

## 개폐기 시험

Conclusion

한국전기연구원 박 승 재

## 1. 일반 사항

## (1) 관련 규격

IEC 60265-1(1998) : High-voltage switches

ANSI(IEEE) C 37.60, ANSI(IEEE) C 37.63, ANSI(IEEE) C 37.71 등

한국전력공사 규격 : 지중용, 가공용, ALTS 등

KEMC 규격, KS C 4509 등

## (2) 개폐기(switch)

- 정상 전류의 통전 및 개폐
- 고장전류 투입
- 고장 전류의 규정된 시간 동안 통전

## (3) 개폐기의 소호 매질

- 기중 개폐기 : 공기를 압축시켜 전류를 개폐
- 유입 개폐기 : 절연유를 소호매질로 사용
- 가스 개폐기 : SF<sub>6</sub> 가스를 소호매질로 사용

## (4) 단로형 개폐기(switch-disconnector)

- 개로 위치에서 규정된 절연 조건을 만족
- 단로기

## (5) 일반용 개폐기(general purpose switch)

- 정격 전류의 개폐능력
- 단락전류의 통전 및 투입

## (6) 개폐기의 전기적 등급

- E1급 : 개폐빈도가 적은 일반용 개폐기
- E2급 : 수명동안 차단부는 보수가 요구되지 않음, 기타 부분은 최소한의 보수만이 필요
- E3급 : 다빈도의 개폐와 단락투입 용량을 구비

## (7) 개폐기의 기계적 등급



- M1급 : 1000회의 기계적 동작 내구성
- M2급 : 5000회의 기계적 동작 내구성

(8) 특수용 개폐기 : 특수 용도로만 사용되는 개폐기

- 콘덴사군용 개폐기
- 전동기용 개폐기
- 분로 리액터용 개폐기

2. 개폐기의 구비 요건

- (1) 통전 성능 : 정격전류의 상시 통전, 고장전류의 단시간 통전
- (2) 절연 성능 : AC 내전압, Impulse, PD 등
- (3) 개폐 성능 : 전기적 수명관련 - 부하개폐 회수, 고장전류 투입  
절연 측면 - 진상소전류(선로 충전, 케이블 충전), 지상소전류(무부하 변압기)  
무부하 개폐 성능 : 1000회와 5000회로 구분

(4) 제어함의 기능

3. 개폐시험 관련 사항

- (1) 적용규격 : IEC 60265-1 적용
- (2) 다수회의 부하개폐능력 : 동남아의 경우 400회
- (3) 진상 소전류에 대한 규제 사항

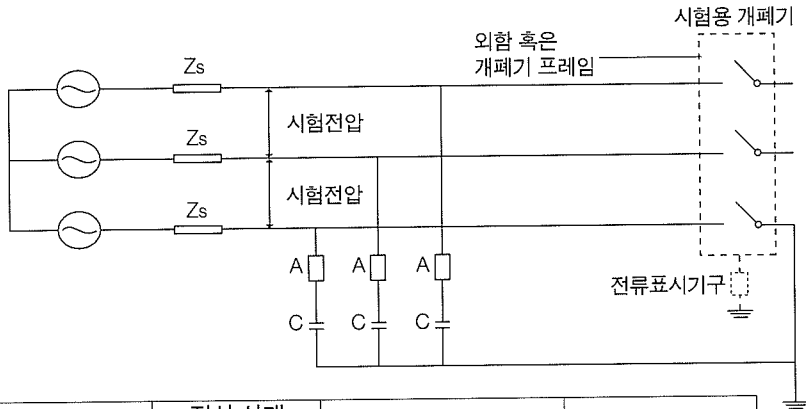
- 진상 소전류의 재점호에 대한 등급 구분
  - Very low probability of restrike 등급 : Restrike 규제
  - 차단기의 규정과 유사(IEC 62271-100(2001))
- 진공 개폐부에 대한 NSDD 규제
  - NSDD : Non-Sustained Disruptive Discharge  
회복전압 구간동안 고주파수 전류만을 발생시키는 접점간의 방전
  - 전체 개폐시험 중 3회까지만 허용
  - 전원 주파수로의 전이는 불허

(4) 비접지 계통의 조건

- 해외 시장의 경우 배전 계통이 주로 비접지 계통으로서 이에 대한 시험항목 준비
- 추가 시험항목 : IEC 60265-1, Test duty-6a, 6b  
Test duty-6a : Earth fault current switching test  
Test duty-6b : Cable and line-charging current under earth faults

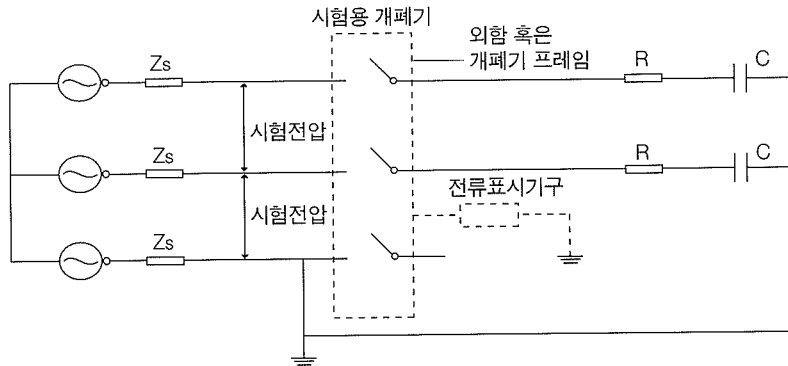
Conclusion

Test duty-6a : Earth fault current switching test



항 목	정상 상태 총전 전류	Earth fault	비 고
전류개폐	3상 모두	1상 : 전류개폐 2상 : 무부하개폐	
차단전류(I <sub>t</sub> )	$\frac{V_{LL}}{\sqrt{3} Z} = \frac{V_P}{Z}$	$\sqrt{3} \frac{V_{LL}}{Z} = 3 \frac{V_P}{Z}$	3배
시험 전압(V <sub>t</sub> )	V <sub>P</sub>	V <sub>LL</sub>	$\sqrt{3}$ 배

Test duty-6b : Cable and line-charging current under earth faults



항 목	정상 상태 총전 전류	Earth fault	비 고
전류개폐	3상 모두	2상 : 전류개폐 1상 : 무부하개폐	
차단전류(I <sub>t</sub> )	$\frac{V_{LL}}{\sqrt{3} Z} = \frac{V_P}{Z}$	$\frac{V_{LL}}{Z} = \sqrt{3} \frac{V_P}{Z}$	$\sqrt{3}$ 배
시험 전압(V <sub>t</sub> )	V <sub>P</sub>	V <sub>LL</sub>	$\sqrt{3}$ 배



## 4. 신뢰성 시험

### (1) 일반 사항

- 대상 : 개폐기의 절연열화 평가
- 신뢰성 평가 대상 : 가스 기밀재, 절연물(조작 Rod)
- 조작기는 성능평가시험으로 실시
  - M1급 : 1000회
  - M2급 : 5000회
- 접점의 수명 : 100% 부하개폐시험 회수
- 신뢰성 평가 항목
  - (a) 한계온도에서 성능 평가 : 고 · 저온에서 기밀유지 특성 및 동작 특성 평가
  - (b) 가스 기밀재의 경년변화 특성 평가 : 아레니우스 식을 적용한 영구압축 변형을 추정
  - (c) 장기 과전에 의한 조작 Rod 수명평가

### (2) 시험항목

- 한계 온도에서의 시험
  - 목적 : 사용 온도 범위의 한계치에서 동작 가능 한계 온도에서 가스 기밀재의 성능 평가 상온으로 복귀시 기밀재 기능의 복귀 여부 평가
  - 시험 방법 : SF6가스 압력(밀도)은 정격에서 실시 고저온에서 일시적인 누기율 평가 상온으로 복귀했을 때 기밀재 기능

한계온도에서 누기율 허용치

온도 상승(℃)	일시적 누기율의 허용치
+40 및 +50 주위 온도	3Fp Fp
-5/-10/-15/-25/-40	3Fp
-50	6Fp

- 저온 시험 및 평가 방법
  - (a) 상온에서 기밀 시험 : 허용 누기율(Fp) 평가
  - (b) 폐로 위치, 최저 온도 상태에서 24시간 유지
  - (c) 24시간 후에 기밀 시험 : 누기율(Fp) 평가
  - (d) 24시간 동안 개로 위치
    - 기밀 시험 : 누기율(Fp) 평가
  - (e) 무부하 개폐 시험 : 3분 간격, 50회 실시
  - (f) 1시간당 10K의 비율로 상온(20℃)까지 상승, 30분당 3회의 개폐동작 실시
  - (g) 상온에서 기밀 시험 : 허용 누기율(Fp) 평가

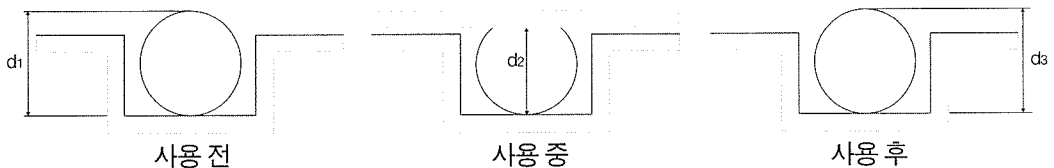
- 고온 시험 및 평가 방법

- (a) 개폐기를 폐로 위치, 고온 온도 상태에서 24시간동안 유지
- (b) 24시간 후에 기밀 시험 : 누기율 평가
- (c) 24시간동안 개로 위치, 기밀 시험 : 누기율 평가
- (d) 무부하 개폐 시험 : 3분 간격으로 50회
- (e) 1시간당 10K의 비율로 상온(20℃)까지 온도 조정, 30분당 3회의 개폐동작 실시
- (f) 상온에서 기밀 시험 : 누기율 평가

- 가스 기밀재의 영구 압축 변형을 시험

장기간 사용에 따른 기밀 기밀재의 영구 압축, 변형율을 평가

압축 변형율



압축량 :  $\delta = d_1 - d_2$

영구 압축 변형치 :  $\delta' = d_1 - d_3$

압축율(P) =  $\frac{\text{압축량}}{\text{기밀재 두께}} \times 100 = \frac{d_1 - d_2}{d_1} \times 100 (\%)$

영구 압축 변형율(Pp) =  $\frac{\text{압축 영구 변형치}}{\text{압축량}} \times 100 = \frac{d_1 - d_3}{d_1 - d_2} \times 100 (\%)$

시료의 준비 및 시험 개요

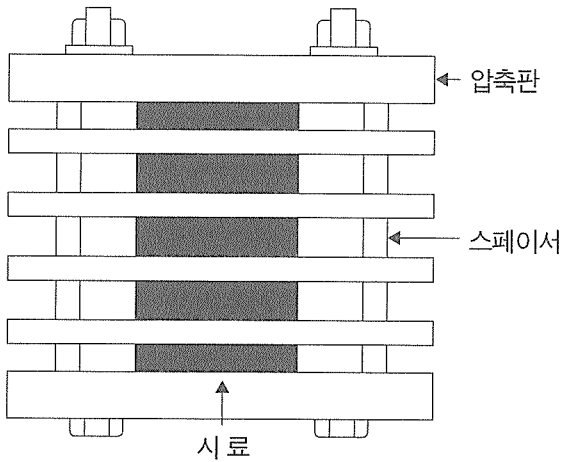
- 관련 자료 : 일본전기학회 기술보고
- 시료수 : 5개
- 압축율 : 제작자의 설계 기준에 따름, 일반적으로 25 - 30%
- 판정 방법 : 아레니우스 식에 따른 영구 변형율 평가, 사용온도 범위 중 최고 온도, 보증 기간에서 영구 압축변형율이 80% 이내
- 아레니우스 식 : 고분자 재료의 열화 수명

$$\log t_L = -A + \frac{E}{2,303 R} \left( \frac{1}{T} \right)$$

- $t_L$  : 수명에 도달하는 기간
- R : 기체 정수
- A : 정수(재료에 따라 결정되는 정수)
- E : 활성화 에너지(시료에 따라 결정되는 정수)
- T : 기밀재의 절대 온도(°K)

## 개폐기 시험

Conclusion



### 평가 방법

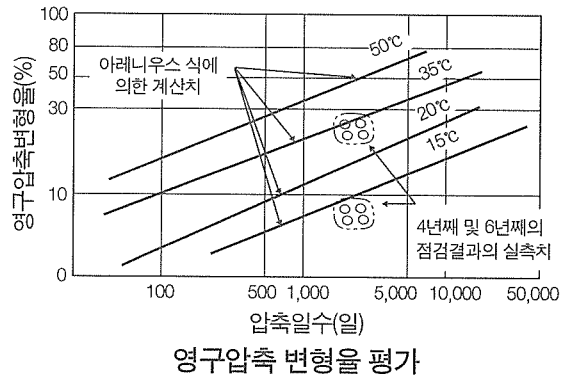
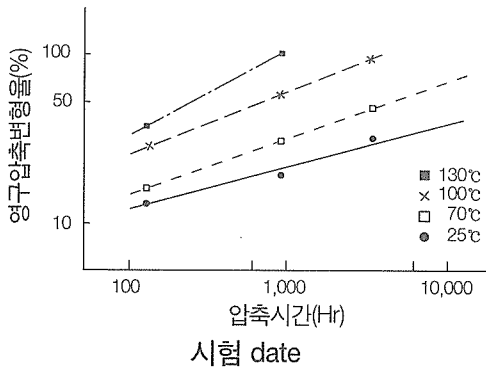
- 열화(시험) 온도 : 사용 조건 중 최대온도
- 시험 기간 : 200일
- 변형율 측정 시점 : 1/4 주기마다  
(50일, 100일, 150일, 200일)

### 영구 압축 변형율의 결정

- 가로축 : 시험 기간에 대한 상용 로그 눈금
- 세로축 : 영구 압축 변형율에 대한 상용 로그 눈금
- 측정된 데이터를 이용, 직선을 연장
- 시료의 영구 압축 변형율이 80%가 되는 시간을 결정

### 결과의 판정

- 기밀재의 수명 : 영구 압축 변형율이 80%가 되는 시점
- 영구 압축 변형율 : 80%가 시점이 4900일 이상

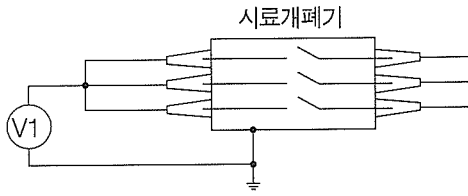


### - 장기 과전 시험

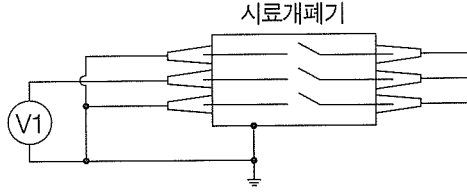
#### 시료의 준비

- 시료 준비 : 2대, 정격 가스압력
- 시험 대상 : 상대지간 / 상간

시험 회로



상대지간 시험



상간 시험

시험 전압 및 기간

전압 배수(α)에 의한 시험전압과 기간 결정

$$\alpha = \frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{n}}$$

V<sub>1</sub>: 시험 전압, V<sub>2</sub>: 운전 전압

T<sub>1</sub>: 시험 기간, T<sub>2</sub>: 기대 수명

n: 14

전압 배수(α)에 따른 시험 기간

전압 배수 (α)	시험 기간 (일)
1.2	280
1.3	90
1.4	33

결과의 판정

- 파괴 방전이 없을 것
- 무부하 개폐가 가능할 것
- 내전압 시험

<참고 문헌>

- 일본전기학회 기술보고(II부) 제225호
- 일본 전기학회 기술보고(II부) 제290호
- 일본 전기학회 기술보고(II부) 제355호
- 일본 전기협동연구 제33권 제4호