

초고압 SF₆ 가스절연기기(2) (GCB, GIS)

글/김 상 진 · 현 종 수(효성중공업 주식회사)

목 차

1. 서 론
2. 차단기의 용도
3. 차단기의 종류
4. SF₆ 가스의 성질
5. 차단기의 성능
6. 시 험

7. 가스차단기의 열화현상
8. SF₆ 가스절연기기(GCB, GIS)의 현지작업기준
9. SF₆ 가스절연기기(GCB, GIS)의 보수점검기준
10. 신뢰성 향상 및 향후 진단기술
11. 맺음말

6. 시 험

4) 온도상승시험

(가) 시험목적

통전성능의 검증을 목적으로 하지만 내용적으로 아래의 항목을 검증하는 것을 말한다.

- i) 각부의 온도상승치가 규정치 이내인지 확인
- ii) 탱크, 가대, 접지선 등에 흐르는 전류의 크기 및 이상발열의 유,무 확인
- iii) 가스압력 상승, 탱크의 열신축 등의 크기 확인
- iv) 통전으로 인한 열화유무 또는 장기간 사용시 실용상 문제가 없는가를 확인

(나) 적용범위

정격주파수 60HZ 또는 50HZ로서 연속해서 전류 통전이 가능한 GCB, GIS

(다) 피시험의 상태

완전조립상태가 바람직하며, 현지 취부상태로 모

의가 불가능할시 상호간의 협의에 따라 부분 피시험 상태가 가능하다.

(라) 시험방법

i) 통전방법

정격전류, 정격주파수에서 3상통전을 원칙으로 하지만 상분리형 등 다른 상의 영향이 문제가 되지 않는 경우는 시험을 단상으로 실시해도 좋으며, 상분리형으로 외피전류의 크기가 주회로전류의 크기에 근접하는 경우 탱크를 귀로로한 단상시험을 실시하는 것도 가능하다. 모선부와 분기부 등 정격전류가 다른 부분에 대해서는 실운용상태를 고려, 가장 가혹한 통전경로와 통전전류를 정할 필요가 있다.

ii) 통전시간

각 부의 온도가 포화될 때까지의 시간 (1시간당 온도변화가 1°C 이하일 경우를 포화라 한다)

iii) 시험가스압력

정격가스압력 또는 최저보증압력으로 한다.

iv) 주위온도의 결정

① 온도계의 위치: 기기 높이의 중앙, 거리는 1~2m 위치에 여러개의 온도계를 설치하며 통풍 및 방열의 영향을 받지 않는 장소

② 온도의 결정: 상기 ①의 각 값의 평균치로 하며, 시험시간중 주위온도에 대한 변화는 전시험기간의 최종 1/4기간의 온도 평균치를 주위온도로 한다.

(마) 시험결과와의 정리

- i) 시험상태
- ii) 시험회로
- iii) 온도측정부위 설명도
- iv) 시험전류 및 주파수 (A, HZ)
- v) 가스압력 (kg/cm², G)
- vi) 주위온도 (°C)
- vii) 각부 온도상승치와 규격치 및 통전시간
- viii) 대표적 부분의 온도상승곡선
- ix) 기타측정결과 (측정치, 측정조건, 측정방법, 측정개소의 설명)

(바) 시험결과와의 판정

- i) 각 부의 온도상승 및 최고온도는 <표 3의> 값 이하일 것
- ii) 시험전후의 주회로 저항값이 20% 이상 차이가 나서는 안된다.
- iii) 접촉부의 상태, 각 부에 이상이 없을 것

<표 3> 온도상승 허용한도

구 분	최 대 치	
	최고허용온도(°C)	온도상승한도(K)
1. 접점		
동 및 동합금		
- 공기	75	35
- SF ₆	90	50
- 유(油)	80	40
은도금 및 니켈도금("주"2)		
- 공기	105	65
- SF ₆	105	65
- 유(油)	90	50
주석도금("주"2, "주"8)		
- 공기	90	50
- SF ₆	90	50
- 유(油)	90	50

구 분	최 대 치	
	최고허용온도(°C)	온도상승한도(K)
2. 볼트조임 또는 동등이상으로 접속된 동, 동합금 및 알루미늄 합금		
- 공기	90	50
- SF ₆	105	65
- 유(油)	100	60
은도금 및 니켈도금		
- 공기	115	75
- SF ₆	115	75
- 유(油)	100	60
주석도금		
- 공기	105	65
- SF ₆	105	65
- 유(油)	100	60
3. 스크류 또는 볼트로 된 외부도체 접촉 단자("주"3)		
- 비도금의 경우	90	50
- 은, 니켈 및 주석도금	105	65
4. 유(油) 입계폐기(Switching Device)의 유(油)	90	50
("주"4,5 참조)		("주"6 참조)
5. 스프링류		
6. 절연재		
Y(비주입재)	90	50
A(오일침전 및 주입재)	100	60
E	120	80
B	135	90
F	155	115
에나멜: 베이스유(油)	100	60
합성 유(油)	120	80
H	180	140
C		("주"7 참조)
7. 접점의 유(油)중 접촉, 금속부 또는 절연재	100	60

- 주) 1. 주위온도는 40°C를 기준한 것임.
 2. 도금된 접점의 절은 접점주위에 도금층의 층이 남아 있어야 한다.
 1) 투입 및 차단시험 후
 2) 단시간 전류시험 후
 3) 기계적 내구성 시험 후
 3. 단자에 접속된 도체 가나도체(비도금)라 할지라도 온도 및 온도상승치는 이를 적용한다.
 4. 유(油) 상부에서의 온도
 5. 저인화점유(油)는 기화 및 산화에 대한 특별한 고려를 해야 한다.
 6. 재료의 탄성이 손상되는 온도까지 온도가 도달하지 말 것
 7. 주위기기를 손상하지 않는 한도
 8. 퓨즈 접촉의 경우 온도상승은 고압퓨즈에 따른다.
 9. 기타 재질에 대해서는 그 재질의 특성에 따라 최고 온도 허용치를 결정한다.

5) 보조회로 절연시험

(가) 시험목적

전력기기의 보조 및 조작회로가 규정된 절연성능을 가지는가를 검증

(나) 시험방법

보조 및 조작회로를 Common하고 접지(외함, Frame 등)와의 사이에 상용주파내전압 2kV를 1분간 인가한다.

(다) 판정

회로와 접지사이에 절연과파괴가 없을 것

6) 주회로저항 측정

(가) 시험목적

온도상승시험을 실시하는 형식시험 피시험품의 주회로저항을 측정할 값과 동일형식 제품의 검수시험(Routine Test)시 측정값과 비교하여 검수시험시 온도상승시험을 실시하지 않는 근거로 삼는다.

(나) 시험방법

50A~정격전류의 전류를 통전하여 DC전압강화법으로 저항을 측정한다.

(다) 판정

i) 형식시험시 온도상승시험 전후에 실시하며 값의 차가 20% 이상이 되어서는 안된다.

ii) 검수시험시 측정치가 형식시험시의 온도상승시험 전 측정저항치보다 20% 이상 되어서는 안된다.

(라) 시험결과와 정리

i) 시험전류

ii) 주위온도

iii) 측정구간

7) 단시간전류시험

(가) 시험목적

기기의 주회로 및 접지개폐기가 정격 단시간전류 및 정격 과고치전류(Rated Peak Withstand Current)의 통전성능을 가지는지 검증한다.

(나) 피시험상태

완전 조립상태로 한다

(다) 시험방법

단상 또는 3상으로 시험실시하며 정격단시간전류를 1초동안 통전시킨다.

(라) 시험후의 조건 및 판정

i) 정격전류를 규격상 정해진 온도상승허용치를 초과하지 않고 연속 통전할 수 있어야 한다.

ii) 규격에 정해진 시험전압을 견디는 절연성능을 가져야 한다.

iii) 전류투입 및 차단능력이 구비된 개폐기는 단시간전류시험후에도 전류투입 및 차단능력을 가져야 한다.

시험직후 기계적 변형, 접촉부 및 접점의 용착여부를 눈으로 확인하고 무부하 동작을 함으로써 상기 i), ii), iii) 조건의 성능을 가지는지에 대한 검증을 충분히 할 수 있다.

8) 투입 및 차단능력시험

(가) 개요

차단기의 사용목적이 단락고장 등의 이상상태를 제거하는 것이므로 차단성능의 검증시험은 가장 중요한 시험이 된다.

또한 단락고장상태가 아닌 정상상태(무부하시 포함)에서의 차단성능도 구비되어야하므로 차단기의 투입 및 차단시험은 모든 조건에서의 투입 및 차단성능을 갖추고 있는지 검증되어야 한다.

상세한 시험방법에 대해서 서술하면 너무 방대하므로 시험목적 및 그 시험방법에 대해 간단히 소개하고자 한다.

(나) 시험방법

(i) 전원에 따른 분류

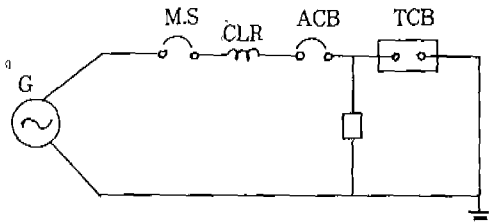
㉞ 직접시험

공시차단기의 차단용량을 단일전원으로 만족시킬 수 있는 경우 사용되는 방법으로서 간략하게 단상으로 시험회로를 도시하면 <그림 2>와 같다.

㉟ 합성시험

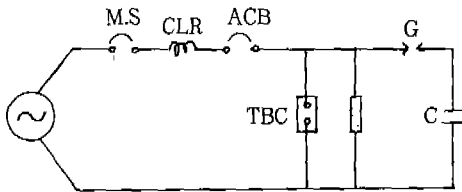
초고압 대용량차단기를 시험하는 경우 현실적으로 공시차단기의 차단용량을 단일전원으로 만족시키지 못하므로 이때 사용하는 등가시험방법이다.

시험회로를 개략적으로 도시하면 <그림 3>과



G : 단락발전기 TCB : 공시차단기
 M.S : 동기투입스위치 CLR : 단락전류조정용 리액터
 ACB : 보조차단기 ⚡ : 과도회복전압 조정회로

<그림 2> 단상단락 직접시험 회로



G : 단락발전기 TCB : 공시차단기
 M.S : 동기투입스위치 G : SPARK GAP
 CLR : 단락전류조정용 리액터 C : CAPACITOR
 ACB : 보조차단기 ⚡ : 과도회복전압조정회로

<그림 3> 단상 wai합성 시험회로

같은 전류원으로 사용되는 단락발전기, 전압원으로 사용되는 Capacitor 및 전압원과 전류원의 합성을 위한 Gap으로 구성된다.

(ii) 그외 분류

시험설비의 한계때문에 (i)항의 ㉞,㉟와 조합해서 사용할 수 있는 다음과 같은 시험방법이 있다.

㉞ 단상시험(Single Pole Testing)

3상차단기중 단상에만 시험전류 및 전압으로 시험하는 방법이다.

㉟ 단위시험(Unit Testing)

일부 대용량 차단기는 2개이상의 동일한 차단부가 직렬로 연결되어 있고, 같은 전압분배를 위한 저항 또는 콘덴서가 구비되어 있다.

이와같은 차단기를 직렬로 연결된 여러개중 1개만으로 시험하는 방법이다.

㊱ Multi-Part Testing

한번의 시험으로 요구되는 시험조건을 만족하지

못할시 2번이상을 연속으로 시험하면서 시험조건을 충족시켜주는 방법이며, 주로 차단후의 과도 회복전압 조건을 충족시켜주기 위해 사용되는 방법이다.

(다) 시험항목

(i) 기본단락시험

차단기는 모든 단락조건에서 정격차단전류까지의 대칭, 비대칭전류를 투입, 차단할 수 있어야 하며 보통 정격차단전류의 10%에서 100%까지의 전류를 투입, 차단할 수 있으면 그 성능이 구비된 것으로 여겨진다.

㉞ DUTY NO.1

정격차단전류의 10% 전류(DC성분 20% 이하)의 차단성능검증

㉟ DUTY NO.2

정격차단전류의 30% 전류(DC성분 20% 이하)의 차단성능검증

㊱ DUTY NO.3

정격차단전류의 60% 전류(DC성분 20% 이하)의 차단성능검증

㊲ DUTY NO.4

정격차단전류의 100% 전류(DC성분 20% 이하)를 정격동작책무(예:0-0.3초-CO-3분-CO)로 시험하여 차단기의 투입 및 차단성능 검증

㊳ DUTY NO.5

DC전류분이 포함된 정격단락전류의 100% 전류 차단성능 검증

단락사고가 생기면 전류는 DC분 전류가 포함된 과도전류가 흐르며 회로에 따른 시정수(τ)에 따라 DC분 전류가 줄어든다.

따라서 DUTY NO.5에서의 %DC전류는 차단기의 개극시간(차단기 Trip 신호발생부터 개극순간까지 시간)에 따라 다르게 적용되므로 차단기 특성에 의해 값이 달라진다.

주)DUTY NO.4,5 시험시의 전류차단 TRV를 정격과도회복전압이라하며 TRV의 가혹도(차단조건 가혹도)는 초기 재기전압상승률(기울기가 클수록 가혹)과 파고치(높을수록 가혹)로 정해진다.

전력계통이 복잡다양해지면서 정격과도회복전압의

초기재기전압 상승률이 $1kV/\mu s$ 에서 $2kV/\mu s$ 로 규격이 개정(IEC56:1987, ESB150:1990)됨에 따라 현재는 개정된 규격에 의해 시험하고 있다.

(ii)임계전류시험

이 시험은 정격차단전류의 10% 전류이하에서 차단이 어려운 현상(임계전류 현상)이 있는 차단기에만 적용되는 시험으로 전류차단시 ARC 에너지에 의해 발생된 Gas로서 ARC가 소호되는 OCB(유입차단기)같은 경우에 해당되는 시험이며 전류가 작을수록 차단이 용이한 Puffer Type GCB 같은 경우에는 해당없다.

시험여부는 기본단락시험시 DUTY NO.1의 ARC Time이 DUTY NO.2의 ARC Time보다 0.5 ∞ 상 길 때 시험실시하며 시험전류는 정격차단전류의 4~6%와 2~3%전류로서 시험실시한다.

(iii)단상 단락전류차단시험

3상일괄 Tank형 차단기 및 3상일괄 조작형 차단기의 기본단락시험이 3상으로 실시되었을 경우 전류차단시 부하 불평형조건에서의 차단성능을 검증하기 위해 시험실시하며 정격차단전류(DC성분 20%이하)를 단상으로 차단시험실시한다.

(iv)근거리선로 고장전류 차단시험

차단기의 종류에 따라 사고지점이 차단기로부터 수백미터에서 수킬로미터가 될때 차단이 가장 까다로운 조건으로 되는 경우가 있어 시험실시한다.

그 이유는 차단기와 사고지점까지 진행파가 투과, 반사되면서 초기 재기전압상승이 톱니(CHOPP)파로 형성되며 그 기울기가 매우 급격하게 되기 때문이다.

시험은 사고지점까지의 거리에 따라 2가지로 모의하여 시험하며 정격차단전류의 90%와 75%로서 시험실시한다.

(v)탈조차단시험

차단기 양단에 발전전원이 있을 경우 탈조상황이 발생되었을때 전류는 작으나 차단기 양단에 걸리는 전압은 다른 조건에 비해 아주 높아지므로 그 투입 및 차단성능을 검증하고자 시험실시하며 시험전류는 정격차단전류 및 투입전류 Peak치의 25%로서 시험실시 한다.

(vi)충전전류 차단시험

무부하 송전시 부하단 충전전류 및 콘덴서군 전단 차단기의 투입 및 차단시 개폐과전압이 발생하며 그 값이 일정값 이상이 되면 계통의 절연에 지장을 초래하므로 규격상 정해진 최고허용 개폐과전압 미만이 되는지 확인하기 위해 시험실시하며 그 종류는 다음과 같다.

㉔선로 충전전류 차단시험

차단기가 가공송전선에 직접접속되는 정격전압 72.5kV급 이상의 차단기에 적용되며 정격 차단충전전류는 아래표와 같다.

정격전압(kV)	정격차단전류(A)
72.5	10
170	63
362	315

㉕케이블 충전전류 차단시험

정격 케이블차단 충전전류는 아래표와 같다.

정격전압(kV)	정격차단충전전류(A)
7.2	10
25.8	31.5
72.5	125
170	160
362	355

㉖콘덴서군 시험

실제 계통에 사용되는 콘덴서 용량 및 그 운영조건(리액터 삼입 등)에 맞게 계산된 전류의 차단 및 투입성능을 검증한다

(vii)지상소전류 차단시험

변압기 무부하시에는 여자전류만이 흐르며 그 여자전류는 지상전류이다.

이 지상전류 개폐시의 과전압 발생경향을 알기 위해 시험실시하며 시험시 실제 변압기 무부하 운전조건을 완전 모의한다는 것은 불가능하기 때문에 개폐과전압 허용 규정치는 정해져 있지 않다.

시험전류의 표준치는 20A로 한다.

<다음호에 계속……>