

고전압 개폐장치의 보조회로 및 제어회로에 대한 환경시험 검토(2)

이정기, 박영창, 정주영, 김익수
한국전기연구원 시험인증본부 / jglee@keri.re.kr

A Study on Environmental Tests for Auxiliary and control circuits of HV Switchgears and controlgears(2)

Jeong-Gee Lee, Young-Chang Park, Joo-Young Jeong, Ik-Soo Kim
Testing and Certification Division, KERI

Abstract - A study on the environmental tests for auxiliary and control circuits of high voltage switchgears, especially testing condition and requirements, according to the relevant international standards has been briefly reviewed in this paper. As the highest supply voltage of electric power systems have been progressed, testing techniques and testing standards such IEC codes improved and revised keeping step with it. Especially IEC 62271 series, which are applicable to the HV-class switchgears and controlgears have been revised in 2008 newly.

In this paper, the special consideration and background information of environmental testing condition with mechanical operating performance, e.g. operation in a higher and lower ambient temperature, for the auxiliary and control circuits of switchgears and controlgears and considerable investigation to the related international standards have been provided. Examples of testing performed were showed and analysis of their test results have been described.

1. 서 론

전기에너지의 생산과 수송, 변환 및 공급, 그리고 산업현장과 각 가정에서의 안전한 사용을 가능하게 하는 가스절연개폐장치(GIS), 변압기, 전선류 및 애자금구장치 등 각종 전력기기는 국내외 규격 및 규정에 따라 안전성과 신뢰성에 대한 성능검증이 반드시 수반되어야 한다. 특히 송전 및 배전계통에서 고장사고 발생시 계통망의 연결회로를 차단하여 후위에 대한 사고파급 여파를 막아주는 고전압 개폐장치에 대한 성능검증은 매우 중요하기 때문에, 전기시험평가분야의 핵심 국제규격(표준)인 IEC는 전력계통의 대형화와 전력기기의 초고압화, 대용량화 및 전력기기 사용 환경조건인 광범위화 추세에 신속히 대응하기 위해 해당 표준의 개정작업을 진행하였고, 최근 주요 개폐장치기에 대한 시험표준의 개정이 일부 완료되었다.

주요 개정내용중의 하나는 환경시험에 대한 사항이다. 개폐장치의 스위칭 디바이스를 비롯한 주회로부에 대한 특정환경하에서의 성능검증기술은 이미 정립되어 있으며, 고온 및 저온 환경에서의 기계적 동작시험 등은 필수 성능검증항목으로 지정되어 의무적으로 시행되고 있으나, 고전압 개폐장치의 보조회로 및 제어회로에 대한 환경시험은 2008년 차단기에 대한 표준(IEC 62271-100)에 반영되는 등 그 중요성이 최근 부각되고 있는 실정이다. 주위 환경조건 변화에 대한 보조회로 및 제어회로의 성능검증은 각종 계전기 및 통신기기를 통해 원격 제어, 감시하는 기능을 갖는 개폐장치류의 증가 추세에 있어서 더욱 중요한 사항이 될 것이다. 따라서 IEC 62271 시리즈 및 관련 표준인 IEC 60068 시리즈에 대한 면밀한 검토가 필요하며, 사용자 및 제작자가 수용할 수 있는 해당 기기의 성능평가방법이 도출되어야 한다.

제3차 공인시험·인증기관인 한국전기연구원은 개정된 적용표준에 부합하도록 환경성능평가설비를 비롯한 시험평가인프라의 확충과 관련된 시험인증기술 확보를 지속적으로 추진해 오고 있으며, 본 논문에서는 제어장치를 포함한 고전압 개폐장치의 보조회로 및 제어회로에 대한 환경시험 관련 표준을 검토하고, 기기별 환경시험 고려사항 및 적용사례에 대해 기술하였다.

2. 본 론

2.1 환경시험 개요

2.1.1 시험의 필요성 및 시험표준 개정동향

개폐장치(switchgear)는 전력계통에서 사고시 고장점을 분리·차단하여 계통을 보호하고, 복구 완료시 전원을 투입하는 장치로 전력기기중 가장 중요한 제품이며, 특히 고전압 개폐장치는 열대지방이나 추운지역 등 지역에 상관없이 다양하게 사용되고 있는 제품이다. 따라서 일반적인

사용조건이외에 혹한, 혹서와 같은 환경조건에서도 성능이 보장되어야 하므로 내환경 성능평가가 반드시 필요하다.

개폐장치 관련 주요 국제 표준인 IEC 62271-203 및 62271-200 등은 초고압 개폐장치(차단기, 단로기 및 접지스위치 포함)의 혹한 및 혹서 조건에 대한 내환경시험으로써, 개폐장치의 고온(+50℃), 저온(-40℃) 및 고습분위기에서의 동작시험을 원칙적으로 의무화하고 있다. 또한, 개폐장치의 주회로 이외에 메커니즘부의 트립코일, 보조접점 및 기타 전기적 릴레이 등 개폐장치의 보조회로 및 제어회로도 2007년~2008년에 새로이 개정된 관련 표준에 따라 환경시험이 모두 의무화되었다.

한편, 전력기기의 시장측면에서 볼 때 국내시장의 포화로 인하여 국내 기업들이 해외수출로 빠르게 전환하고 있는 상황에서 초고압 개폐장치 등을 중동지역이나 러시아 등에 수출할 경우, 혹한, 혹서상태에서의 내환경 성능평가 또한 반드시 필요하므로, 대형/대용량의 고전압 개폐장치 및 부속 보조회로/제어회로에 대한 환경시험이 가능하도록 연구시행설비의 구축이 지속 추진되어야 하며, 관련 평가절차의 확립도 시급한 실정이다.

2.1.2 관련 시험표준

최근 표준이 개정되어 신규 시험항목이 생겼거나 제작자와 사용자의 협의 등에 의해 실시되지 않고 있던 고전압 개폐장치 및 제어장치에 대한 환경시험, 그리고 보조회로 및 제어회로에 대한 추가시험의 고찰이 필요한 주요 시험표준은 다음의 표 1과 같다.

〈표 1〉 환경시험 검토대상 IEC 표준
〈IEC 62271 High-voltage switchgear and controlgear〉

Part(year)	Title	Old number
1(2007)	Common specifications	60694 60516
100(2008)	High-voltage alternating current circuit-breakers	60056
102(2001)	High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches	60129
200(2003)	Metal enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV	60298
203(2003)	Gas-insulated metal enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV	60517 61259

〈IEC 60068 Environmental testing〉

Part(year)	Title	Old number
1(1988)	General and guidance	-
2-1(2007)	Test - Test A: Cold	-
2-2(2007)	Test - Test B: Dry heat	-
2-78(2001)	Test - Test Cab: Damp heat, steady state	60068-2-3
2-30(2005)	Test - Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)	-

2.2 환경시험 검토

2.2.1 주회로 환경시험

IEC 62271-203, -100 및 -102 등에 따라 고전압 개폐장치(차단기, 단로기 및 접지스위치 포함)의 주회로에 대한 고온 및 저온시험이 시행되고 있으며, 개략적인 시험조건 및 성능평가항목은 다음과 같다.

- 저온(T_L) 및 고온(T_H)에서의 동작특성(Time-travel chart & time)
- 저온(T_L), 고온(T_H) 및 상온(T_A, 안정화 이후)에서의 기밀특성
- 저온(T_L)에서 히터 공급전원 차단후 동작특성

- 시험전후 주회로저항 변화
- 필요시, 전압확인시험(Condition check)

2.2.2 보조회로 및 제어회로 환경시험

IEC 62271 시리즈에서 고전압 개폐장치의 보조회로 및 제어회로에 대한 환경시험을 의무화하고 있으며, IEC 60068에 세부 시험조건이 규정되어 있다. IEC 62271-1 및 IEC 60068 시리즈의 보조 및 제어회로에 대한 환경시험의 주요 검토내용은 다음과 같다.

(1) 일반사항

환경시험 관련 표준에서는 일반적으로 모든 구성품이 완전히 조립되어 실사용 조건과 동일한 상태에서 시험을 수행하도록 원칙적으로 권장하고 있으며, 시험설비 또는 시료의 크기 등의 문제로 인해 불가피하게 부품(components 또는 sub-assembly) 형태로 시험할 경우에는 각 부품별 성능검증은 물론, 실사용 조건에 대비한 부품시험의 대표성 및 부품간의 상호 연계성 등을 보증하도록 강력히 규정하고 있다. 따라서 차단부 또는 구동 메커니즘 등으로 구분하여 시험을 하는 경우, 전기적 회로 소자 및 물리적 부하의 변동이나 외함(enclosure) 등 지지물의 변경에 대한 시료 동일성 검증이 정확히 선행되어야 한다.

보조회로 및 제어회로를 포함한 개폐장치의 환경시험 또한 이러한 원칙에 따라 시료가 구성되어야 하므로, 보조 및 제어회로의 외함 자체만으로도 시험하거나 개폐장치에 부착하여 시험할 수 있으며, 보조/제어회로의 정격전압 변경 및 성능검증이 완료된 부품에 대해서는 다양한 방법으로 설치적용이 가능하다.

무엇보다 중요한 것은 시험전(initial), 중간(intermediate), 후(final)에 확인해야 할 해당 기기의 기능(functionality)에 대한 것으로써, 기본적으로 관련 표준에서 정하는 바에 따라 제작자가 명확히 제시하여야 하는 사항이다. 주회로에 대한 환경시험과는 달리 아직 구체적으로 시험표준이 정립되지 않은 실정이며, 관련 표준의 검토결과 다음과 같은 사항을 고려하여 기능시험을 실시해야 할 것으로 판단된다.

- 시험전 상온(T_A)에서의 기준상태 설정
- 기준상태와의 비교검증(visual, electrical, mechanical states)
- 저온(T_L) 및 고온(T_H)에서의 동작특성(Time-travel chart & time)
- 고습조건에서의 동작특성(Time-travel chart & time)
- 동작특성시험시 보조/제어회로의 공급전압 구분
 - 차단기의 경우: 정격전압
 - 단로기, 접지스위치의 경우: 최소전압
- 저온(T_L)에서 히터 공급전원 차단후 동작특성
- 시험전후 보조스위치류의 점접지항 변화
- 주회로 환경시험과의 병행
- 절연확인시험(Final condition check)
- 기타 CB, ES, DS 관련 표준에서의 규정사항

또한, 완전 조립된 시료에 대해 기계적 내구성시험 및 주회로에 대한 고저온시험 및 습도시험을 실시한 경우 보조회로 및 제어회로에 대한 추가 환경시험을 면제하고 있으므로, 관련 표준에서 허용하고 있는 시험의 면제조건을 활용하기 위해서는 다음의 사항을 검토하여야 한다.

- 해당 개폐장치의 보조회로 및 제어회로에 대한 特定
- 동작, 기능(functionality) 확인조건의 特定
- 부품의 모델링, 도면관리, 수입검사
- 부품(component 또는 sub-assembly) 및 완전 조립된(fully assembled) 시료의 동일성 검증방법
- 기기 사용조건(Service condition)의 설정

(2) Cold test(Ad)

Cold test(for heat-dissipating specimens with gradual change of temperature : Ad)는 IEC 60068-2-1에 규정되어 있으며, 열소산 시료로의 적용에 대해서는 추가적인 검토가 필요하다. 시험조건에 대한 주요 내용은 다음과 같다.

- 사용조건 최저온도, 16시간 동안 실시
- 시험온도 편차 ± 2 K
- 냉각 및 상승(회복) 비율 1 K/1 min
- 시험후 표준 대기온도에서 최소 1h 방치
- 기능시험 실시(initial, intermediate, final measurements)

(3) Dry heat test(Bx)

IEC 60068-2-2의 개정에 따라 Dry heat test for non heat-dissipating specimens with sudden change of temperature(Ba)는 폐지되었으므로, Cold test의 예를 들어 Bd의 적용이 가능할 것으로 판단되며 세부 시험조건은 다음과 같다.

- 사용조건 최대온도, 16시간 동안 실시
- Chamber 습도(상대습도 50% 이하, at 35 °C)
- 시험온도 편차 ± 2 K
- 가열 및 냉각(회복) 비율 1 K/1 min
- 시험후 표준 대기온도에서 최소 1h 방치
- 기능시험 실시(initial, intermediate, final measurements)
- 열소산(heat-dissipating) 시료로의 간주에 대한 추가적 검토 필요

(4) Damp heat, steady state test(Cab)

Damp heat, steady state test(Cab)는 IEC 60068-2-78(구 IEC 60068-2-3)에 규정되어 있으며, 세부 시험조건은 다음과 같다.

- 시험시간 4일
- 시험온도 및 상대습도는 다음 중에서 선택하여 시험

(30 \pm 2)°C	(93 \pm 3) % R.H.
(30 \pm 2)°C	(85 \pm 3) % R.H.
(40 \pm 2)°C	(93 \pm 3) % R.H.
(40 \pm 2)°C	(85 \pm 3) % R.H.

- 가열 및 냉각(회복) 비율 1 K/1 min
- 습도 분위기 조성은 2h 이내
- 회복기(Recovery)에 ± 1 K/0.5h의 온도변화 시점 도달이후 습도 (73 ~ 77) % 0.5h 이내 도달할 것
- 기능시험 실시(initial, intermediate, final measurements)

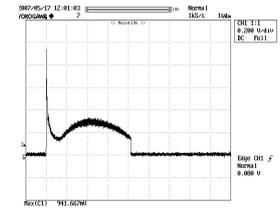
(5) Cyclic humidity test : Db

Cyclic humidity test(Db)는 IEC 60068-2-30에 규정되어 있는 Damp heat, cyclic(12h + 12h cycle)로써, 세부 시험조건은 다음과 같다.

- 저온: 25°C, 고온: 사용조건 최대온도, 2 cycle
- 시험온도 편차 ± 3 K, 시험습도 편차 ± 3 %
- Chamber 습도 조절용 물 : 500 Ω m, 재사용 불가
- 온도하강기 Variant 2 적용
- 기능시험 실시(initial, intermediate, final measurements)

2.2.3 보조회로 및 제어회로 환경시험 사례

그림 1에 관련 시험표준에 부합하도록 실시된 환경시험 사례를 나타내었다. (a)는 개폐장치에 모든 구성품이 완전 조립된 상태에서 주회로 및 보조/제어회로에 대한 환경시험이 동시에 실시된 경우이며, (b)는 단로기 및 접지스위치의 보조/제어회로 환경시험을 별도로 실시한 사례로써, 보조접점을 통한 트립코일전류의 전기적 신호를 확인하는 기능시험 결과를 나타내고 있다.



(a) 245 kV GIS(CB, ES/DS) (b) 보조/제어회로 기능시험 예
〈그림 1〉 고전압 개폐장치 환경시험 실시사례

3. 결 론

산업사회의 발전으로 전력기기의 기능이 복잡, 첨단화 되고 있으며, 수출확대 등으로 인해 사용되는 환경조건 또한 고온, 저온 및 고습 등 다양하게 변화하고 있는 실정이다. 따라서 국제 시험표준에 부합한 내환경 성능평가장비의 구축 및 평가기술의 개발 등이 매우 시급하며, 향후 환경시험기술의 연구 및 실시사례의 분석 등을 통해 평가절차의 확립과 관련분야 연구시험활동의 활성화가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 62271-1 : Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards
- [2] IEC 62271-100 : High-voltage alternating current circuit-breakers
- [3] IEC 62271-102 : High-voltage alternating current disconnectors and earthing switches
- [4] IEC 62271-200 : Metal enclosed switchgear and controlgear for rated voltages up to and including 52 kV
- [5] IEC 62271-203 : Gas-insulated metal enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV