

초크코일을 이용한 SPD 조합회로의 잔류전압 저감기법

이태형, 조성철, 한후석, 엄주홍
기초전력연구원

A method for reducing the residual voltage of hybrid SPD circuit using choke coils

Tae-Hyung Lee, Sung-Chul Jo, Hoo-Suk Han, Ju-Hong Eom
KESRI

Abstract - Gas Discharge Tubes (GDTs) are widely used as surge protectors for communication applications due to their small internal capacitance. In these days, however, they are mostly used in combined configurations, because the activation voltage required to initiate the discharge process in the GDTs for sufficient amount of time can be large enough to damage surge-sensitive protected circuits. For GDTs with a considerably high initial over-voltage value, we should limit the peak voltage using a TVS or filter. As for ZnO varistors, even though their performance for voltage restriction is excellent, their applications in high-frequency communication circuits have been limited because of higher internal capacitance when compared to the GDTs. In order to develop a surge protector for communication applications by taking advantages of these two devices, we built a combination circuit that connects a GDT and a ZnO varistor along with a choke coil in common and differential modes. We describe how the applied SPDs operate in protection process steps with the actual data obtained from the residual voltage measurements at each step. The experiment results show that the surge voltage restriction with the choke coil is more effective in differential mode than in common mode.

GDT 등은 일반적으로 방전전류 내량이 크지만 속류가 발생할 수 있으며, 스위칭 형태의 보호동작을 하므로 적용이 불가능한 회로도 존재한다. 또한 초기 과전압이 상당 부분 존재하기 때문에 추가적인 TVS나 필터 등을 통해 피크전압을 제한해 주어야 한다. ZnO 바리스터의 경우는 전압제한 성능이 매우 뛰어나지만 내부 정전용량이 GDT 등에 비하여 크기 때문에 주파수 대역이 높아지는 통신회로에는 적용이 제한되는 경우가 많다. 최근에는 바리스터의 전류용량도 크게 증가하여 단일소자로 40kA의 I_{max} 값을 가지는 소자도 시판되고 있어서 그 사용이 급증하고 있다. surge suppressor diode나 TVS, 제너 다이오드 등은 반도체 소자로 전압제한 성능은 매우 뛰어나지만 작은 전류용량을 가지므로 서제보호의 제 1단계에서는 사용하기가 힘들다. 그림 2에는 SPD의 3단 조합회로의 대표적인 예를 나타내었다.

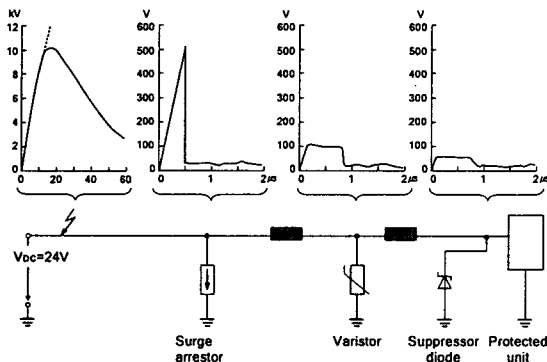
1. 서 론

가스방전관(GDT)은 내부 정전용량이 작아서 통신용 서지보호기로 널리 사용되고 있는 소자이다. 하지만 가스방전관의 동작개시를 위해서는 방전이 개시될 수 있는 충분한 전압과 시간이 필요하며, 이 동작개시전압은 피보호 회로가 서지에 민감한 장비일 경우 손상을 줄 수 있을 만큼 크므로 최근에는 조합 형태로 적용하는 경우가 대부분이다. 이렇게 초기 과전압이 상당 부분 존재하는 가스방전관에는 추가적으로 TVS나 필터 등을 통해 피크전압을 제한해 주어야 한다. ZnO 바리스터의 경우는 전압제한 성능이 매우 뛰어나지만 내부 정전용량이 가스방전관 등에 비해 크기 때문에 주파수 대역이 높은 통신회로에는 적용이 제한되는 경우가 많다[1]. 두 소자의 장점만을 살려 통신용 서지보호기에 적합하게 가스방전관과 ZnO 바리스터를 초크코일과 함께 접속한 조합회로를 공통모드와 차동모드로 구성하였다.

