

## 특별저전압 직류 전원회로에 유용한 서지방호장치의 설계와 특성

(Design and Behavior of Validating Surge Protective Devices  
in Extra-low Voltage DC Power Lines)

심서현\* · 이복희\*\*

(Seo-Hyun Shim · Bok-Hee Lee)

### Abstract

In order to effectively protect electrical and electronic circuits which are extremely susceptible to lightning surges, multi-stage surge protection circuits are required. This paper presents the operational characteristics of the two-stage hybrid surge protection circuit in extra-low voltage DC power lines. The hybrid surge protective device consists of the gas discharge tube, transient voltage suppressor, and series inductor. The response characteristics of the proposed hybrid surge protective device to combination waves were investigated.

As a result, the proposed two-stage surge protective device to combination wave provides the tight clamping level of less than 50V. The firing of the gas discharge tube to lightning surges depends on the de-coupling inductance and the rate-of-change of the current flowing through the transient voltage suppressor. The coordination between the upstream and downstream components of the hybrid surge protective device was satisfactorily achieved. The inductance of a de-coupler in surge protective circuits for low-voltage DC power lines, relative to a resistance, is sufficiently effective. The voltage drop and power loss due to the proposed surge protective device are ignored during normal operation of the systems.

Key Words : Surge Protective Device(SPD), Two-stage Hybrid SPD, Energy Coordination, De-coupler, Gas Discharge Tube, Transient Voltage Suppressor, Combination Wave

### 1. 서 론

현대 사회는 고도정보화 시스템을 기반으로 유비쿼터스시대가 되었으며, 그에 따라 저압 직류 전원시스템의 사용은 점점 증가하는 추세이며, 뇌서지에 의해 피해가 발생할 가능성이 있다. 50V 이하의 특별저전압 직류회로의 사용은 초소형 반도체를 생산하는 기술의 발전과 더불어 컴퓨터 기반의 정보통신기술

---

\* Main author : KR Engineering Co., Ltd.  
Assistant Manager  
\*\* Corresponding author : School of Electrical Engineering, Inha University, Professor  
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr  
Received : 2014. 12. 19  
Accepted : 2015. 1. 14

(Information communication technology: ICT)와 같은 정보·통신설비의 많은 보급 및 발광다이오드(Light emitting diode: LED)광원의 보급이 확대되면서 더욱 주목을 받게 되었다. 또한 저압 직류배전에 대한 연구가 진행 중에 있으며, 머지않은 장래에 실용화될 것으로 전망되므로 효과적인 서지방호대책의 적용이 필요하다[1-5].

특별저전압 직류전원 회로와 같이 서지에 대한 매우 낮은 제한전압이 요구되는 경우 1포트 서지방호장치로는 효과적으로 대응할 수 없다[6-7]. 따라서 과도전압제한기(transient voltage suppressor: TVS)와 같은 전압제한형 소자와 가스방전관(gas discharge tube: GDT)과 같은 전압스위칭형 소자를 복합적으로 사용하는 것이 이상적인 방법이라고 할 수 있으며, 혼합형 서지방호장치(hybrid surge protective device: 혼합형 SPD)가 사용되고 있다[8-9]. 혼합형 SPD는 각 구성 요소의 장점을 최대한 이용하여 보호하고자 하는 전자회로의 요구조건에 따라 다양한 성능을 가지도록 설계할 수 있다.

본 논문에서는 50V 이하의 특별저전압 직류 전원시스템에 유효한 서지방호장치를 구현하기 위한 목적으로 스위칭소자와 전압제한형 소자를 종속으로 접속하고 감결합요소로 인덕턴스를 적용하여 구현한 혼합형 SPD의 성능에 대하여 기술하였다. 제안된 혼합형 SPD의 보호성능을 결정하기 위하여 조합과 입사전압, 입사전류 및 감결합요소인 인덕턴스의 크기에 따른 동작특성과 보호협조를 측정하고 분석하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험회로

본 연구에서는 감결합요소로 직류에는 반응하지 않아 정상상태에는 회로의 특성에 전혀 영향을 미치지 않고 단지 시간에 따라 급격히 변동하는 서지에만 응답하여 GDT의 동작이 효과적으로 이루어지도록 직렬인덕턴스를 적용하여 혼합형 SPD의 동작과 특성을 제어할 수 있도록 한 것이 주안점이다.

유도서지에 대한 GDT와 TVS의 역할과 응답특성

을 분석하기 위한 목적으로 GDT와 TVS를 종속으로 접속하고 두 소자 사이에 직렬인덕턴스를 접속하는 혼합회로를 구성하였으며, 혼합형 SPD의 동작특성을 측정하기 위한 실험회로는 그림 1과 같다.

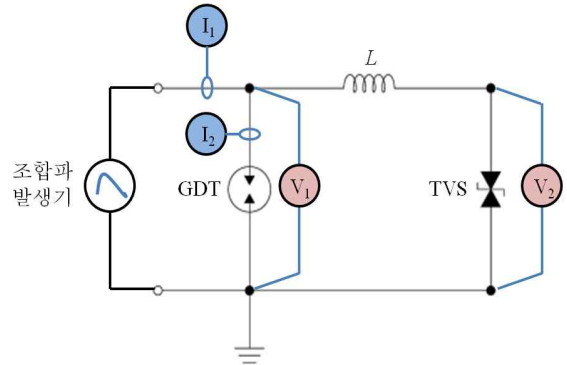


그림 1. 혼합형 SPD의 동작특성을 측정하기 위한 실험회로  
Fig. 1. Experimental circuit for measuring the operational characteristics of the Hybrid SPD

SPD의 유도서지에 대한 성능시험에 요구되는 개방 상태에서  $1.2/50\mu s$  임펄스전압, 단락상태에서  $8/20\mu s$  임펄스전류를 발생시키는 조합과발생장치를 사용하였다[10-11]. 전압의 측정에는 DC-50MHz 주파수대역의 능동형 차동전압프로브를 사용하였다. 전류는 20MHz의 주파수대역과 5kA까지 측정할 수 있는 관통형 전류프로브로 측정하였다. 임펄스전압과 전류파형은 5GS/s의 오실로스코프로 관측하였다.

### 2.2 시료 및 방법

GDT는 직류동작개시전압이 전원계통의 최대 운전 전압보다 높은 DC 75V의 시료를 사용하였으며, TVS는 정상운전상태에서 동작하지 않도록 최소 동작전압이 31.4V인 규격의 제품을 사용하였으며, GDT와 TVS의 상세한 사양을 표 1과 2에 나타내었다.

감결합요소인 직렬인덕턴스는 GDT와 TVS의 협조 동작을 이루는 전압레벨에 따른 직렬인덕턴스의 크기를 산정하기 위해 5, 10, 20, 30, 45, 55, 65, 75 $\mu H$  총 8종을 적용하여  $1.2/50\mu s$  임펄스전압 250V에서 50 또는 100V단위로 증가시켜 가면서 1,100V까지 입사시

키는 실험으로 직렬인덕턴스 및 입사전압의 크기를 파라미터로 하여 GDT가 동작할 때와 동작하지 않을 때 각 소자에 흐르는 전류와 전압을 측정하였다. 직렬 인덕턴스의 크기에 따른 TVS에 흐르는 전류의 변화율을 산출하였다. 인덕턴스 양단의 전압 및 TVS에 흐르는 전류는 오실로스코프의 연산기능을 이용하여 산출하였으며, 측정된 모든 파형은 축적형 오실로스코프를 이용하여 분석하였다.

표 1. GDT의 사양  
Table 1. Specifications of GDT

Description	Value
DC sparkover voltage [V]	75(100V/s)
Tolerance [%]	+/- 20
Impulse spark-over voltage [V]	< 650(1kV/ $\mu$ s)
Isolation resistance [G $\Omega$ ]	> 1(100V DC)
Capacitance [pF]	< 1(1MHz)
AC discharge current [A]	20(50Hz, 1s)
Holdover voltage [V]	> 60
Power handling [kA]	20(8/20 $\mu$ s)

표 2. TVS의 사양  
Table 2. Specifications of TVS

Description		Value
Breakdown voltage $V_{BR}$ [V]	Minimum	31.4
	Maximum	34.7
Stand-off voltage $V_{WM}$ [V]		28.2
Maximum reverse leakage at $V_{WM}$ $I_D$ [ $\mu$ A]		5.0
Maximum peak pulse current (10/1000 $\mu$ s) $I_{PPM}$ [A]		32.8
Maximum clamping voltage at $I_{PPM}$ $V_C$ [V]		45.7

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 혼합형 SPD의 제한전압과 전류특성

혼합형 SPD의 기본동작은 전원회로에 서지전압이

침입하면 가장 먼저 TVS가 동작하여 입사한 서지전압을 전압보호레벨 이하로 제한함으로써 부하 및 전자회로를 보호한다. 그 다음 TVS에 흐른 전류에 의한 직렬인덕턴스의 전압강하로 GDT가 동작하여 TVS를 보호하고 이때 대부분의 서지전류는 GDT를 통하여 방출된다[8-9]. GDT의 동작개시전압이 높거나 지연시간이 길어지면 TVS의 에너지 분담이 많아 소손의 위험이 발생하므로 적절한 에너지분담을 기반으로 하는 보호협조가 이루어져야 한다. 따라서 TVS에 흐르는 전류를 제한하고 신속히 GDT를 도통시키기 위해서는 적절한 크기의 직렬임피던스를 적용해야 한다.

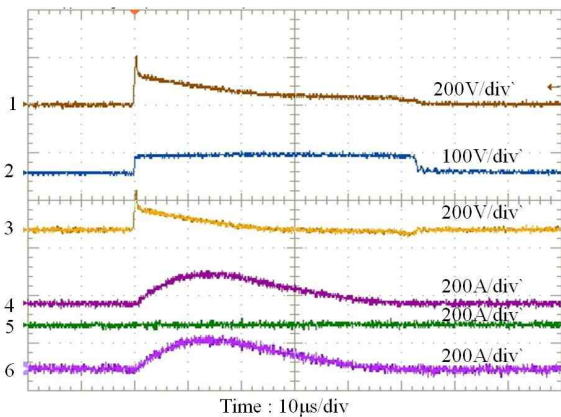
1.2/50 $\mu$ s 임펄스전압이 입사하였을 때 GDT가 동작한 경우와 동작하지 않은 경우 직렬임피던스가 45 $\mu$ H 인 혼합형 SPD를 구성하는 소자의 단자전압과 전류의 대표적인 파형을 그림 2에 나타내었다.

입사된 서지전압을 먼저 TVS가 클램핑하여 부하의 입력단자에는 TVS의 제한전압으로 보호되며, 이는 모든 입사서지에 대하여 거의 일정한 값으로 전압보호성능은 우수한 것으로 판단된다. 입사서지가 비교적 낮아 혼합형 SPD의 GDT가 동작하지 않은 경우로 하위의 TVS만이 동작하였을 때 각 소자 단자전압과 전류의 파형을 그림 2 (a)에 나타내었다. 입사된 서지전압의 피크값은 약 136A 정도이며, 입사된 서지전압을 TVS가 클램핑하여 부하의 보호가 이루어진다. 그러나 이 정도의 입사전류에 대하여 GDT가 동작하지 않아 TVS의 에너지협조는 이루어지지 않는 상태이다.

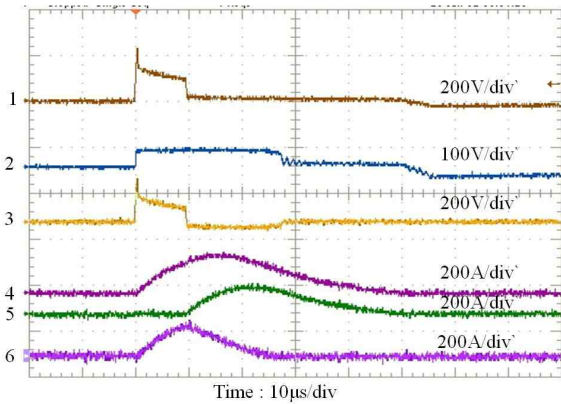
혼합형 SPD이라고 하여 모든 서지의 크기에 대하여 GDT와 TVS가 에너지분담을 이를 필요는 없으며, 입사서지가 하위 소자인 TVS의 서지내량 이하에서는 TVS만이 동작하여 서지로부터 부하를 보호하면 된다. 그러나 입사된 서지의 크기가 하위 TVS의 서지내량보다 크면 반드시 상위의 GDT가 동작하여 하위 TVS를 보호하고, 입사된 에너지를 방출하여야 한다. 이때 하위 TVS의 서지내량 이하로 흐르는 전류를 제한하는 감결함요소인 인덕턴스의 크기를 결정하는 것이 설계의 주안점이다. 입사서지에 의해 하위 TVS가 우선 동작하는 경우 GDT의 단자전압  $U_1$ 은 TVS에 의해 제한된 서지전압  $U_2$ 와 TVS에 흐른 전류에 의한

