 LC필터에는 보다 긴 주기의 진동전류가 흐르며, 주회로에는 바리스터와 LC필터에 흐르는 전류의 합으로 됨을 나타내고 있다.

또한 그림 5에는 주회로 전류, 앞단 바리스터의 단자전압과 전류파형을 나타내었다. 앞단의 바리스터의 단자전압은 앞단의 바리스터가 동작하고 있는 동안의 클램핑전압은 거의 일정하지만 앞단의 바리스터의 동작이 완료된 후에도 뒷단의 바리스터 동작과 LC필터의 동작특성 때문에 다소 낮은 전압이 나타난다.

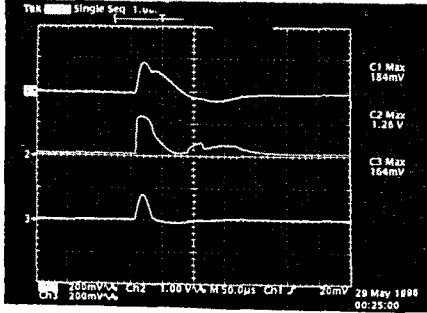
더불어 주회로 전류파형, 뒷단의 바리스터의 단자전압과 전류파형을 그림 6에 나타내었다. 뒷단의 바리스터는 LC필터의 전류가 거의 피크에 도달되는 점에서 동작함을 알 수 있다. LC필터의 콘덴서 양단의 전압 즉, 뒷단의 바리스터의 단자전압은 이 바리스터의 동작으로 제한됨을 알 수 있다. 뒷단의 바리스터의 동작지속시간은 앞단의 바리스터보다 약간 길게 나타났으며, 이는 콘덴서에 축적되는 전하량에 비례하게 된다. 주회로 전류의 방향으로부터 뒷단의 바리스터의 동작이 완료된 후에 콘덴서에 충전되어 있는 전하는 전원공급회로로 역류됨을 알 수 있다.

따라서 콘덴서에 충전되어 있던 전하의 방전으로 뒷단의 바리스터의 단자전압은 서서히 감소하게 된다. 또한 LC필터의 콘덴서에 축적되어 있던 전하의 역류에 의해서 앞단의 바리스터의 단자전압도 나타나게 되며, 다소 변화하는 양상을 보이는 것을 이해할 수 있다. 즉, 앞단의 바리스터와 뒷단의 바리스터에 전압이 나타나는 시간은 거의 동일하다.



위 : 주회로 전류 (556 [A/div])
중간 : 앞단의 바리스터전류 (513 [A/div])
아래 : LC필터 전류 (586 [A/div])

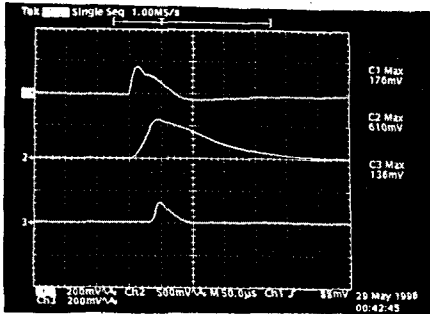
그림 4. 주회로(I₁)와 분기회로(I₂, I₃)에 흐르는 전류파형
Fig. 4. Current waveforms through the main (I₁) and branch circuits(I₂, I₃)



위 : 주회로 전류 (556 [A/div])
 중간 : 앞단의 바리스터 단자전압 (1 [kV/div])
 아래 : 앞단의 바리스터 전류 (513 [A/div])

그림 5. 주회로(I₁)의 전류파형 및 앞단의 바리스터의 단자전압과 전류파형

Fig. 5. Current waveforms of main circuit and the terminal voltage and current waveforms of the first stage varistor

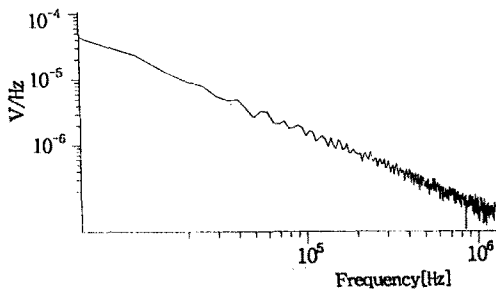


위 : 주회로 전류 (556 [A/div])
 중간 : 뒷단의 바리스터 단자전압 (1 [kV/div])
 아래 : 뒷단의 바리스터 전류 (513 [A/div])

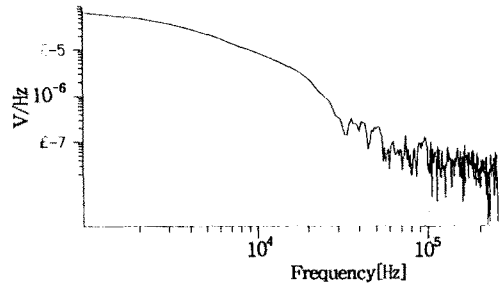
그림 6. 주회로(I₁)의 전류파형 및 뒷단의 바리스터의 단자전압과 전류파형

Fig. 6. Current waveforms of main circuit and the terminal voltage and current waveforms of the second stage varistor

일반적으로 뇌써지차단장치가 동작하게 되면 입사되는 써지전압, 전류를 급속하게 차단하므로 뇌써지보호장치의 제한전압파형은 급준성으로 고주파 성분을 포함하게 되어 노이즈를 발생시키게 된다. 이 노이즈는 피보호기나 전송선로를 통하여 전반되어 전체 시스템의 진도(upset)나 오동작을 일으키게 되는 문제점을 내포하고 있어 이에 대한 검토가 필요하다.



(a) 바리스터만의 클램핑전압에 대한 주파수스펙트럼



(b) 혼합회로형 뇌써지보호장치의 클램핑전압파형에 대한 주파수스펙트럼

그림 7. 바리스터와 혼합회로형 뇌써지보호장치의 클램핑전압파형에 대한 주파수스펙트럼

Fig. 7. Frequency spectra for the clamping voltage waveforms of varistor and hybrid circuit surge protective device

그림 1에서 앞단의 바리스터만 있을 때와 앞단의 바리스터에 필터를 조합하였을 때의 차단전압파형에 대한 주파수스펙트럼을 그림 7(a)에 나타내었다. 그리고 뒷단 바리스터의 단자전압 파형에 대한 주파수스펙트럼을 그림 7(b)에 나타내었다. 그림 7의 주파수스펙트럼에서 알 수 있는 바와 같이 10 kHz 이상의 고주파 성분이 대단히 감소되므로 바리스터만 사용한 뇌써지차단장치보다 본 연구에서 제안하는 혼합회로형 뇌써지차단장치의 동작에 의해서는 노이즈가 대폭 감소하는 우수한 특성을 얻었다.

4. 결론

본 연구에서는 전원회로를 통하여 침입하는 뇌써-지를 감쇠시킬 수 있는 바리스터와 LC필터를 이용한 혼합회로형 뇌써-지차단장치를 설계, 제작하고, 이에 대한 동작특성과 주파수스펙트럼을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 바리스터와 LC필터를 조합한 뇌써지차단장치에서 앞단의 바리스터와 필터는 거의 동시에 동작하며, 뒷단의 바리스터는 필터용 콘덴서의 충전전압에 따라 지연동작한다.
- (2) 써지가 침입하였을 때 앞단과 뒷단의 바리스터는 LC필터에 의해서 순차적으로 동작하므로 뇌써지차단을 분담하게 되므로 바리스터만을 사용하는 경우보다 동일한 바리스터에 비해 차단용량을 증대시킬 수가 있다.
- (3) 필터에 의해서 차단전압의 고주파 성분에 대단히 감쇠하여 뇌써지차단장치의 동작에 따른 노이즈의 발생을 억제할 수 있다.

참고문헌

- [1] 정해선역, 노이즈 방지와 대책, 성안당, 1992, pp 74~96.
- [2] Ronald B. Standler, Protection of Electronic Circuit from Overvoltages, 1994, pp184~193, 284~308
- [3] 민경찬 편저, 노이즈 종합대책, 성안당, 1992, pp. 251~258.
- [4] "Lightning and Lightning protection" Interference Control Technologies, pp 344~354
- [5] 장석훈, 이복희, 김경석, 이영근, 이복규, 옥영환, "조합형 뇌써지전압전류발생기의 제작과 특성", '96 대한전기학회 학제학술대회 논문집, 1996.7.
- [6] 박광민, PSPICE이해와 응용, 도서출판 동광, 1992, pp.183~188.