

전철용 ZnO 바리스타(IEC 10kA)의 전기적 특성 연구

황명근*, 연복희*, 허창수*
인하대학교*

A Study of Electrical Characteristics for ZnO Varistor in HST

M.K.Hwang*, B.H.Youn*, C.S.Huh*
Inha Univ.*

Abstract - A Gapless HST(high speed train) arrester design is not possible without the highly non - linear ZnO(ZincOxide) varistors.

Zno varistors combine excellent protective characteristics with steady state performance to maximize protection. the ZnO varistors are selected for each unit based on leakage current and residual voltage, to verify that the residual voltage is the residual voltage published for HST arrester.

바리스타의 취부를 용이하게 하기 위해서 강약의 조절로서 $\varnothing 2.0 \times$ 권수5인 스프링을 하부전극에 장착하였다. 또한, 전선의 용이한 취부를 위해서 SUS재질의 HEX bolt (M6)의 사용으로 전선의 이탈을 방지할수 있게 하여으며 지그의 제작완성은 그림 1.에 나타내었다.

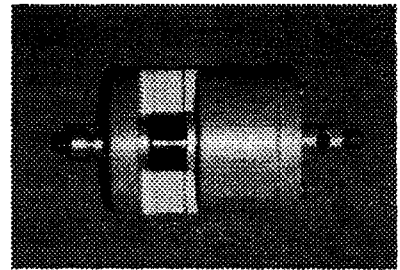


그림 1. ZnO 바리스타 특성소자 측정용 지그

1. 서 론

현재 국내에서 사용되는 전철용 피뢰기는 셋트로 전량 수입에 의존하고 있으며, 가혹한 환경과 가선, 팬토그래프의 집진장치등에서의 스위칭 서어지, 이에 따른 충격강도 등 전기적, 기계적 스트레스(stress)를 항상 받고 있으며, 사용환경이 도심지역, 공업지역, 해안(염해)지역 등 오염에 의한 노출은 피할수 없다라고 여겨지며, 이와 같은 문제는 양질의 전력 공급으로 원활한 철도차량의 운행과 고도정보화 산업사회로 가는 현 시점에서 ZnO바리스타 (IEC 10kA)는 첨가물에 의한 미세구조제어, 제조공정의 개선, 평가방법의 향상, 첨단장비를 통하여 전철용을 비롯한 송.배전선로에 까지 폭넓게 사용되어지고 있다.

이 논문은 송.변전급을 포함하여 전철용에 사용되어 지는 ZnO바리스타(MOV)의 공칭방전전류 10kA에 대한 누설전류와 동작개시전압을 측정하였고, 전철용 ZnO바리스타의 기본적인 성분분석을 확인하여 평가할수 있었으며, ZnO소자의 기본 시험인 8/20 μ s의 임펄스 전류를 인가해 제한 전압의 측정과 그의 곡선을 관찰해 보았다. 또한, 국내 전철용 공칭전압 25kV, 공칭방전전류 10kA 피뢰기의 기본 사양 및 성능을 제시하고자 한다.

2. 2 ZnO 바리스타의 시험

피뢰기에서의 중요한 시험중 하나인 누설전류 시험은 피뢰기의 각부를 충분히 청결하게 한 상태에서 피뢰기 정격전압의 60%, 100%의 상용주파전압을 각각 10초간 인가하여 안정된 상태에서 누설전류를 측정하여야 한다. 또한, 피뢰기의 동작개시전압은 내부요소를 흐르는 저항분 전류파고치가 1mA일때의 전압이 피뢰기 정격전압의 90% 이상(직류의 경우 정격전압 $\times \sqrt{2}$)이어야 한다. 그리고 피뢰기의 제한전압은 IEC 99-4 규정에 의거한 최대제한전압치를 초과하지 말아야 한다.

ZnO 바리스타(10kA)의 누설전류와 동작개시전압을 측정 한 결과를 보면 A 시리즈의 그 정격전압의 60%, 100%인 ZnO 바리스타의 평균누설전류는 0.16mA, 0.2592mA이고, 동작개시전압은 3.2814kV이다. B 시리즈의 그 정격전압의 60%, 100%인 ZnO 바리스타의 평균누설전류는 0.1509mA, 0.249mA이고, 동작개시전압은 3.39kV이다. 또한 C 시리즈의 그 정격전압의 60%, 100%인 ZnO 바리스타의 평균누설전류는 0.1414mA, 0.2271mA이고, 동작개시전압은 3.6407kV이다. 여기에서 측정된 값들의 평균값을 비교하여 보면 A 시리즈 보다는 B 시리즈 MOV의 평균 누설전류가 10 μ A 낮음을 확인 할수 있었으며, 누설전류가 그 만큼 낮음으로서 동작개시전압은 8.6V 높게 나타남을 확인 할수 있었다.