인덕턴스의 전압강하의 합으로 나타내며, 식 (1)과 같이 표현할 수 있다[12-13].

$$U_1 = U_2 + L \frac{di}{dt} \quad (1)$$



(a) GDT가 동작하지 않았을 경우



- 1 : 입력단 전압                      2 : TVS의 단자전압
- 3 : 인덕턴스의 단자전압        4 : 입사전류
- 5 : GDT에 흐른 전류            6 : TVS에 흐른 전류

(b) GDT가 동작하였을 경우

그림 2. 혼합형 서지방호장치의 조합파에 대한 전압 및 전류 파형의 예

Fig. 2. Typical waveforms of the voltage and current of the hybrid surge protective device stressed by the combination wave

입사된 서지에 의해 GDT가 동작하였을 때 각 소자의 단자전압과 전류 파형은 그림 2 (b)와 같으며, 서지 전압이 입사됨에 따라 먼저 TVS가 전압을 제한하여

TVS의 빠른 응답특성을 확인하였다. TVS에 흐르는 전류가 어느 값에 도달될 때(과고점) GDT가 동작하게 되며 GDT에 흐르는 전류가 상승하기 시작하였고, 입력단 전압 및 인덕턴스의 단자전압이 급격히 하락하였으며, GDT의 동작개시점부터 TVS로 흐르는 전류는 점차 감소하였다. 인덕턴스는 TVS에 흐르는 전류를 제한하고 GDT가 동작하도록 하는 역할을 하는 것으로 판단된다. 입사서지에 의해 TVS가 동작하여 입력단 전압 및 인덕턴스의 단자전압이 급격히 상승한 후 서서히 감소하는 과정을 거쳐 급격하게 낮아질 때까지의 시간이 TVS만이 동작하는 GDT의 도통까지의 시간지연을 의미한다.

결과적으로 많은 에너지를 갖는 입사서지에 대하여 TVS가 우선 동작하여 서지전압을 제한하여 부하를 보호하며, 직렬인덕턴스가 TVS에 흐르는 전류를 제한하고 GDT의 도통을 도우며, GDT가 대부분의 에너지를 분담하게 되어 보호협조가 이루어지게 된다.

표 3. 혼합형 서지방호장치의 조합파에 대한 결과의 요약

Table 3. Summary of the results for the hybrid SPD subjected to the combination wave

인덕턴스 [µH]	입사 전압 [V]	GDT 전압 [V]	입사 전류 [A]	GDT 전류 [A]	TVS 전류 [A]	$\frac{di_L}{dt}$ [A/µs]	GDT 동작 여부
5	1000	236	480	0	480	40.8	X
5	1100	228	520	330	390	55.7	O
10	850	220	400	0	400	35.8	X
10	900	236	440	290	330	55.0	O
20	550	236	232	0	232	19.5	X
20	600	244	280	166	218	27.3	O
30	450	244	176	0	176	13.7	X
30	500	252	232	158	174	19.3	O
45	350	204	136	0	136	10.8	X
45	400	228	176	132	156	17.3	O
55	300	196	112	0	112	8.3	X
55	350	228	160	132	116	14.5	O
65	300	228	112	0	112	7.6	X
65	350	244	160	138	86	14.3	O
75	250	196	88	0	88	6.4	X
75	300	228	136	112	80	11.4	O

감결합요소인 직렬인덕턴스 및 조합파 입사전압의 크기에 따라 혼합형 SPD의 GDT가 동작한 때와 동작하지 않은 때 각 소자에 흐르는 전류와 전압의 측정결과를 요약하여 표 3에 나타내었다.

직렬인덕턴스가 증가함에 따라 TVS로 흐르는 전류는 감소하였으며, GDT가 동작하는 입사전압과 전류는 작아졌으나 입력단 전압은 거의 일정한 값을 유지하였다. 오실로스코프로 관측한 파형을 통해 TVS에 흐르는 전류의 시변량을 산출하였으며, 인덕턴스가 증가함에 따라 전류의 상승률은 감소하였다. 이와 같은 과정을 통하여 직렬인덕턴스의 크기를 조절하여 TVS로 흐르는 전류용량의 결정 및 GDT와 TVS의 협조동작조건의 설정 등 혼합형 SPD의 설계조건을 산정할 수 있음을 알 수 있다.