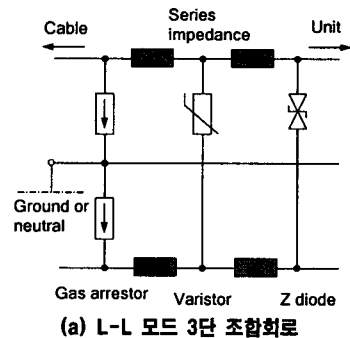
2. 본 론

2.1 ZnO 및 GDT type 소자의 조합회로 설치기법

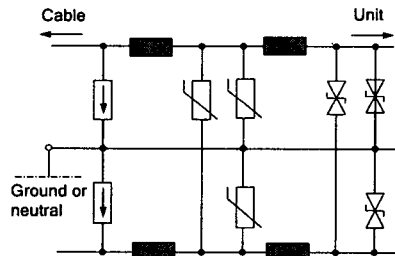
SPD의 조합회로는 그림 1에 나타내었다. 그림과 같은 보호단계가 기본적인 절차이다. 전자기기 등의 전원으로 사용되는 저압 전선선에 서지가 유입될 때 최초로 GDT 류의 surge arrester에 의해 서지가 1차적으로 차단된다. 이후 바리스터에 의해 GDT의 초기상승부 전압이 다시 제한되며 TVS 다이오드 또는 제너 다이오드 등에 의해 미소하게 전압 제한이 이루어진다.[2] 이와 같은 단계는 기본적인 원리에 의한 단계이며 실제로 적용할 경우에는 각 보호소자들의 특성을 세밀히 고려하여야 한다.



〈그림 1〉 SPD 조합회로의 보호단계



(a) L-L 모드 3단 조합회로



(b) L-L 및 L-G 모드 3단 조합회로
〈그림 2〉 SPD 조합회로의 예

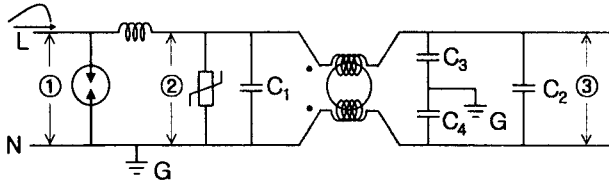
2.2 SPD 조합회로의 실증실험

3단 조합회로에서 GDT나 바리스터 중 하나가 없이 TVS 다이오드와 연결된 회로는 일반적으로 2단 조합회로라고 한다. 그림에 나타난 3단 조합회로는 기본적인 SPD 조합사례로 경우에 따라서는 각 부분의 단계를 생략할 수도 있다. 그림 2의 (a)는 각 선간에 침입하는 서지보호에 중점을 둔 것으로 GDT를 통해 접지로 서지전류를 방류시키고 바리스터와 제너다이오드는 GDT의 초기 서지전압의 피크를 L-L 모드위주로 제한하는데 중점을 둔 조합회로이다. 그림 2의 (b)는 L-L 모드 외에 L-G모드에도 바리스터와 제너다이오드를 접속한 조합으로 접지전위상승에 의한 서지전압 제한에도 보호성능을 발휘할 수 있다.

