

가스방전관(GDT)을 적용한 서지보호장치 회로의 DC 동작전압 최적조건 고찰

(Optimization of DC Operating Voltage for GDT-Adopted SPD)

최종민* · 전태현**

(Jongmin Choi · Taehyun Jeon)

Abstract

It is made compulsory to install SPD for the purpose of protecting electric and electronic devices when an abnormal voltage such as lightning occurs to power line using power frequency of 60Hz. Recently, the high speed communication technology utilizing power line is receiving attention again as a communication technology for smart grid. The SPD influences the performances of power line communication when using SPD and power line communication system together. In order to improve the performance of power line communication, a proposed scheme for series connection of gas discharge tube to ZnO varistor was presented. This paper measured the impacts of series connection of GDT to SPD using ZnO varistor on the limit voltage of Class III SPD. This paper also presented the DC operating voltage of GDT which satisfies the limit voltage of power line communication system and SPD simultaneously.

Key Words : GDT, Power-line Communication, DC Operating Voltage, Data Transmission Rate, SPD

1. 서 론

고속 전력선 통신은 전기에너지의 전송을 목적으로 설치된 전력선을 통신 매체로 이용하여 고주파 대역에서 통신하는 기술로 최근 지능형 전력망(Smart Grid) 환경에서 AMI, 홈네트워크 등 다양한 응용 분야에 적용되고 있다[1]. 이러한 통신 기기가 장착되는 전력선

에는 다양한 종류의 잡음 및 간섭이 존재하여 통신 성능 저하의 원인이 되고 있다[2]. 이러한 간섭의 원인 중에는 낙뢰로부터 전력선에 연결된 전자, 전기기기기의 보호를 목적으로 설치된 서지보호장치(SPD)가 존재한다. 지난 2010년 우리나라 연간 낙뢰발생 횟수는 그림 1에서 나타나듯이 약 164,000회로 2007년 약 242,000회, 2005년 약 187,000회 다음으로 세 번째로 많이 발생하였고, 2007년 이후 감소추세에 있던 낙뢰발생 횟수가 2009년에 비해 약 2.57배 증가하였다[3].

서지보호장치에 사용되는 ZnO 바리스터는 고속 전력선통신 시스템이 사용하는 주파수 영역인 2[MHz]~30[MHz]에서 그림 2와 같이 11.11[MHz]~18.01

* 주저자 : 서울과학기술대학교 산업대학원 전기공학과 석사과정

** 교신저자 : 서울과학기술대학교 전기정보시스템공학과 교수

Tel : 02-970-6409, Fax : 02-978-2754

E-mail : thjeon@seoultech.ac.kr

접수일자 : 2012년 5월 24일

1차심사 : 2012년 5월 30일

심사완료 : 2012년 6월 13일

[MHz] 영역은 채널이득감쇠가 -40[dB] 이하로 전력선통신 시스템에서 통신 신호를 복구할 수 없는 영역이 있음을 나타내고 있다. 따라서 고속전력선 통신 시스템에서 ZnO 바리스터를 주요소자로 사용하는 전원용 서지보호장치는 종류 및 연결 방식에 따라 차이가 있지만 일부 조합은 40[%] 이상 고속 전력선통신의 데이터 전송률이 감소하고, 이를 개선할 목적으로 가스방전관형 SPD(Gas Discharge Tube)를 직렬 적용하는 방안이 제시되었다[4].

