

# Surge arrester용 surge counter의 동작 특성 평가

김석수, 최익순, 조동환\*, 이강섭\*\*, 박태곤\*\*\*

한국전기연구원, 하늘산업전자, 천호산업(주)\*\*, 창원대학교\*\*\*

## Operating characteristic of surge counter

Seok-Sou Kim, Ike-Sun Choi, Jin-Ho Byeon\*, Kang-sup Lee\*\* and Tae-Gon Park\*\*\*

KERI, Sky Indus., Chun-Ho Co., LTD\*\* and ChangWon Univ.\*\*\*

### Abstract

The main function of surge counter is knowing the times of surge flowed in, which is installed under surge arrester. Two methods are presented in this paper to get the electric power for mechanical movement and detect the surge with surge counter. One is using ZnO varistor resistor and the other is using the current transformer.

**Key Words :** surge counter, ZnO, varistor, arrester, current transformer,

## 1. 서 론

Surge counter는 송변전 전력계통의 전력기기 보호용으로 설치 사용되고 있는 surge arrester의 접지측에 설치되는 피뢰기의 주요 구성품으로서 surge의 침입을 검출하여 count 하고 전류계로는 피뢰기의 상시누설전류를 감시할 수 있다. 이는 운용중인 피뢰기가 뇌서어나 흡습 등에 의한 열화 상태를 알 수 있도록 정보를 제공한다. 이러한 정보는 피뢰기의 수명예측을 통해 계통에서 피뢰기의 사고를 미연에 방지할 수 있는 필수적이다. 현재 국내 surge counter시장은 거의 수입에 의존하고 있어 국산화 개발의 필요성과 요구가 크게 증가되고 있다.

본 논문에서는 surge counter의 국산화에 필수 구성요소인 ZnO 바리스터에 대해 두가지의 조성 과 소결온도 변화에 따른 전압-전류특성 및 뇌충격제한전압특성을 분석하고, 수입품 surge counter의 동작특성에 대해 살펴보았다.

## 2. 실험

### 2.1 ZnO 바리스터 제조

표 2.1과 같이 주어진 원료의 조성비에 따라 전자 천평을 사용하여 평량하였다.

표 1. ZnO 바리스터의 주요 성분조성.

No.	ZnO	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
A	95.7	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.4
B	95.7	1.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.2	0.2	0.8

조성비에 의해서 평량한 원료를 볼밀(Ball-mill)에 넣은 후 유기첨가제를 첨가하여 36시간 이상 습식 혼합을 하였다. ZnO, Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 기타 첨가제(Additive) 및 유기첨가제가 함유된 슬러리(Slurry)는 열풍 건조 방식인 스프레이 드라이어(Spray dryer)를 사용하여 건조하였고, 건조된 분말은 100mesh 체(Sieve)를 사용하여 입자 크기 140 $\mu$ m 이하의 크기로 체가름(Sieving)한 후, 지름( $\phi$ ) 79.3mm, 높이(t) 12mm, 압력(T) 24ton으로 성형(Pressing)하였다. 성형품은 1차적으로 탈바인더(Binder burn-out)를 시키기 위해 400 $^{\circ}$ C에서 10시간 동안 박스 전기로(Box furnace)에서 열처리하였다. 1차 열처리가 끝난 시

료는 표 2.2에 나타낸 바와 같이 박스 전기로(Box furnace)에서 소결 온도가 1130℃/5h, 1140℃/5h인 2차 소성(Sintering)을 하였다. 마지막으로 소결이 끝난 시료는 박스 전기로(Box furnace)에서 580℃에서 10시간 동안 3차 소성(Reheating)을 하였다.

표 2. ZnO 바리스터 조성별 소결조건.

No.	소결온도	유지시간	승온 및 냉각율
A-1130	1130℃	5hr	1.00℃/min
A-1140	1140℃	5hr	1.00℃/min
B-1130	1130℃	5hr	1.00℃/min
B-1140	1140℃	5hr	1.00℃/min

소성이 끝난 시료는 상·하부면을 연마(Lapping)하여 초음파 세척기에서 5분간 세척하고 건조기를 통해 30분간 건조 후, 전극 증착기를 이용하여 소자의 상·하 양면에 알루미늄 와이어(Al wire)를 사용하여 아크 스프레이(Arc spray)방식으로 용사시켜 전극을 형성시켰다. 전극이 형성된 시료는 에폭시(Epoxy) 코팅제를 사용하여 롤(Roll) 방식으로 소자를 연면 절연코팅 하였다. 코팅이 완료된 시료는 120℃에서 3시간 동안 건조시켰다.

### 2.2 전압(V)-전류(I) 특성 시험

ZnO 바리스터의 V-I특성시험은 동작개시전압 시험기(DC Tester)와 충격전류시험기(8/20μs)로 1μA에서 10kA까지 약 10배 단위로 증가시켜가며 바리스터에 전류를 흘려, 각 전류에서의 바리스터 양단자간 전압을 측정하였다. 동작개시전압(바리스터 전압:V<sub>1mA</sub>)의 측정은 동작개시전압시험기(DC Tester)를 이용하여 바리스터에 1mA의 전류를 흘렸을 때 바리스터 양단자간의 전압을 측정하였으며, 비직선 지수 α는 α=(logI<sub>2</sub>-logI<sub>1</sub>)/(logV<sub>2</sub>-logV<sub>1</sub>)의 관계식[1]으로부터 구하였다. 여기서 V<sub>1</sub>과 V<sub>2</sub>는 I<sub>1</sub>=100μA과 I<sub>2</sub>=1mA에서의 전압이다.

### 2.3 뇌충격 제한전압시험

뇌충격제한전압은 8/20μs의 파형을 가지는 10kA의 뇌충격전류가 ZnO 바리스터에 흐를 때 양단자간 전압을 분압기(Voltage divider)로 측정하였다.

### 2.4 Counter의 응답특성

counter는 자기유도를 통해 기계적인 동작이 이루어진다. 따라서 counter는 이러한 기계적인 동작을 만족시킬 수 있는 최소 동작 특성이 존재한다.

counter의 정격전압을 기준으로 counter의 동작에 필요한 전력특성을 알아보았고, 그림 1에서와 같이 Transistor 및 FET, Triac을 이용하여 적정 전압에 대한 인가시간을 컨트롤 하였고 파형을 측정하여 그 형태를 관찰하였다.

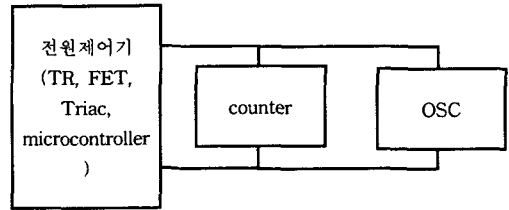


그림 1. Counter 응답특성시험 구성도.

### 2.5 Surge 신호의 검출

surge counter의 surge 신호 검출은 counter에 ZnO 소자를 사용하여 소자가 Open 될 때의 특성을 이용하여 신호를 검출하는 경우와 counter를 관통해 흐르는 전류를 CT(Current Transformer)를 통해 검출하는 경우가 있다. 두 가지 경우가 각각 적용된 제품에 대해 성능 평가 및 CT 특성시험을 실시하였다. CT 특성평가의 경우 surge의 용량을 변화시켜가며 CT의 파형을 shunt를 통해 검출하였다.

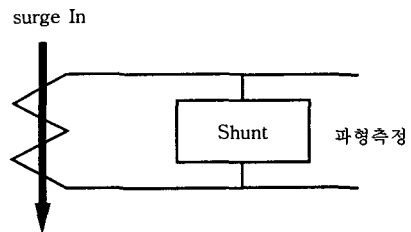


그림 2. CT 응답특성 시험 구성도.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 ZnO 소자의 특성

ZnO 바리스터 조성 및 소성조건에 따라 제작된 시료의 크기는 지름 64.8mm, 높이는 9.8mm로 나타났다. 따라서 ZnO 바리스터 조성 및 소성조건에 따라 제작된 시료의 수축율은 약 16.4% 정도로 나타났다. ZnO 바리스터에 100μA와 1mA의 전류를 흘

렸을 때 바리스터 양단자간의 전압을 표3에 나타내었다.

표 3. ZnO 바리스터 조성 및 소성조건에 따른 각 소자에 대한 전압(V)-전류(I) 특성 파라미터.

No.	동작개시전압		α
	V <sub>100μA</sub> (kV)	V <sub>1mA</sub> (kV)	
A-1130	1.81	1.92	39
A-1140	1.72	1.83	37
B-1130	1.78	1.89	38
B-1140	1.65	1.78	32

ZnO 바리스터에 8/20μs로 10kA의 충격전류를 흘렸을 때 바리스터 양단자간의 전압을 표4에 나타내었으며, 그림1은 B-1130 시료에 10.1kA의 충격전류에서 뇌충격제한전압(4.16kV)을 측정된 파형이다.

표 4. 소성조건에 따른 각 소자의 뇌충격제한전압 특성.

No.	충격전류 (kA, 8/20μs)	제한전압 (kV)	제한전압비
A-1130	10.13	4.51	2.35
A-1140	9.96	4.50	2.45
B-1130	10.10	4.16	2.19
B-1140	9.96	3.81	2.14

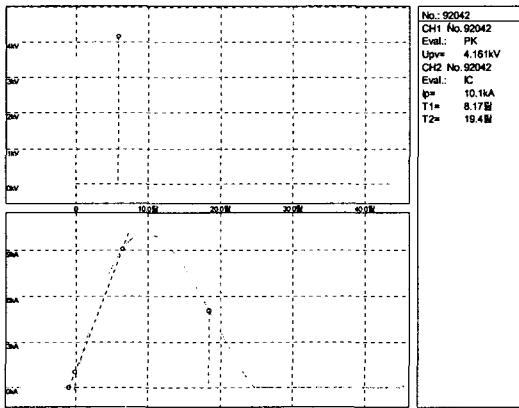


그림 3. 뇌충격제한전압시험 파형(시료 B-1130).

### 3.2 Counter의 동작 특성

기존 surge counter의 동작 상태를 살펴보면 2개사 제품의 경우 동작상태가 모두 양호 하였으나,

1개사 제품의 경우 surge 전류가 큰 경우 한번에 카운터가 2회씩 동작을 하거나 동작하지 않는 경우가 발생함에 따라 응답특성이 좋지 못함을 알 수 있었다. 3개사 제품의 counter 검출방식을 보면 1개사는 CT type이며, 나머지 2개사는 ZnO 바리스터 type이었다. CT type과 ZnO 바리스터 type 모두 정상적인 동작을 수행하였다.

정상동작을 수행하지 못한 나머지 하나의 ZnO 바리스터 type은 ZnO 바리스터의 선정과 주변 구성요소와의 결합에 문제가 있는 것으로 생각되며, 반면 CT type은 ZnO 바리스터 type에 비해 최소 사양의 동작 성능만 만족하게 되면, CT Core의 포화로 인해 그 검출 신호가 제한되므로 항상 일정한 동작상태의 유지가 용이하다.

표 5. 수입품 Surge counter의 동작상태

○ : 1회 정상동작, n : 1회 시험 n회 동작, X : 동작 불

시 험 사 양				동작상태		
총전압 [kV]	시험전압 [kV]	시험전류 [kA]	파두/파미 [us]	A사	B사	C사
27.3	3.16	3.28	-	○	○	2
27.3	3.2	3.10	8.6/20	○	○	X
27.3	3.24	3.12	8.6/20	○	○	X
24.0	2.84	1.98	8.6/20.7	○	○	○
24.0	2.80	1.92	8.6/20.8	○	○	○
24.3	2.84	2.02	8.4/20.4	○	○	○
21.6	2.4	0.902	8.1/21.6	○	○	○
21.6	2.4	0.898	8.1/21.6	○	○	○
21.6	2.44	0.896	8.1/21.8	○	○	○
18.0	2.2	0.368	8.3/26.6	○	○	○
18.0	2.2	0.288	8.3/26.6	○	○	○
17.0	2.16	0.182	6.6/35.7	○	○	○
17.0	2.16	0.182	6.6/35.7	○	○	○
16.0	1.96	0.176	-	○	○	○
16.0	1.96	0.146	-	○	○	○

### 3.3 CT의 응답특성과 Impulse current

그림 4는 surge 인가시 CT의 출력신호를 shunt를 통해 측정된 파형으로서 surge의 크기를 높게 조정하여도 큰 차이가 나지 않았다. 즉, 상당한 전류 폭의 surge에 대해 적용이 가능해 지는 동시에 CT의 특성상 절연성을 가지므로 counter 자체 회로의 안정성에도 유리하다.

2004-02-09-OSC2

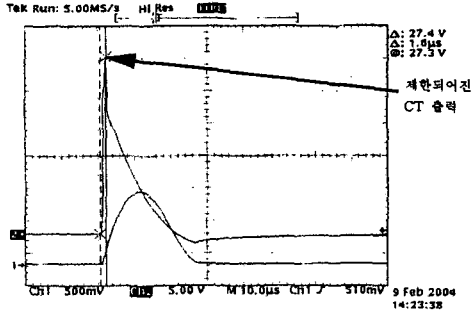
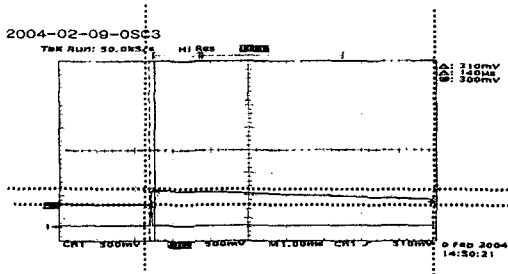
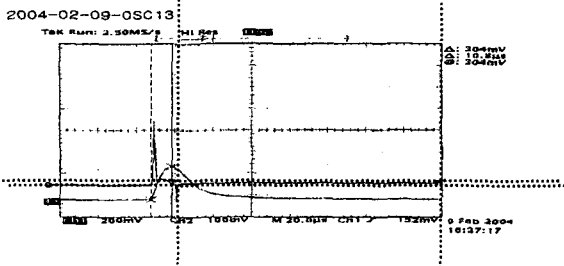


그림 4. CT의 응답특성



(a)



(b)

그림 5. Counter에 인가되는 신호

그림 5의 a, b에서 볼 수 있듯이 작지만 지속적인 신호가 counter에 인가되는 것을 알 수 있으며, 이는 counter의 구동여건을 만족할 수 있는 신호였으며 동작실험을 통해 확인하였다. 다만 대전류(High current)로 가면서 콘덴서와 코일에 의한 공진 현상이 나타났으나 동작상태와는 무관했다. 카운터 회로는 CT형과 ZnO 바리스터형 모두 RLC 병렬회로의 형태를 가지고 있으므로 바리스터 형태나 CT형태에 관계없이 같은 특성을 보일 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

ZnO 바리스터의 특성과 surge counter의 응답 특성, CT의 특성 및 counter의 동작특성을 조사하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. ZnO 바리스터를 국산화 개발하여 그 특성을 조사 분석하고 surge counter의 부품으로 적용하였다.
2. Counter의 동작특성을 비교 분석한 결과 ZnO 바리스터 type은 ZnO 소자와 구성요소와의 조건에 따라 동작상태가 일정하지 않는 경우도 발생하였다.
3. CT type은 core의 포화특성으로 일정이상의 동작조건만 충족하면 균일한 동작상태를 보여 주었다.
4. ZnO 바리스터 및 CT에 대한 분석과 실험을 추가적으로 실시하여 정확한 동작특성과 안정성이 뛰어난 고신뢰성 surge counter의 국산화 개발이 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 중소기업청 지원으로 산·학·연 컨소시엄사업으로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] M. Matsuoka, "Nonohmic Properties of Zinc Oxide Ceramics," Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 10, p. 736, 1971.
- [2] 김석수, 조한구, 박태곤, 박춘현, 정세영, 김병규, "배전급 피뢰기용 ZnO 바리스터 소자의 미세구조 및 서지 특성에 관한 연구," 전기전자재료학회논문지, 15권, 2호, p. 190, 2002.
- [3] 한국산업규격, "갭리스형 금속산화물 피뢰기," KS C 4616, 1997
- [4] 한국전력공사, "전력용피뢰기," ES-153-261~283, 1998.
- [5] Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems, IEC 60099-4, 1998. 8.