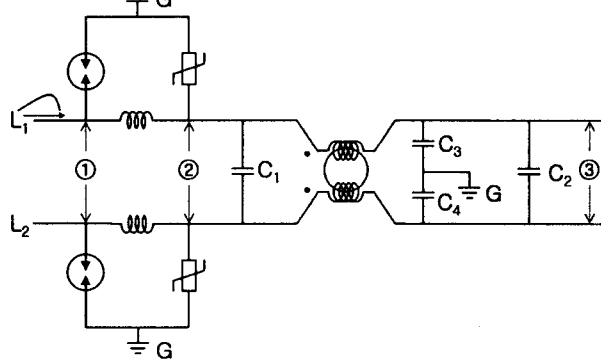
SPD 조합회로의 실증시험을 위하여 그림 3과 같이 조합회로를 구성하였다. 제 1단계는 GDT를 사용하였다. 사용된 GDT는 CITEL 사의 BB90 모델로 직류 방전전압은 90V, 서지전압에 대한 방전전압 피크는 최대 700V이다. 방전전류 내량은 5kA 용량이며 잔류전압은 최소 80V이다. 바리스터는 EPCOS 사의 S20K60 모델을 사용하였으며, 제한전압은 165V이다. 제 1단계와 제 2단계 사이에 삽입된 인덕터는 33[μH]를 적용하였다. 이러한 조합의 회로는 아주 낮은 주파수 영역(1[kHz] 이하)에서 사용이 가능하며, 사용되는 용도와 주파수 대역에 따라서 각 부분을 제외하거나 적절히 선택하여야 한다.

제 3단에 사용된 부분은 제너다이오드나 TVS 다이오드 대신 서지전압의 피크를 효과적으로 저감시켜줄 수 있는 필터를 적용한 사례이다.

일반적으로 ZnO 소자를 적용할 수 있는 영역이라면 ZnO 소자의 탁월한 전압제한 능력 때문에 TVS 다이오드의 역할이 위축된다. 따라서 본 실증시험에서는 common-mode choke 형태의 L과 병렬 C로 이루어진 필터를 적용하였다. common-mode choke에서는 L-L모드에서 인덕턴스가 매우 작지만 L-G모드에서는 직렬 인덕턴스가 매우 커서 서지전류가 통과하지 못한다. 일반적으로 사용하는 C₁과 C₂의 값은 0.1~0.5[μF]이며, C₃와 C₄는 2[nF] 정도로 사용한다. 그림 3에 사용된 필터의 정전용량은 C₂의 값이 0.1[μF], C₃와 C₄는 2.5[nF], 직렬 L의 값은 2[mH]이다.



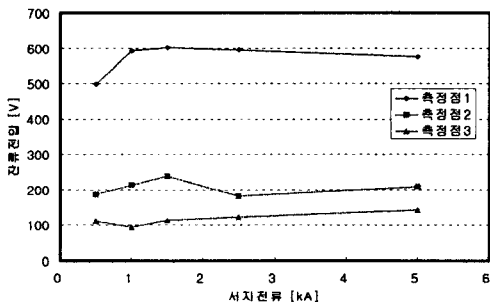
(a) common-mode 조합회로 실증시험



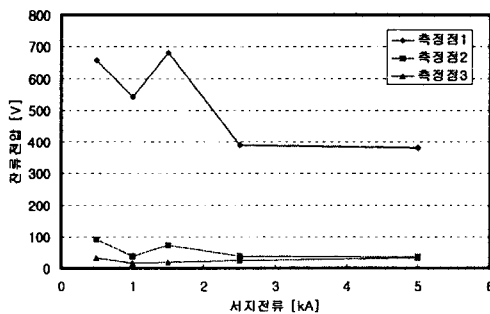
(b) differential-mode 조합회로 실증시험

<그림 3> SPD 조합회로 실증시험 회로도

그림 3에서 각 단계별로 잔류전압 측정점을 ①, ②, ③으로 표시하였다. 각 측정점에서의 잔류전압은 단계별로 적용한 SPD들이 어떻게 동작하는지를 명확히 알 수 있으며, SPD 조합회로의 응용에 활용될 수 있다. common-mode 및 differential-mode의 잔류전압 결과를 그림 4에 나타내었으며, 각 측정지점에서의 대표파형을 그림 5에 비교하였다.