### 3.2 혼합형 SPD의 동작특성

3.2.1 직렬인덕턴스에 따른 GDT의 동작특성  
 감결합요소인 직렬인덕턴스의 크기에 따라 조합파에 대하여 GDT가 동작하는 입사의 크기를 그림 3에 나타내었다. GDT가 동작한 전압과 동작하지 않은 전압을 50-100V의 단위로 측정하였기 때문에 이에 상응하는 차이로 나타난 것이다. 감결합요소인 직렬인덕턴스가 증가함에 따라 GDT가 동작하는 입사전압 및

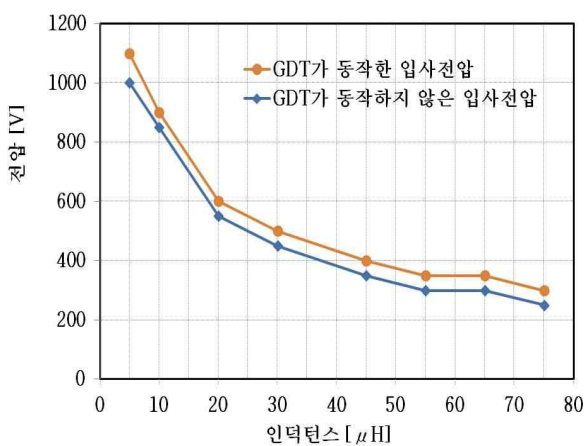


그림 3. 조합파에 의해 GDT가 동작하는 입사전압의 크기  
 Fig. 3. Magnitude of incident surge voltage firing GDT subjected to the combination wave

입사전류가 낮아짐을 알 수 있다. 이에 따라 직렬인덕턴스의 크기를 조절하여 TVS로 흐르는 전류용량의 결정 및 GDT와 TVS가 보호협조를 이루는 동작조건을 설정하여 적절한 전압보호레벨을 확보하고, 보호성능이 우수한 혼합형 SPD를 설계할 수 있을 것으로 판단된다. 즉 예상되는 입사서지전압의 크기와 빈도에 따라 GDT가 동작하는 전압과 직렬인덕턴스의 크기를 결정하는 설계데이터로 활용하게 된다.

#### 3.2.2 직렬인덕턴스에 따른 TVS에 흐르는 전류특성

혼합형 서지방호장치에 서지전압이 입사되면 하위 TVS가 먼저 동작하여 서지전압을 제한하여 부하를 보호하게 된다. 그 이후 하위 TVS를 통해 흐르는 전류는 인덕턴스에 의해 제한되며, 인덕턴스의 전압강하에 의해 GDT가 동작하여 TVS를 보호하게 된다. 따라서 TVS의 전류용량은 직렬인덕턴스와 직접적으로 관련되며 TVS의 전류용량과 직렬인덕턴스의 상관성을 나타내는 데이터는 혼합형 SPD의 설계를 위한 중요한 자료이다. 따라서 조합파가 입사된 경우 직렬인덕턴스의 크기에 따라 혼합형 SPD의 GDT가 동작하지 않은 상태에서 하위 TVS에 흐른 전류의 측정결과를 그림 4에 나타내었다.

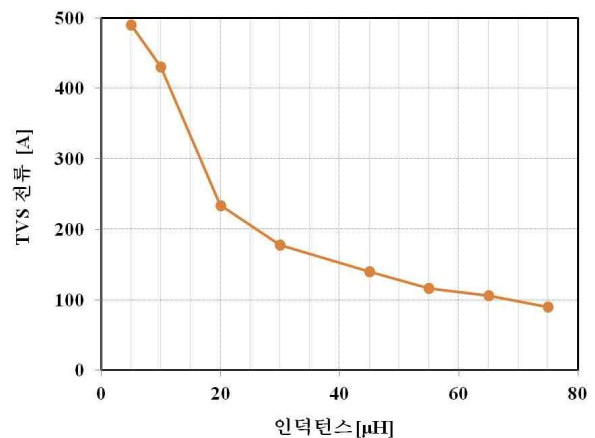


그림 4. 조합파에 의해 GDT가 동작하지 않았을 때 인덕턴스에 따른 TVS에 흐르는 전류  
 Fig. 4. Current flowing through TVS as a function of inductance when GDT does not respond to the combination wave