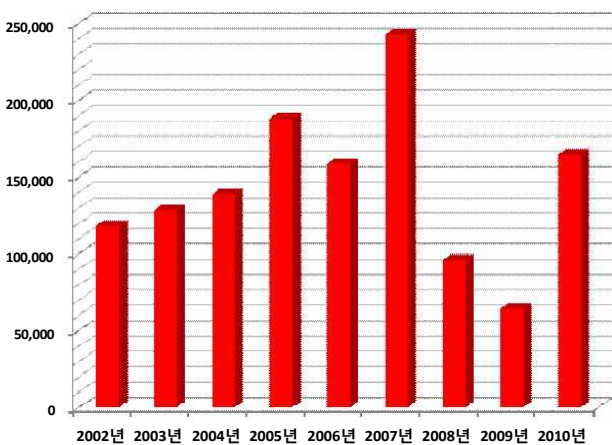


그림 1. 최근 9년간 낙뢰발생 횟수
Fig. 1. Number of lightning during the past 9 years

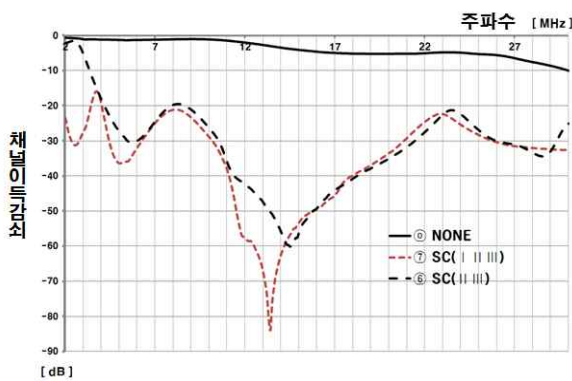


그림 2. 서지보호장치의 채널이득감쇠
Fig. 2. channel gain attenuation of SPD

GDT는 세라믹관 또는 유리관 등의 방전관에 삽입된 전극장치로 구성되며, GDT에 서지전압을 공급하면 전극장치에서 방전이 일어나서 고저항 상태에서 저저항

상태로 천이된다. 이 과정은 공급된 서지 전압의 상승 시간에 의해 좌우되는데, 빠른 상승시간을 가지면 아크시간이 짧고, 가스방전의 개시전압도 높다[5].

GDT의 DC 동작전압은 전극의 극간 거리, 압력 및 사용된 가스의 특성에 따라서 조절이 가능하고, 누설 전류가 거의 없으며 용량 성분은 0.5~2[pf] 정도이다. 이러한 장점 때문에 전송신호의 주파수가 50[MHz]보다 높은 고주파회로에 적용할 수 있다[6]. 그러나 GDT에 공급되는 전압이 DC와 AC에 따라 방전 메커니즘에서 다른 특성을 보인다. GDT에서 방전이 일어나면 방전관의 전극 사이는 도통 상태로 되므로 매우 낮은 저항값을 가지게 된다. 만약 GDT를 교류 전원선에 접속하여 사용하게 되면, 서지전압에 방전이 발생한 후 GDT 양단의 아크방전이 교류전압의 피크값 보다 작을 경우 방전이 소멸되지 않고 지속되어 속류가 흐르게 된다. 따라서 GDT을 전원선로에 사용함에 있어 큰 제한요소로 작용한다. 전극을 통하여 흐르는 방전전류가 GDT의 종류와 특성에 따라 정해지는 허용 전류 이하로 작아지거나 단자간의 전압이 글로우 방전이나 아크 방전전압 이하로 낮아질 때 GDT는 방전 상태에서 절연상태인 정상상태로 복귀된다[7].

따라서 본 논문에서는 고속 전력선통신 데이터 전송률을 개선하는 방안으로 제시된 Class III 등급의 ZnO 바리스터에 GDT를 직렬 적용하는 방식이 1.5[kV] 이하의 서지 제한전압 범위를 유지하는 GDT의 DC 동작전압을 실험적으로 검증하였다.

2. 실험

2.1 모의실험계의 구성

실험에 사용된 전압 제한형 ZnO 바리스터와 GDT는 표 1과 같은 사양을 가지며, Class III 등급용 서지보호장치는 ZnO 바리스터(SVR20D471K) 1개에 EPCOS사의 GDT(EC75X 또는 EC90X) 1개씩을 그림 3과 같이 직렬 연결하여 모의 실험용 서지보호장치 회로를 제작하였다.

모의 서지보호장치에 적용된 GDT의 DC 동작전압은 75, 90, 180(90[V]×2), 225(75[V]×3), 300(75[V] ×4),

가스방전관(GDT)을 적용한 서지보호장치 회로의 DC 동작전압 최적조건 고찰

360(90[V]×4)으로 구성하였다. 구성된 GDT의 DC 동작전압별로 누설전류를 측정하여 비교하고, 각 DC 동작전압에 대하여 그림 4에서 나타난 바와 같이 1.2/50 [μ s], 6[kV]의 서지전압을 정극성으로 모의 서지보호장치에 공급하여 제한전압과 전류를 측정하였다.

표 1. ZnO 바리스터와 GDT의 사양
Table. 1. Specifications of ZnO varistors and GDT

모델명		GDT		ZnO 바리스터
		EC75X	EC90X	SVR20D471K
사용전압 [V]	AC rms	-		300
	DC	75	90	385
Imax(8/20[μ s]) [A]		5,000		6,500
Wmax(2[ms]) [J]		-		204
Pmax [W]		-		1.0
Ctyp (1[kHz]) [pF]		< 1		850

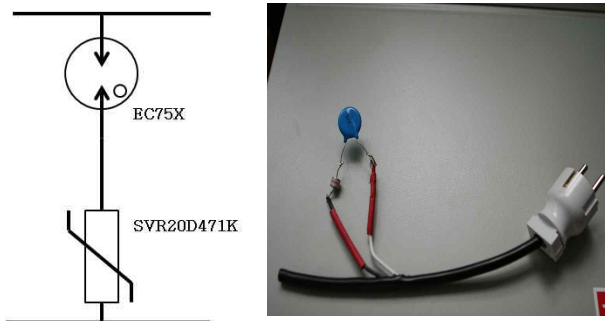


그림 3. ZnO+GDT을 직렬 접속한 Class III 모의 서지보호장치
Fig. 3. Class III SPD with series connection of ZnO+GDT

실험은 2012년 1월 9일(월)에 오후 1시30분부터 온도 14[$^{\circ}$ C], 습도 44[%] RH, 고도 1,016의 2층 실험실 환경 하에서 수행하였다.

본 실험에 사용된 조합과 서지발생장치는 Thermo Key-tek사에서 공급한 조합과 발생기(ECAT E521)이며, 파형측정은 Tektronix에서 공급된 DPO 7104 ('11.07.15. 교정)에 Tektronix의 고전압 Probe인 P5210('11.07.21. 교정)를 적용하여 서지 제한전압을 측정하였고, 서지보호장치에 흐르는 전류는 2,000:1

배율을 갖는 로고스키 코일로 0.50[mV/A]의 정밀도에 최대 12.0[kA]까지 측정할 수 있는 CWT-60R ('11.04.15 교정)을 활용하였다. 모의 서지보호장치에 서지 제한전압을 공급하기 전에 GDT의 DC 동작전압별로 LCD-4('11.07.22 교정)를 이용하여 ZnO 바리스터에 직렬로 적용된 상태에서 최대 누설전류를 측정하였다.

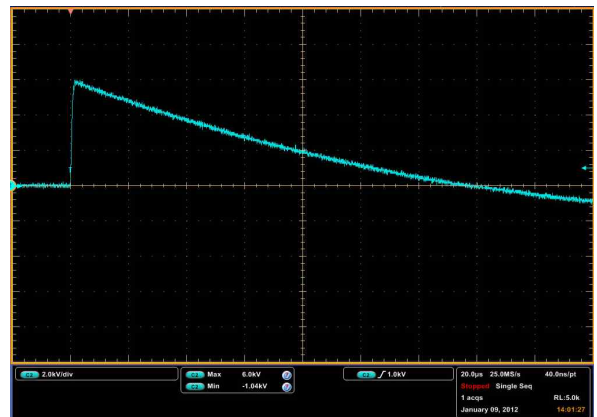


그림 4. 서지보호장치에 공급한 서지전압 파형
Fig. 4. Surge voltage wave supplied to SPD

2.2 GDT DC 동작전압별 누설전류 측정

Class III 등급용 모의 서지보호장치에 적용한 GDT는 DC 동작전압이 75[V]와 90[V]인 GDT를 활용하여 75~360[V]별로 구성하여 누설전류 측정 장치(LCD-4)로 전압 제한형 ZnO 바리스터만 적용된 모의 서지보호장치에 대한 누설전류 측정값을 기준으로 각 GDT의 DC 동작전압별로 측정한 결과 그림 5와 같다.

그림 5에서 ZnO 바리스터만 적용된 경우(NONE)는 59[μ A]로 나타났고, ZnO 바리스터에 GDT를 직렬로 적용한 경우는 GDT의 DC 동작전압이 90[V]까지는 GDT를 적용하지 않은 서지보호장치에 비하여 약 5[%]의 누설전류가 감소한 56[μ A]로 나타났고, 180[V]의 동작전압에서는 48[μ A]로써 ZnO 바리스터만 적용된 경우(NONE)와 비교하여 약 18.6[%]가 감소함을 나타내었으며, GDT의 DC 동작전압이 300[V]이상인 경우에는 1[μ A]로 나타났다.

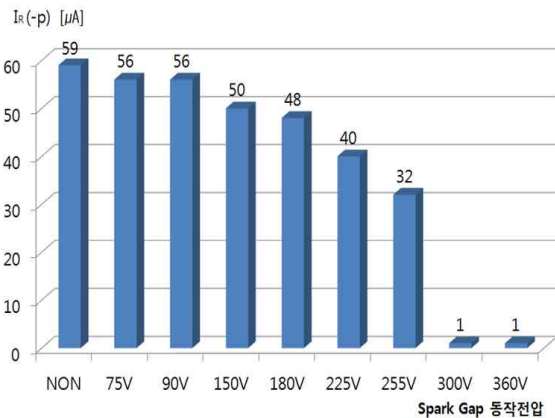


그림 5. GDT DC 동작전압별 누설전류 측정값
Fig. 5. Leakage current by GDT DC operating voltage

2.3 모의 서지보호장치의 제한전압 및 전류 측정

모의 서지보호장치에 대하여 Thermo Key-tek사에서 공급한 조합과 발생기(ECAT E521)를 활용하여 KS C IEC 61643-11 : 2012 8.3.3.3항 중 조합파로 제한전압 측정 위한 시험절차에 따라 그림 4와 같이 개방전압 파형 1.2/50[μs]에 6[kV]를 공급하였다. ZnO 바리스터와 직렬로 GDT의 DC 동작전압에 따라 75, 90, 150, 180, 225, 300, 360[V]을 갖도록 제작하여 서지 제한전압과 전류를 측정하였다.

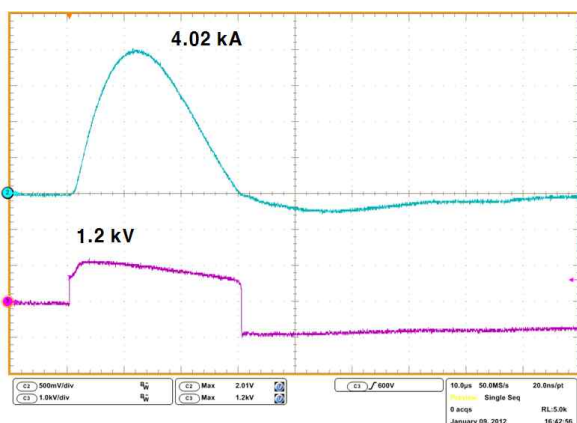


그림 6. ZnO 바리스터에 대한 제한전압 측정 파형
Fig. 6. Wave measurement for limit voltage of ZnO

그림 6에서 나타난 Class III용에 사용되는 ZnO 바리스터만을 대상으로 1.2/50[μs]의 파형을 갖는 개방전압 6[kV]를 공급하였을 때 서지 제한전압은 1.2[kV]를 나타내고, 로고스키 코일로 측정된 서지보호장치에 흐르는 전류는 4.02[kA]로 나타났다.

그림 7은 ZnO 바리스터에 DC 동작전압 75[V]를 갖는 GDT를 직렬로 적용하고 조합과 발생기(ECAT)에서 발생된 1.2/50[μs], 6[kV] 전압을 공급하였을 때 측정된 서지보호장치에 흐르는 전류 3.90[kA]와 서지 제한전압 1.16[kV]를 나타내고 있다.

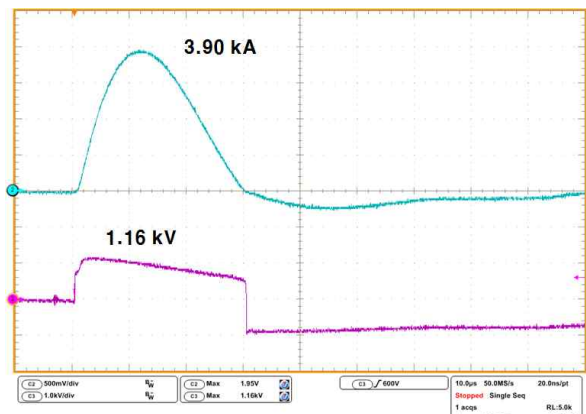


그림 7. ZnO 바리스터와 75(V)용 GDT를 직렬 적용시 제한전압 측정 파형
Fig. 7. Wave measurement for series connection of ZnO and 75(V) GDT

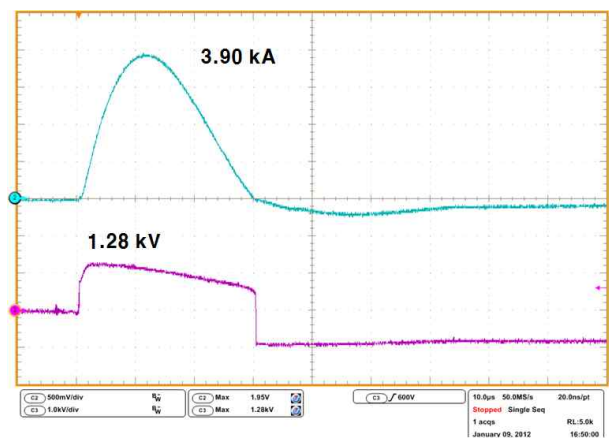


그림 8. ZnO 바리스터와 90(V)용 GDT 직렬적용시 제한전압 측정 파형
Fig. 8. Wave measurement for series connection of ZnO and 90(V) GDT

그림 8은 ZnO 바리스터에 DC 동작전압 90[V]를 갖는 GDT를 직렬로 적용하여 서지전압 6[kV]를 공급하였을 때, 모의 서지보호장치에 흐르는 전류는 3.90[kA]로 나타났고, 제한전압 1.28[kV]로 측정되었음을 나타내고 있다. GDT를 적용하지 않은 서지보호장치와 비교하였을 때 서지 제한전압은 3.3[%] 증가하였다.

그림 9는 DC 동작전압 90[V] 2개로 180[V]로 구성하여 ZnO 바리스터에 직렬로 연결하고 1.2/50[μs], 6[kV] 전압을 공급하였을 때 서지제한전압은 1.24 [kV], 서지보호장치에 흐르는 전류는 3.94[kA]로 측정되었음을 나타낸다.

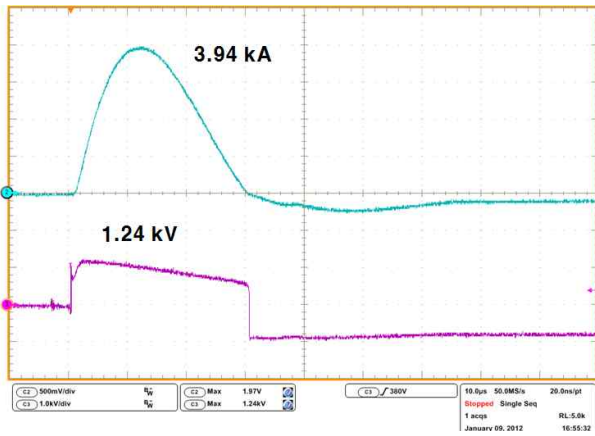


그림 9. ZnO 바리스터와 180[V]용 GDT 직렬 적용시 제한전압 측정 파형
Fig. 9. Wave measurement for series connection of ZnO and 180[V] GDT

그림 10은 DC 동작전압 75[V]를 갖는 GDT를 3개로 구성하여 225[V]용으로 제작한 후 ZnO 바리스터를 직렬 연결하였다. 조합과 발생기로 1.2/50[μs], 6[kV] 전압을 공급하였을 때 측정된 전류는 3.90[kA], 제한전압은 1.88[kV]로 측정되었다. 특히 제한전압 파형을 살펴볼 때 GDT의 특징인 초기 상승 파형이 제한전압 범위보다 높게 나타남을 알 수 있다.

그림 11은 DC 동작전압 75V를 갖는 GDT를 4개 직렬로 구성(300[V])하고 여기에 ZnO 바리스터를 직렬 연결한 경우로 조합과 발생기로 1.2/50[μs], 6[kV] 전압을 공급하였을 때 측정된 전류는 3.90[kA], 제한전압은 2.16[kV]로 측정되었다. 서지 제한전압은 44[%]

높았으며, 전류는 3[%] 감소함을 나타내었다.

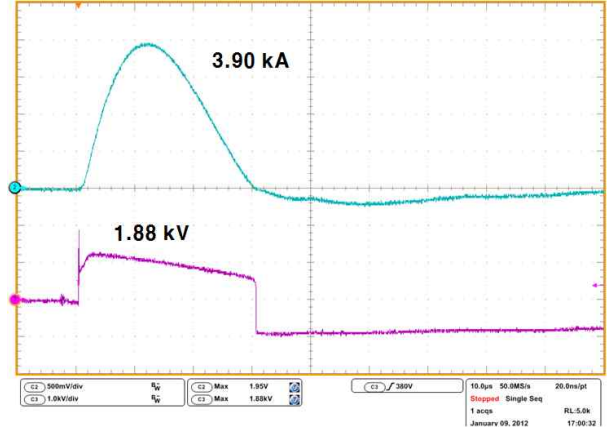


그림 10. ZnO 바리스터와 225[V]용 GDT 직렬 적용시 제한전압 측정 파형
Fig. 10. Wave measurement for series connection of ZnO and 225[V] GDT

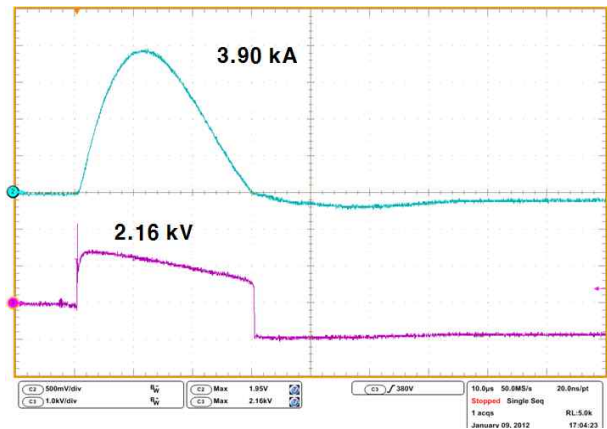


그림 11. ZnO 바리스터와 300[V]용 GDT 직렬 적용시 제한전압 측정 파형
Fig. 11. Wave measurement for series connection of ZnO and 300[V] GDT

그림 12는 DC 동작전압 90[V]를 갖는 GDT를 4개 직렬(360[V])로 구성하고 여기에 ZnO 바리스터를 직렬 연결한 경우로 조합과 발생기로 1.2/50[μs], 6[kV] 전압을 공급하였을 때 측정된 전류는 3.90[kA], 제한전압은 2.06[kV]로 측정되었다.

ZnO 바리스터만을 적용된 경우와 GDT의 DC 동작전압별로 측정된 서지 제한전압 및 서지보호장치에 흐르는 전류를 종합하면 그림 13과 같다.

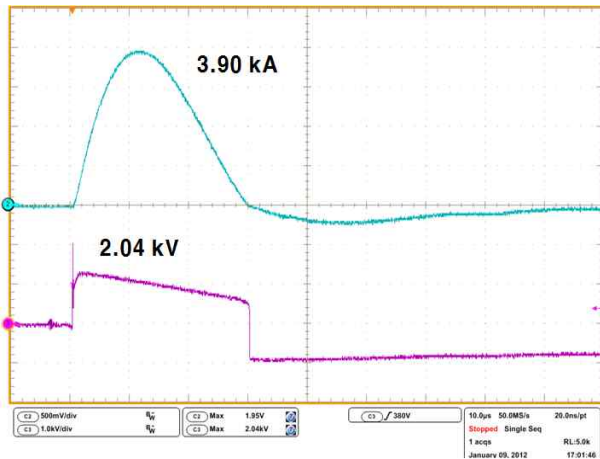


그림 12. ZnO 바리스터와 360[V]용 GDT 직렬 적용시 제한전압 측정 파형
 Fig. 12. Wave measurement for series connection of ZnO and 360[V] GDT

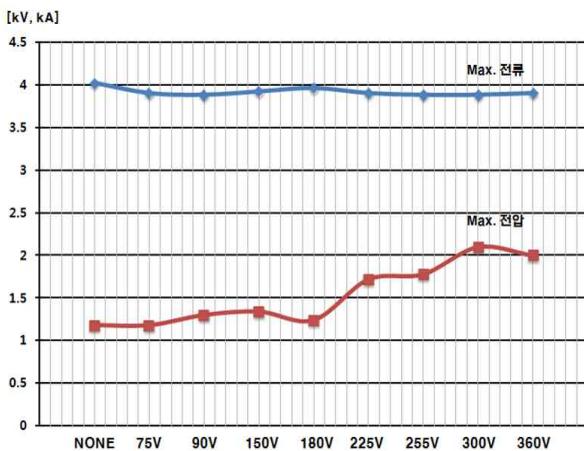


그림 13. GDT DC 동작전압별 제한전압 측정값
 Fig. 13. Limit voltage by GDT DC operating voltage

전력선 말단에 설치되는 Class III급의 제한전압은 1.5[kV]를 넘지 않도록 설정하는 것이 중요하다. 실험 결과에서 나타나듯이 ZnO 바리스터와 GDT를 직렬로 적용할 때 ZnO 바리스터에 비하여 상대적으로 높은 임피던스를 갖는 GDT에 사용전압의 약 90[%] 이상 분압 된다. 이 전압 분압에 따라 GDT의 DC 동작전압을 300[V] 이상 설정할 경우 Class III 급이 요구하는 서지보호장치의 서지 제한전압 1.5[kV] 이하를 만족시킬 수 없다. 그림 12에서 나타나듯이 모의

서지보호장치의 제한전압이 1.5[kV]이하인 경우는 GDT의 DC 동작전압범위가 180[V] 이하에서만 만족함을 알 수 있다. 그러므로 ZnO 바리스터만 적용되었을 때보다 적은 누설전류를 갖으면서도 고속 전력선 통신의 데이터 전송률에 영향을 최소화 할 수 있는 GDT의 DC 동작전압은 180[V] 이하가 최적이라 할 수 있다.

5. 결 론

전력선통신 시스템이 사용되는 통신매체는 전력선에 적용되는 통신기술이므로 KS C IEC 61643-2에 따라 통신용 SPD를 준용하기 보다는 KS C IEC 61643-1에 의거한 시험이 준용되어야 한다.

저압 전원시스템(220[V])에서 사용되는 서지보호장치의 주요소자인 ZnO 바리스터의 주파수 특성으로 인하여 전력선 통신시스템의 데이터 전송률이 저해되고, 이를 개선하는 방안되었다.

ZnO 바리스터에 GDT를 직렬 적용하는 방식에 대하여 Class III급으로 사용되는 전압 제한형 ZnO 바리스터를 제약조건으로 하고, 서지 제한전압이 1.5[kV]를 넘지 않는 GDT의 DC 동작전압의 조건을 실험적으로 검증하였다.

실험을 통하여 전압 제한형 ZnO 바리스터와 GDT의 직렬 적용 전후에 대한 누설전류를 측정 비교하였을 때 180[V] 이하에서 최대 18.6[%] 감소하였다. GDT의 DC 동작전압별로 서지보호장치의 서지 제한 전압을 측정 · 비교한 결과, GDT의 DC 동작전압이 180[V] 이하에서 서지보호장치의 서지제한 전압을 초과하지 않았다. 그러므로 Class III급으로 적용되는 ZnO 바리스터에 180[V] 이하의 DC 동작전압을 갖는 GDT를 직렬로 회로를 구성하면 저압 전력선에서 서지보호장치가 전력선통신 시스템에 성능을 저해하지 않고, 서지제한 전압을 만족시킬 수 있는 최적 조건임을 확인하였다.

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] J. Zyren, "The HomePlug Green PHY Specification & the In-Home Smart Grid", Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics, pp 241~242, 2011.
- [2] M. G"otz, M. Rapp, and K. Dostert, "Power line channel characteristics and their effect on communication system design," IEEE Commun. Magazine, vol. 42, no. 4, pp. 78 - 86, Apr. 2004.
- [3] Korea Meteorological Administration, "ANNUAL LIGHTNING REPORT 2010", pp 1, 2011.
- [4] Jongmin Choi, Taehyun Jeon, "A method for enhancing data transmission performance in the power-line communication channel with low-voltage surge protective devices", JIEE.2012.26.2, pp 82 ~ 85.
- [5] Hee-Ro Kwak, Chung-Yong Ki, "Lightning Protection for Information-oriented and Computerized Society", uijae, pp 105~131, 2000.
- [6] Bok-Hee Lee, Ju-Hong Eom, "An Effective Installation Method of Lightning Protective Devices for Information and Communication Facilities", JIEE, Vol.16, No 5, pp90 ~ 96, 2002.
- [7] Sung-Chul Cho, Ju-Hong Eom and Tae-Hyung Lee, Hoo-Sek Han, "V-I Characteristic of ZnO Varistor and GDT", KIEE Annual Spring Conference 2006, pp 356 ~ 359.

◇ 저자소개 ◇



최중민 (崔鍾民)

1965년 4월 28일생. 2010년 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업. 현재 서울과학기술대학교 산업대학원 전기공학과 석사과정.



전태현 (田太賢)

1967년 1월 31일생. 1989년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1993년 Minnesota 대학교 대학원 졸업(석사). 1997년 Minnesota 대학교 대학원 졸업(박사). 1998년 Motorola 연구원. 2001년 Texas Instruments 연구원. 2005년 한국전자통신연구원(ETRI) 선임

연구원. 현재 서울과학기술대학교 전기정보시스템공학과 교수.

Tel : (02)970-6409

Fax : (02)978-2754

E-mail : thjeon@seoultech.ac.kr