

배전용 가스개폐기의 내 오손 성능향상 대책

김주용, 송일근, 김찬영, 한재홍
전력연구원

Anti-Contamination Capability of Gas Insulated Switch for Distribution Line

Ju Yong Kim, Il Keun Song, Chan Young Kim, Jae Hong Han
Korea Electric Power Research Institute(KEPRI)

Abstract - This paper provides the results of performance investigation of gas insulated switches(G/S) for distribution power system. In order to investigate anti-contamination capability of G/S we carried out electrical tests and material analysis on the body of G/S and it's accessories. Through this experiment we found out the lead cable of G/S had not anti-contamination capability and G/S had insufficient interval between each phase. In order to improve the performance of G/S for heavy contamination area it is indispensable to replace the lead cable to the new cable which has anti-contamination ability.

1. 서 론

배전선로에서 운용되던 가스개폐기의 붓싱에 접한 구출선이 염해로 인해 심하게 손상되어 전선표면에 트래킹 현상이 발생하였다. 이런 현상은 염진해 등으로 습윤상태가 된 전선표면에 누설전류가 흐르고 이에 해당하는 주열열이 발생하여, 표면의 수분이 증발하고 건조대가 형성됨으로서 부분방전에 의한 트래킹 현상으로 인해 전선표면이 절연파괴 되는 것으로서, 본 논문에서는 이러한 절연파괴의 경로를 파악하고 고장원인에 대한 대책을 수립하기 위해 가스개폐기 관련시험 및 구출선의 성능시험을 실시하였다.

2. 본 론

2.1 가스개폐기의 구조

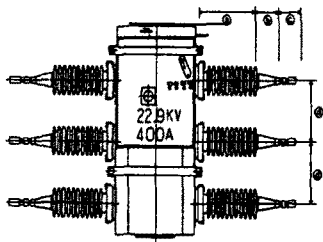


그림 1. 가스절연 개폐기 외형

표 1. 가스개폐기의 규격

규격 (mm)			
붓싱길이 (a)	몰드콘 (b)	구출선 (c)	상간거리 (d)
300~336	83~138	1.872 ~2.000	160~300

가스개폐기는 가스개폐기 본체 제작업체 15곳, 몰드콘 및 구출선 제작업체 3곳, 붓싱 제작업체 5곳에서 제작된 후 조립되는데 제조업체마다 개폐기의 규격사항에 차이를 보이고 있으며 특히 상간 이격거리의 경우 최소 160mm로서 유도된 등 썬지 침입시 상간 섬락의 발생 우려가 있다.

2.2 가스개폐기 특성시험

시험용 시료는 현장에서 2대만 발체하였고 피시품의 전기적 특성시험을 PS 151-147 시험규격에 따라 내전압 등 전기적 시험과 구출선의 트래킹 시험 등으로 구분하여 시험하였으며, 신품은 구출선과 몰드콘만 규격시험으로 실시하고 신품과 경년품을 비교하였다.

(1) 전기적 특성시험

가스개폐기 J사 제품의 경우 내오손 주수상태로 8kV에서 붓싱을 타고 연면방전이 시작되고 21~23kV에서 절연파괴가 발생했다. 이때 섬락경로는 몰드콘과 전선접합개소에서 시작하여 몰드콘 표면과 붓싱연면을 거쳐 개폐기 하우징을 통해 근접 붓싱으로 이어졌다.

이는 몰드콘과 구출선 접합개소의 마감처리가 거칠게 되어있어 이 부분에서 방전이 시작된 것으로 추정된다.

(2) 몰드콘 시험

경년품 및 신품의 몰드콘을 개발시험 당시의 기준으로 시험한 결과는 표 2와 같이 경년에 의해 내트래킹성이 급격히 저하됨을 알 수 있으며, 제조업체별로 신품에 대한 몰드콘 재질의 완품전에 사용한 원료의 시편특성을 상세하게 비교한 결과 표 3과 같이 업체별로 차이는 거의 없었다.

표 2. 신품 및 경년품의 몰드콘 시험

	내전압 (kV)	내트래킹	인장강도	내노화성
구분	25kV/1 분간	101회 분무시 0.5A 이상의 전류가 흐르지 않을것	0.4 kg/mm ² 이상, 신율이 300% 이상	인장강도, 신율 등이 가열전의 80% 이상
경년 #1	양호	불량	불량(0.34) 662%	불량(72%) 88%
경년 #2	양호	불량	불량(0.25) 470%	양호(94%) 81%
신품 #7	양호	양호	불량(0.37) 440%	양호(92%) 86%