표1. ZnO 바리스타의 누설전류와 동작 개시 전압의 측정결과(A시리즈)

2. 설계 제작 및 시험.

2.1 설계 제작

ZnO바리스타(IEC 10kA)를 각각의 3개의 종류별(시리즈)로 10여개씩 추출하여 ZnO바리스타의 전기적 특성 시험을 할수 있는 ZnO바리스타 소자측정용 지그를 이용하여 ZnO바리스타의 그 정격 전압 값의 60%와 100%로 구분하여 누설전류와 그 정격전압의 동작개시전압을 각각 구분하여 측정하였다.

측정용 지그의 상,하 전극은 도전성이 뛰어나며, 표면이 양호하고, 사용상의 흠, 갈라짐, 편흔 등의 결함이 없는 KS D6010의 인청동 PBC 2C를 사용하였으며 또한, ZnO

번호	측정결과		
	누설전류(mA)		동작개시전압(kV)
	60%	100%	
1	0.14	0.25	3.31
2	0.16	0.25	3.45
3	0.16	0.28	3.09
4	0.15	0.25	3.37
5	0.17	0.27	3.15
6	0.16	0.26	3.34
7	0.16	0.25	3.31
8	0.17	0.27	3.32
9	0.15	0.25	3.41
10	0.16	0.26	3.26
11	0.18	0.26	3.29
12	0.17	0.25	3.24
13	0.14	0.25	3.27
14	0.17	0.28	3.13

표2. ZnO 바리스타의 누설전류와 동작개시전압의 측정결과(B시리즈)

번호	측정결과		
	누설전류(mA)		동작개시전압(kV)
	60%	100%	
1	0.14	0.25	3.50
2	0.16	0.26	3.33
3	0.14	0.23	3.48
4	0.16	0.27	3.27
5	0.15	0.25	3.38
6	0.16	0.25	3.45
7	0.15	0.27	3.18
8	0.13	0.22	3.64
9	0.16	0.26	3.42
10	0.16	0.26	3.28
11	0.15	0.24	3.36

표3. ZnO 바리스타의 누설전류와 동작개시전압의 측정결과 (C시리즈)

번호	측정결과		
	누설전류(mA)		동작개시전압(kV)
	60%	100%	
1	0.14	0.23	3.67
2	0.13	0.23	3.64
3	0.13	0.22	3.64
4	0.16	0.24	3.55
5	0.15	0.22	3.67
6	0.15	0.24	3.59
7	0.14	0.23	3.59
8	0.15	0.23	3.58
9	0.15	0.23	3.50
10	0.13	0.22	3.75
11	0.14	0.22	3.77
12	0.13	0.22	3.62
13	0.15	0.23	3.69
14	0.13	0.22	3.71

또한, 전철용 ZnO 바리스타의 물성을 간단하게 보기 위해서 SEM에서의 영역을 주위지고 그 영역에 대한 X-ray 투과방법으로 EDX(energy dispersive X-ray)분

석법에 의한 ZnO 바리스타의 물성을 표 4에 나타내었다.

표4. 전철용 ZnO 바리스타의 EDX에 의한 분석

원소명	시료1	시료2	시료3
ZnO	90.20	91.26	90.57
SiO ₂	0.16	0.34	0.21
MnO ₂	0.67	0.46	0.46
CoO	1.23	0.85	0.72
NiO	1.19	1.11	0.89
Sb ₂ O ₃	4.35	4.25	4.22
Bi ₂ O ₃	2.20	2.20	2.93
Al ₂ O ₃	미량	미량	미량

3. 결과 및 고찰

A 시리즈를 C 시리즈의 측정결과와 비교하여 보면 A 시리즈 보다 누설전류는 각각 60%, 100%는 18.6 μ A, 32.1 μ A의 차이를 보였으며, 동작개시전압은 359.3V의 차이를 보이고 있다. 각각의 A,B,C 시리즈별 평균 결과 치는 표 5.와 같다.

표5. A,B,C 시리즈별 평균결과치

시리즈	평균 측정 결과치		
	누설전류(mA)		동작개시전압(kV)
	60%	100%	
A	0.16	0.2592	3.2814
B	0.1509	0.249	3.39
C	0.1414	0.2271	3.6407

이와 같은 ZnO 바리스타를 A,B,C 시리즈별로 구분하여 정격전압(Ur)과 최대연속동작전압(Uc)을 나타내면 표 6. 와 같으며 각각의 시리즈별로 ZnO 바리스타의 사양은 표 7.에 나타내었으며 시리즈별 세트의 최대제한전압은 각각의 공칭 방전 전류 등에 의하여 표 8.과 같이 나타 내어 진다.

표6. 정격전압과 최대연속 동작전압

시리즈 세트	Ur (kV)	Uc (kV)
A	36.00kV	31.56kV
B	39.96kV	34.08kV
C	36.63kV	31.79kV

표7. ZnO 바리스타의 사양

시리즈	Ur(kV)	Uc(kV)	ANSI LCLD	IEC High current ANSI HCSD
A	3.00	2.63	250A,2000 μ s	100kA
B	3.33	2.84	250A,2000 μ s	100kA
C	3.33	2.89	250A,2000 μ s	100kA

표8. 시리즈별 세트의 최대 제한 전압

시리즈 셋트	제한전압(kV. crest)					
	8/20 μ s					
	1.5kA	3.0kA	5.0kA	10kA	20kA	40kA
A	97.08	103.20	107.76	117.60	129.96	146.52
B	101.04	107.40	112.20	122.40	135.36	152.52
C	94.38	100.32	104.83	114.40	126.50	142.56

표9. 시리즈별 셋트의 최대 제한 전압

Items	기본사양 및 특성		
Type	Gapless, ZnO(MOV)		
Nominal Voltage(kV)	Minimum : 19, Normal : 25 Maximum : 27.5		
Nominal discharge current(kA)	10kA(8/20 μ s)		
Frequency(Hz)	60		
Ur(kV)	36.00	39.96	39.36
Uc(kV)	31.56	34.08	31.79
Residual Voltage (kV, crest) 8/20 μ s	117.6	122.4	114.4

4. 결 론

전철용 피뢰기는 지상설치형의 일반 전력용 피뢰기 보다 전기적으로나 구조적으로 엄격한 사양이 요구됨을 알 수 있었으며, 전기적 조건으로는 회로가 1선 접지제로 되어 있어 과전압도 일반전력용과 비교하여 높고 피뢰기에 상시 인가된 전압파형의 왜형이 클뿐 아니라 개폐 서어지의 발생빈도가 높은 점등이 있다. 또한 구조적 조건으로는 차량의 진동에 충분히 견딜수 있도록 내진강도가 요구되며 차량용 피뢰기는 차체 상부에 집진장치와 함께 탑재가 되므로 내오손과 경량화가 요구된다.

ZnO 바리스타를 사용한 전철용 무공극형(Gaplesstype) 피뢰기의 경우 직렬공극이 존재하지 않기 때문에 방전에 의한 누설의 영향이 없이 안정된 동작특성을 얻을 수 있어 우수한 보호기능을 갖는다.

기존 전철용 피뢰기 보다는 소형, 경량화, 다중 서어지 억제성능, 다중 개폐 서어지 억제 성능, 내오손, 신뢰도 향상 등이 가능케 하였다고 여겨지며 특히, 보호레벨의 차원에서 공칭방전전류 10kA에 대응하는 제한전압을 117.6kV, 122.4kV, 114.4kV이하로 하여 보호레벨을 표 9.와 같이 나타내었다. 그러나 전철용 피뢰기는 차량에 탑재되어 내진강도가 요구되고 있으며, 상시 인가전압이 순간에 상당한 전압이 되기 때문에, 인가전압의 파형이 심한 고조파 성분이 작용, 개폐서어지 발생이 빈번하고, 기상조건, 주위환경의 악화상태등의 조건하에서도 안정된 운전을 위하여 피뢰기의 보호레벨(제한전압)을 낮춰야 할 것으로 판단된다.

따라서 전철용 ZnO바리스타(10kA)의 중요성은 더욱 부각될 것이며 또한, HST(high speed train)에서는 더욱 그러하다라고 여겨진다. 그러므로 기초기술의 정립과 국내소재개발 능력을 향상하여 국산화 품질 향상과 더불어 국제화 시대의 규격화에 적극 대처해 나가야 할 것이다.

- [1] JEC-217-1984
- [2] IEC 99-1 Non-linear resistor-type arrester.
- [3] IEC 99-4 Metal-oxide Surge arrester without gaps for a.c. systems.
- [4] IEEE C62.11-1993 IEEE std. for Metal oxide surge arrester for AC power circuits.
- [5] 日本電氣學會技術報告, “交流電氣鐵道에 있어서의 保護技術”, 610호, 1996(10).
- [6] 日本電氣學會技術報告, “酸化亞鉛素子の 新適用技術動向”, 579호, 1996(02).

이 논문은 건설교통부와 통상산업부 및 과학기술처에서 시행한 선도기술개발사업의 기술개발 결과임.