입사한 서지전압이 비교적 낮을 때 혼합형 SPD의 GDT는 동작하지 않고 TVS만으로 서지전압을 제한하므로 GDT가 동작하지 않은 상태에서 TVS에 흐를 수 있는 한계전류를 결정하는 것은 혼합형 SPD의 설계에서 매우 중요한 과정이다. 그림 4의 결과를 보면 GDT가 동작하지 않은 상태에서 감결합요소인 직렬 인덕턴스의 크기의 증가에 따라 TVS에 흐를 수 있는 전류는 점차 감소하였다. 즉 그림 4의 결과를 기반으로 보호대상회로에 침입할 것으로 예상되는 서지전류의 크기와 빈도를 고려하여 TVS의 전류용량을 결정해야 한다.

또한 직렬인덕턴스의 크기에 따라 TVS에 흐르는 전류의 상승시간이 둔화되는 특성이 관측되었으며, 이는 GDT를 동작시키는 전압의 형성에도 중요한 작용을 하므로 TVS를 통해 흐르는 전류의 상승률에 대한 결과의 분석이 중요하다. 조합파가 입사될 때 직렬인덕턴스의 증가에 따라 TVS에 흐르는 전류의 시변량에 대하여 표 3에 제시된 측정결과를 도식적으로 그림 5에 나타내었다.

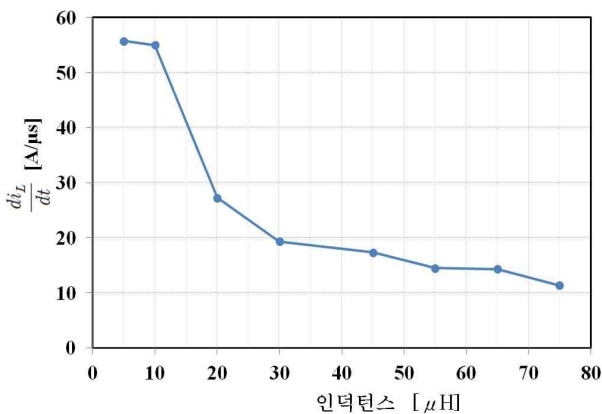


그림 5. 조합파가 입사될 때 직렬인덕턴스에 따른 TVS에 흐르는 전류의 변화율

Fig. 5. The rate-of-change of the current flowing through TVS as a function of the inductance when the combination wave is injected

감결합요소인 인덕턴스가 증가함에 따라 TVS를 통해 흐르는 전류의 상승률은 감소하였다. 혼합형 SPD에 조합파 서지전압이 입사된 경우 직렬인덕턴스의

증가에 따라 TVS로 흐르는 전류의 상승률이 완만해지고 크기가 감소하므로 인덕턴스의 증가에 따른 전류시변량은 감소하였으나 정확하게 인덕턴스에 반비례하지는 않았다. 따라서 직렬인덕턴스의 크기는 TVS로 흐르는 전류용량의 결정 및 GDT의 동작전압의 형성과 관련되므로 GDT와 TVS의 보호협조를 이루는 동작조건을 결정하는 기본적 특성을 제공하므로 혼합형 SPD의 설계에 필요한 핵심적 요건으로 볼 수 있다.

GDT와 TVS의 협조동작을 이루는 전압레벨에 따라 적절한 직렬인덕턴스를 선정해야 한다. 예를 들면 특별저전압 전원회로에 입사될 것으로 예상되는 뇌서지전압이나 개폐서지전압의 크기가 500V 이상으로 추정되는 경우 TVS의 동작에 이어 GDT를 방전시키기 위한 직렬인덕턴스는 약 30 $\mu\text{H}$  정도로 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 본 연구에서 제안하는 직렬인덕턴스를 감결합요소로 적용한 혼합형 SPD는 직류 전류에 대한 전압강하나 손실은 없었으며, 직류 운전 전압에 대하여는 전혀 반응하지 않아 전원회로의 정상상태의 성능에는 영향이 없고 단지 시변성의 서지에만 작동하는 것으로 확인되었다. GDT의 Holdover 전압이 60V를 넘지만 직류전원의 용량이 크고 사용전압이 25V이상인 경우 속류에 의한 보호를 위해 보호협조가 적절한 동작특성의 분리기의 적용을 검토할 필요가 있다.