(a) common-mode 조합회로 잔류전압

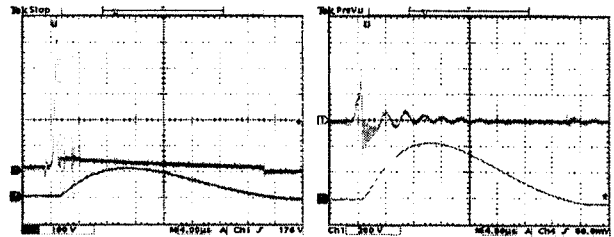


(b) differential-mode 조합회로 잔류전압

<그림 4> SPD 조합회로 실증시험 회로도

두 모드에서 측정점이 1에서 3으로 갈수록 잔류전압이 감소하였으며, 서지전류가 약 5kA 정도까지 증가함에 따라 안정적으로 동작함을 알

수 있다. SPD의 조합에 있어서 3단계로 적용할 때 최종적으로 잔류전압이 제일 낮았지만, differential-mode의 경우에는 2단계 정도에서도 서지전압을 제한하는 효과가 양호하게 나타났다. 이와 같은 결과는 이미 노이즈 저감대책으로 differential-mode 신호회로를 많이 사용하는 이유에서도 알 수 있듯이 common-mode의 서지전압 제한에 있어서 매우 유용하다. 단 회로적으로 조금 복잡한 단점을 지니고 있으므로 적용에 있어서 각 보호소자들의 조합특성을 세밀하게 분석한 후 적용하여야 한다.



Ch. 1 : 잔류전압, 100V/div

Ch. 2 : 방전전류, 2kA/div

(a) 측정점 1

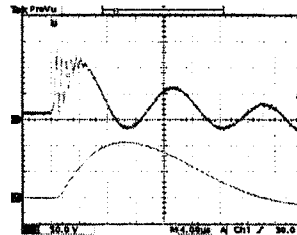
Ch. 1 : 잔류전압, 200V/div

Ch. 2 : 방전전류, 1kA/div

(b) 측정점 1

(common-mode)

(differential-mode)



Ch. 1 : 잔류전압, 50V/div

Ch. 2 : 방전전류, 1kA/div

(c) 측정점 2

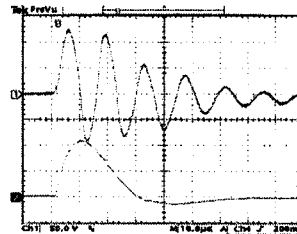
Ch. 1 : 잔류전압, 20V/div

Ch. 2 : 방전전류, 1kA/div

(d) 측정점 2

(common-mode)

(differential-mode)



Ch. 1 : 잔류전압, 50V/div

Ch. 2 : 방전전류, 1kA/div

(e) 측정점 3

Ch. 1 : 잔류전압, 20V/div

Ch. 2 : 방전전류, 1kA/div

(f) 측정점 3

(common-mode)

(differential-mode)

<그림 5> SPD 조합회로 실증시험 파형

3. 결 론

ZnO 바리스터와 가스방전관을 초크코일과 함께 접속한 조합회로를 공통모드와 차동모드로 구성하고 조합특성을 제시하였다. 서지가 인가된 상태에서 보호가 되는 과정을 각각의 측정점에서 잔류전압을 측정하여 단계별로 적용한 SPD들이 어떻게 동작하는지를 실측데이터로 제시하였다. 실험결과 공통모드에 비하여 차동모드 초크코일에서 서지전압을 제한하는 효과가 큰 것으로 나타났다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이복희, 이승철, "정보통신설비의 뇌(雷)보호", 인학대학교 출판부, 2004
- [2] KS C IEC 61643-12, "저압배전계통의 서지보호장치, 제12부 : 선형 및 지침", 2003
- [3] KS C IEC 61643-1, "저압배전계통의 서지보호장치, 제1부 : 성능 및 시험방법", 2003
- [4] KS C IEC 61643-311, 저압 서지보호장치의 부품, 제 311 부: 가스방전관 규정, 2003.
- [5] R. B. Standler, Protection of Electronic Circuits from Overvoltages, John Wiley & Sons, 1989
- [6] 박희로, 정용기 共譯, 뇌(雷)와 고도 정보화사회, 의제출판사, 2000
- [7] Keith W. Eilers, Mark Wingate, and Eric Pham, "Application and Safety Issues for Transient Voltage Surge Suppressors", IEEE Tras. on IA, Vol. 36, No. 6, pp.1734~1740, 2000