표 3. 신제품 몰드콘 시편의 시험결과

시험항목	시험결과			시험적용 규격	
	#7	#8	#9		
인장강도 (0.4 kg/mm ² 이상)	0.78	0.8	0.5	KSC 3004	
100% Modulus (kg/cm ²)	24.5	25.0	18.1		
신장율(%)	503	442	567		
Tan δ (%)	0.012	0.027	0.004	ASTM D 150	
비유전율	3.45	3.14	3.14		
경도(Shore A)	67±1	65±1	60±1	KSM 6518	
가열노화 (90℃, 96시간)	인장강도 유지율 (%)	103	133	112	KSC 3004
	신장율 유지율 (%)	94	92	95	
체적저항율 (Ω · cm)	5.0× 10 ¹⁵	1.4× 10 ¹⁶	2.2× 10 ¹⁵	ASTM D 150	
비중	1.21	1.26	1.40	KS M 6518	
난연성	부적합	부적합	적합	한전 PS 112 - 640	

(3) 구출선 시험

경년품 및 신제품의 구출선에 대해 개발당시의 규격에 의거 내트래킹성을 시험한 결과 신제품과 경년품 모두가 양호한 것으로 나타났고 25kV/1분간의 내전압시험에서도 신제품 및 경년품 모두 양호한 것으로 나타났습니다.

한편 그림 2에서 보는 것처럼 몰드콘과 구출선의 접합 부분의 마감처리 과정에서 표면상태가 거칠게 됨으로써 국부적 전계집중으로 인한 트래킹이 발생되고, 절연 파괴 정도가 심화된 것으로 판단됩니다.

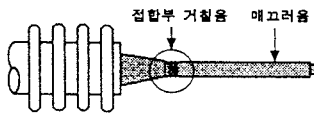


그림 2. 몰드콘과 구출선 접합상태

표 4. 구출선 내전압 시험결과

시료구분	시험기준	결과
신제품 #3	25kV/1분	60kV에서 BD발생
신제품 #4	"	"
신제품 #5	"	"
경년품 #1	"	47kV에서 BD발생
경년품 #2	"	"

(4) 구출선과 몰드콘의 트래킹 시험

참고시험으로 현재 한전 규격에는 없으나, IEC 587에 따라 시편을 120mm × 50mm × 6mm로 시편을 만들어서 4.5kV 전압을 각각 인가하여 6시간 동안 측

정하여 침식, 트래킹 성능을 시험하였다.

시험결과 1개의 제작업체를 제외한 나머지 시료가 내트래킹성이 없는 것으로 나타나 및 몰드콘 및 구출선 재질이 미흡한 것으로 나타났다

표 5. 트래킹 시험결과

업체명	사용구분	시험결과
M(#7)	신제품	불량
M(#9)	신제품	양호
M(#8)	신제품	불량
C(#6)	신제품	불량

*주) M: 몰드콘, C: 구출선

2.3 구출선과 몰드콘의 미세구조 및 성분분석

실제통에서 운전 중 고장을 일으킨 구출선과 몰드콘을 SEM/EDX(Scanning Electron Microscope/Energy Dispersive X-ray)를 이용하여 미세구조를 관찰하고 성분을 분석하였다.

(1) 고장 개폐기의 몰드콘 및 구출선

P사 몰드콘/Y사 구출선을 분석한 결과, 몰드콘 및 구출선 표면에서 갈라짐(crazing) 현상과 무기충전체 초킹(chalking) 현상이 나타났다. 이는 부적절한 조성배합이나 제조공정에 의해 누설전류에 대한 저항성이 감소하여 발생한 것으로 보인다. 또 몰드콘/구출선 계면에서 계면분리(delamination) 현상이 관찰되었다(그림 5). 이는 접착특성이 취약했을 가능성을 나타내는 것이다.

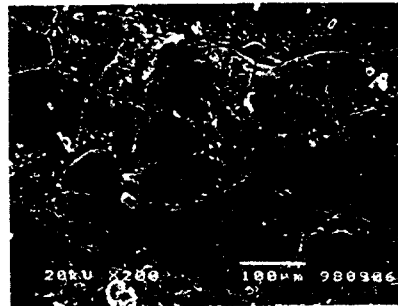


그림 3. P사 몰드콘의 미세구조

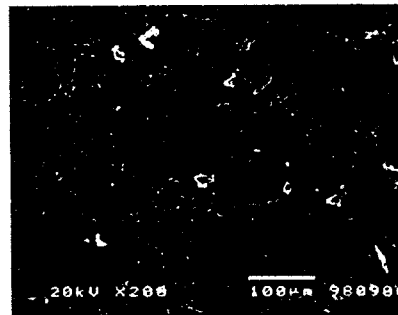


그림 4. Y사 구출선의 미세구조

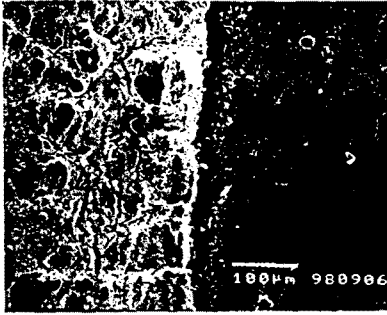


그림 5. 몰드콘/구출선 계면의 구조

몰드콘의 성분을 분석한 결과, Al 성분피크가 Si 성분피크보다 높게 나타나 트래킹에 대한 저항성은 높을 것으로 판단되나, 황 가교를 사용했기 때문에 고전압에서는 절연성능이 경년에 따라 급속히 저하될 가능성이 높다.

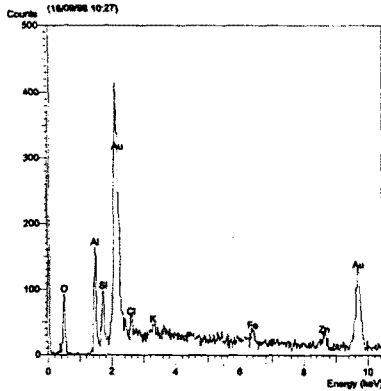


그림 6. P사 몰드콘의 성분

구출선의 성분을 분석한 결과, Si 성분피크가 Al 성분피크보다 높게 나타났다. 따라서 트래킹에 대한 저항성은 다소 낮을 것으로 보인다. 이는 구출선의 경우 전기적 특성상 난연제를 다량으로 첨가하기 어렵기 때문인 것으로 판단되지만, 트래킹에 대한 저항성을 높이기 위해서는 다소 난연제 함량을 높여야 할 것으로 보인다.

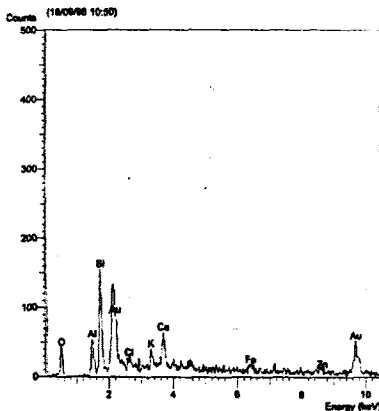


그림 7. Y사 구출선의 성분

(2) 구출선 접속방법

개폐기의 구출선은 그림 8과 같이 자기융착성 고무테이프 이프로 접속되는데 접속개소의 절연이 불충분한 경우 수분 침투 및 경년에 따라 누설전류 및 주열열이 증가하고 트래킹 현상이 빠르게 진행 될 수 있다. 그러므로 구출선의 조인트 부분을 수분 침투가 불가능한 구조로 개선할 필요가 있다.

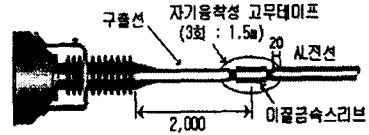


그림 8. 개폐기 구출선의 접속방법

3. 결론

1. 이상으로부터 염해용 가스개폐기의 제작이 심도있게 검토되어야 하며, 특히 붕싱의 누설거리, 상간 최소 이격거리, 구출선의 내구성 및 내전압기준치는 정밀 검토 후 새로운 염해용 가스개폐기 규격 제정과 염해지역(오손도 C급 이상)에 운용중인 가스개폐기는 주기적인 세척이 매우 필요함.
2. 특히 서해안은 10년전에는 염해오손도가 B, C급이었으나, 최근에는 C, D급으로 더욱 오손이 심한 편이며, 붕싱 오손과 외부수분으로 인한 누설전류 증대를 가져오며, 누설전류 증가에 따른 외부설락 및 몰드콘 소손에 직접적인 원인을 제공하므로 이를 감안한 배전설비 운영이 요구됨.
3. 염해지역의 가스개폐기는 정상적인 날씨에는 운영상 지장이 없으나, 해풍에 의한 염분부착과 태풍 등 날씨의 기상 이변이 발생하면 실험결과와 같이 절연내력이 급격히 저하되어서 정전사고로 이어질 가능성이 매우 큼.
4. 가스개폐기 구출선의 트래킹 현상은 몰드콘 및 구출선의 재질불량이 원인이므로 이의 재질개선이 필요함.
5. 배전기자재 사고는 제품의 품질, 시공품질 및 운용 기술에 따라 사고 가능성이 크고, 한전의 검수시험만으로 양부 판정이 곤란하며, 향후에는 배전기자재별 하자보증기간 여부에 관계없이 제작업체의 품질관리 시스템을 구축하여 운용하는 방안을 강구하는 것이 요구됨.
6. 배전기자재의 제작 규격은 납품 후 주기적으로 개발 당시의 제품 규격과 성능 확인 시험이 필요함.

(참고문헌)

- (1) "배전용 국산 기자재 경년변화 특성에 관한 연구", 전력연구원, 1990
- (2) "고압 교류 부하개폐기", KSC 4511, 1990
- (3) "특고압 배전용 전선의 섬락단선 대책 연구", 전력연구원, 1996
- (4) "20kV급 가공배전용 가스개폐기의 개발연구", 판서전력, 1984
- (5) "IEC 587 Standard", IEC, 1984
- (6) "IEC 75 Standard", IEC, 1995