#### 4. 결 론

50V이하의 특별저전압 직류전원에 적용할 수 있도록 전압스위칭소자인 GDT와 전압제한형 소자인 TVS 및 직렬인덕턴스를 적용한 혼합형 서지방호장치를 구성하여 조합파 서지전압에 대한 동작특성을 평가하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

감결합요소인 직렬인덕턴스의 크기에 따라 TVS로 흐르는 전류의 크기와 상승률이 제어되며 이에 따라 GDT와 TVS의 보호협조를 이루는 동작조건을 산정하고 에너지분담을 기반으로 하는 혼합형 SPD를 설계기술을 확보하였다. 전압보호레벨과 TVS의 전류용량에 따라 감결합요소인 직렬인덕턴스의 크기를 선정

하는 데이터와 방법을 제시하였으며, 특별저전압 직류 전원회로에 발생할 것으로 예상되는 서지전압의 크기에 따라 GDT와 TVS가 에너지협조를 이루기 위해서는 적절한 직렬인덕턴스를 적용해야 한다. 논문에서 제안된 혼합형 SPD는 직류 운전전류에 반응하지 않고 서지전류에만 응답하여 정상상태의 회로의 시스템의 동작 특성에 영향을 미치지 않고, 손실과 전압강하가 없으며, 오직 서지전압에만 응답하는 우수한 효능임이 밝혀졌다. 또한 저압 직류 전원시스템의 보급이 다양화되고 그 사용이 증가됨에 따라 직류 전원에 유효한 서지방호장치의 보급에 유용한 자료로 활용될 것으로 판단된다.

## References

- [1] Korea Electric Association ; Korea Electro-Technical Commission Guidance - Technical Guide for Selection and Application of Surge Protective Devices in Low-Voltage Power Systems, pp.10~27, 2011.
- [2] B. H Lee and H. K Shin, "Energy coordination of cascaded voltage limiting type surge protective devices", J. KIEE, Vol.27, No.2, pp.29-35, 2013.
- [3] B. H Lee and H. K Shin, "Protection Characteristics of Two-Stage Cascaded SPD Systems", J. KIEE, Vol.27, No.5, pp.95-105, 2013.
- [4] KS C IEC 60364-5-53; Electrical Installations of Building - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control, pp.4-10, 2005.
- [5] KS C IEC 62305-4; Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures, pp. 80~ 89, 2010.
- [6] IEC 61643-22; Low-voltage surge protective devices - Part 22 : Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks - Selection and application principles, pp.27-49, 2004.
- [7] The Study Committee of IEEJ, "Lightning Protection for Electrical and Electronic equipment", IEEJ, pp.265-276, 2011.

- [8] B. H. Lee and S. C. Lee, "Protection of Information and Communication Facilities against Lightning", Department of publication of Inha University, pp.112~115, 130~146, 2004.
- [9] R. B. Standler, "Protection of Electronic Circuits from Overvoltages, John Wiley & Sons, pp. 111-113, 1989.
- [10] KS C IEC 61000-4-5; Electromagnetic compatibility(EMC) - Part 4-5 : Testing and measurement techniques - Surge immunity test, pp.6-9, 2008.
- [11] IEEE C62.45, IEEE Recommended Practice on Surge Test for Equipment Connected to Low-Voltage (1000V and less) AC Power Circuits, pp.27~36, 2002.
- [12] KS C IEC 61643-12; Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems-Part 12: Selection and Application principles, pp. 21~48, 2010.
- [13] B. H. Lee and H. K. Shin, "Energy coordination of cascaded voltage limiting type surge protective devices", J. KIEE, Vol.27, No.2, pp.29-35, 2013.

## ◇ 저자소개 ◇



**심서현**(沈抒炫)

1982년 9월 11일생. 2014년 8월 인하대학교 공학대학원 정보전기공학과 졸업(석사). 현재 (주)한국선급엔지니어링 대리.  
Tel : (02)2621-8945  
Fax : (02)3281-4109  
E-mail : berry8@nate.com



**이복희**(李福熙)

1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업  
1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).  
1988~1989년 동경대학 객원연구원. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 2010~2011년 본 학회 회장. 현재 인하대 IT공대 전기공학부 교수.  
Tel : (032)860-7398  
Fax : (032)863-5822  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr