

23kV 가스절연개폐기의 윤활제 고착 및 영향 검토

김동명, 권태호, 천성남, 최선규
한전 전력연구원

Investigation on effect and the characteristics of grease hardening in 23kV SF₆ gas switchgear

Dong-Myung Kim, Tae-Ho Kwon, Sung-Nam Chun, Sun-Kyu Choi
KEPRI

Abstract : 본 논문은 23kV 가스절연개폐기에서의 윤활제 고착시 발생하는 현상을 조사하였다. 내부 개폐접점부의 마찰저항을 줄이고 가동전극의 원활한 동작을 위해 사용되는 그리스(grease)를 과다하게 도포할 경우 고착과 함께 가동전극의 미끄럼운동에 영향을 주는 것이 확인되었다. 영향 평가로는 물성시험과 투·개방 음향특성을 분석하였다. 본 논문의 결과는 개폐장치의 제조품질 개선 및 정전감소에 기여할 것으로 사료된다.

Key Words : switchgear, grease, acoustic analysis

1. 서론

최근 전력시장의 구조개편 및 경쟁체제가 이루어지는 가운데 전력설비는 더욱 효율적으로 운용할 필요성이 증대되고 있다.

따라서 설비의 성능저하 및 이상현상을 철저히 분석함으로써 기존 운용중인 설비를 진단하고, 개발제품의 품질을 개선할 수 있는 방안 모색이 필요하다.

차단기 및 개폐기는 전력계통에 있어서 부하와 직접 접속되어 차단, 투입 및 통전설비로 사용되므로 개폐장치의 고장은 산업설비의 제어불능, 정지를 의미한다. 또한 배전계통에서 개폐장치 고장은 수용가의 광범위한 정전을 유발함과 동시에 전기품질 저하의 원인이 된다.

본 논문에서는 국내 배전계통에 사용되는 25.8kV 가스절연 부하개폐기의 오·부동작 고장의 주요 원인이 되는 윤활제 고착현상을 조사함으로써 가스개폐기의 품질개선 방안을 제시하고자 한다.

2. 국내 배전급 개폐기의 현황

2.1 운전 현황

2003년 1월 현재 국내 22.9kV~y 배전계통에 설치되어 운전되고 있는 차단기·개폐기는 가공용 및 보호기기가 약 8만대, 지중선로용 개폐기가 2만 여대로 총 104,353 대이다. 차단부의 절연방식은 SF₆가스절연이며 전체의 개폐장치의 87.2%를 점유하고 있다. 표 1과 표 2는 국내의 배전선로 보호장치 및 개폐기 설치현황을 나타내고 있다.

2.2 고장유형

최근 2년간(2003~2004) 국내에서 발생한 25.8kV SF₆ 가스절연부하개폐기의 고장에 대해 전력연구원에서 분석한 결과, 주요 고장원인은 다음과 같다.

- ① 오·부동작 : 그리스 고착, 조작핸들의 부식, 장치 파손
- ② 절연불량 : 전극 접촉불량, 정격을 초과하는 이상전압

(T.R.V), 폴리머 절연물의 트래킹

- ③ 부상파손 : 전압 Screen 결함, 전계집중, 보호캡 불량
- ④ 엘로우 절연파괴 : 표면손상, Connector의 접촉불량
- ⑥ 기타 : 흡습, 제어회로의 이상

표 1. 가공배전용 개폐장치 설치현황

사용전압	Inter-rupter	Gas Switch	Re-closer	Section-alizer	기타	계
6.6kV	0	73	0	0	173	246
22.9kV	4,025	68,421	4,786	609	3,411	81,252
22.0kV	157	5	0	0	3	165
대수	4,182	68,499	4,786	609	3,587	81,663
점유율 (%)	5.1	83.9	5.9	0.7	4.4	100

- 기타 : ASS, ALTS, FAS, A/S, O/S

표 2. 지중배전용 개폐장치 설치현황

사용 전압	지중개폐기				지중보호기기		계
	지상	지하	고객	계	ALTS	차단기	
6.6kV	117	24	8	149	2	0	151
22.9kV	21,089	284	778	22,151	45	81	22,277
22.0kV	32	8	219	259	3	0	262
대수	21,238	316	1,005	22,559	50	81	22,690
점유율 (%)	93.6	1.4	4.4	-	0.2	0.4	100

* ALTS : Auto Load Transfer Switch

그림 1은 분석 지원한 고장개폐기의 부위별 현황을 보여 주고 있다.

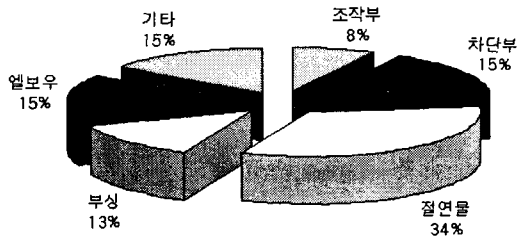


그림 1. 개폐기 고장부위별 현황

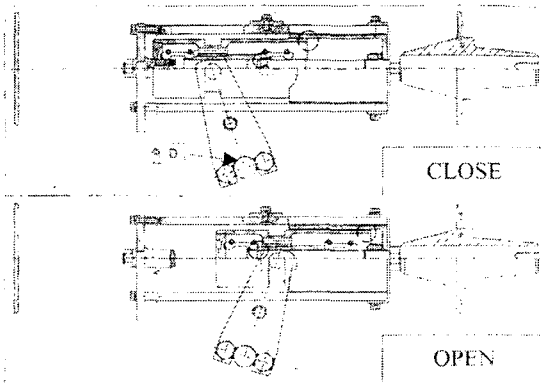


그림 2. 가동전극 구조

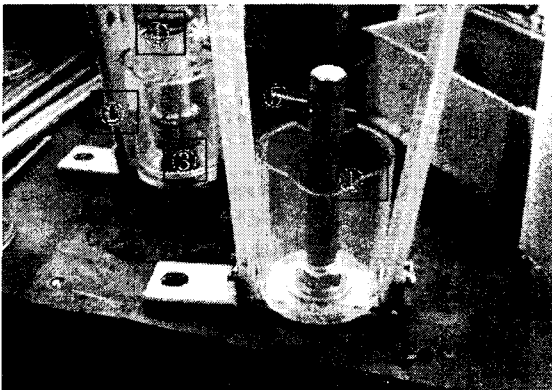


그림 3. 가동전극 가이드

- ① 가동전극 가이드, ② 퍼퍼 하우스(Housing),
- ③ 튜립 접점(Tulip Contact) ④ Sliding Shaft,
- ⑤ 베어링(Rulon Bearing)

3. 윤활제의 고착 특성

3.1 전극의 구조

가동자와 고정자의 구조를 그림 2에 나타내었다. 가동 전극 가이드(베어링 포함)는 퍼퍼하우스(Puffer Housing) 내 튜립 접점(Tulip Contact)과 전기적으로 연결되어 있으며 차단부의 투·개방시 Sliding Shaft와 튜립 접점과 미끄럼 접촉(마찰)이 발생하는 구조이다(그림 3).

3.2 오·부동작 사례

제조과정 중 가동전극에 과도하게 도포된 그리스가 장

기간 미사용후 경화 고착되어 개방·투입 동작불량의 원인이 된 사례가 있다. 특히 고착이 심한 전극의 경우 그리스가 하우스에 비산한 흔적이 있는데, 이것은 개방 시 전극에서 발생하는 아크에 의해 그리스가 비산한 것으로 보이며 이러한 과정에서 그리스는 변질량과 정도의 변화로 가동전극의 미끄럼 운동을 방해한 것으로 분석되고 있다.

3.3 그리스의 열화특성

그리스는 액체 윤활유, 즉 기유(基油)에 증주제(增稠劑)라고 불리는 미세한 고체를 분산시켜 반고체상으로 한 윤활제이다.

장기간 사용한 그리스는 물리적 변화 외 성분의 화학적 열화가 진행된다. 특히 기유의 열화수명이 중요하지만 증주제가 산화의 촉매가 되는 일이 많으므로 오일 단독으로 사용할 경우보다 수명이 짧은 것이 보통이다. 고온으로 장기간 사용시는 합성계 기유가 사용된다. 또 산화방지제는 윤활유의 경우와 같이 유효하다.

이와 같이 그리스의 내열성과 열화수명은 물리·화학적 복합작용에 의해 결정되며 적점과 산화안정도 뿐만 아니라, 베어링시험 등으로 윤활수명을 종합적으로 성능을 평가하는 것이 필요하다.

3.4 그리스 물성시험

오·부동작이 발생한 개폐기에서 사용된 윤활방청제(WD-40)에 대해 물성시험을 시행하였다. 혼화기(混和器)에 그리스를 채취해서 25℃의 온도로 유지하고 연속 60회 혼화한 후 정도를 측정하였으며 혼화안정도시험은 KS M 2032 규격에 따라 시험한 결과, 표 3과 같이 온도변화에 의해 주도(稠度)가 변함을 알 수 있었다.

따라서 그리스의 적정용량 이상으로 저온에서 사용할 경우는 조작상태에 더 큰 영향을 주는 것으로 사료된다.

표 3. 그리스 물성시험

시험항목		시험치(25℃, 60회 혼화)	특성
혼화 주도	20℃	301	약간 연질
	-25℃	189	약간 경질

3.5 투·개방 음향분석

윤활제 고착으로 인한 가동전극의 투입, 개방시간의 변화를 측정하였다. 분석은 서울 및 경기지역에 설치되어 운전중 개폐기(지중용) 20대와 고장철거 개폐기(지중용) 3대를 대상으로 음향을 비교분석을 하였다. 시료 현황은 표 4와 같다.

표 4. 음향분석 시료현황

구 분	불량 내용	대수	사용 연수
가스절연	정상	-	20
개폐기 (지중용)	고장	가스누출	1
		투·개방불량	2

도전불량을 야기하기도 한다. 과도하게 도포한 그리스는 저온환경에서 쉽게 경화되며 가동전극의 Torque 변화에 영향을 준다. 이러한 열화는 그리스의 윤활수명 외 차단 성능을 저하시켜 개폐장치의 수명을 단축시킨다.

따라서 개폐기의 수명 연장을 위해서는 윤활제의 관리 기준의 준수 및 교환주기 설정이 추천된다.

참고 문헌

- [1] 한전 전력연구원, '개폐기 고장분석보고서', 2003-2004
- [2] KS M 2032
- [3] 일본석유, '윤활관리 가이드북(그리스의 선택과 사용)'
- [4] 한국전력공사, '배전실무교육교재', 2003

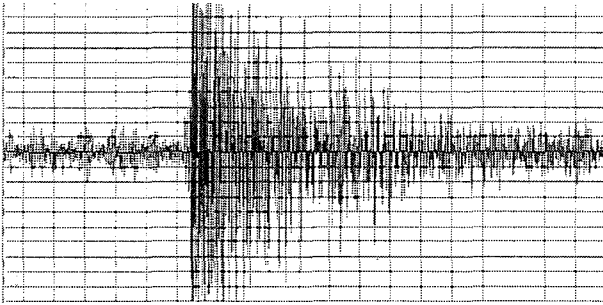


그림 4. 정상 투·개방 파형

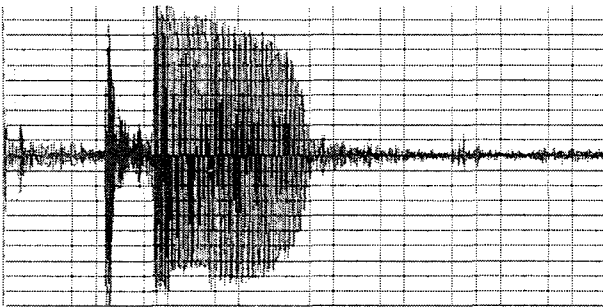


그림 5. 투입불량 파형

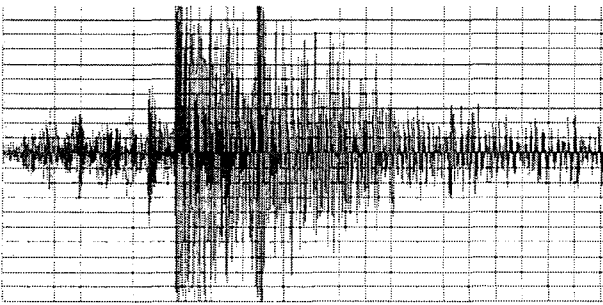


그림 6. 투입불량(chattering) 파형

분석결과 투입불량이 발생한 개폐기 음향 파형은 그림 5에 나타났으며, 정상 투·개방 음향 파형은 그림 4와 같다. 한전표준규격 (ES 151-143~145)에서는 동시 개폐시간을 6[ms]이하로 규정하고 있으며, 그림 6는 동시개폐시간이 16[ms]정도로 규격을 초과하였다.

4. 결 론

차단전극에서 윤활제의 고착은 접점장해와 오·부동작을 일으키는 원인이 된다. 또한 그리스 기유의 확산으로 인한 미량의 절연물은 전기회로와 접점에 부착됨으로써