2007년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2007. 7. 18 - 20

내부고장으로 인한 아크상태의 저압배전반 시험방법 동향 고찰

김선호, 김선구, 노창일, 정흥수, 김원만, 이동준
한국전기연구원

Study on Testing Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies Under conditions of arcing due to internal faults

Sun-Ho, Kim. Sun-Koo, Kim. Chang-Il, Roh. Heung-Soo, Jung. Won-Man, Kim. Dong-Jun, Lee
KERI

Abstract -Recently IEC has made considerations on testing Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies under conditions of arcing due to internal faults. This paper will make a study on testing Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies under conditions of arcing due to internal faults that is suggested by IEC.

Ⅰ. 서 론

배전반 내부의 아크 발생은 다양한 물리적 현상과 연관이 있다. 예를 들면, 대기압 상태의 공기 중에 발생된 아크에너지는 내부 압력의 과도한 증가와 부분적 과열상태를 야기하고, 이는 기계적 열적 스트레스를 배전반에 가하게 된다. 더욱이 이에 관계된 재질들이 가스나 증기 등 열분해 물질을 생성하여 배전반 밖으로 배출한다. 앞에서 언급된 현상은 배전반 자체의 성능은 물론 배전반에 주위에 있는 작업자 안전에 직접적인 관련이 있는 문제이다. 따라서 최근 IEC는 아크로 인해 외함에 작용하는 내부의 과도압력, 열적 효과 및 분출 가스와 불꽃에 대한 기술적 검토를 하여 그 성능 평가를 위한 시험방법에 대한 논의를 하고 있다. 이하 상기 문제와 관련하여 IEC에서 논의되는 내부 고장으로 인한 아크상태의 저압배전반 시험방법을 고찰하고자 한다.

Ⅱ. 본 론

1. 배전반 내 아크 고장 시험

여기서 소개되는 시험방법은 IEC 60439-1의 적용을 받는 저압 배전반에 적용되며 내부고장으로 인한 아크상태의 배전반에 대한 시험방법에 대한 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다. 시험의 목적은 배전반 내부아크로 인한 인명사고의 위험 및 배전반 자체의 훼손정도를 측정함에 있다. 이 시험은 형식시험이 아니고, 제조자와 사용자간의 협의에 의한 특수한 시험이다. 시험결과의 해석 역시 제조자 및 사용자 간의 협의에 따른다. 시험절차는 배전반의 문 및 커버가 닫힌 상태를 모의한다.

2. 시험에 사용되는 용어

아래에 배전반 내 아크 고장시험과 관련하여 IEC 규격에서 사용하고자 하는 용어를 정리하였다. 추후 IEC에서 규격이 정해지는 경우 이 용어들은 변경될 수 있으므로 각 용어가 뜻하는 물리적 의미를 검토하는 것에 의의가 있다.

2.1 아크상태의 예상 허용전류 (permissible prospective current under arcing conditions: $I_{CW\ arc}$)

제조자가 제시하는 값으로 시험요구사항을 만족시키기 위한 그에 상응하는 허용 아크 지속시간과 함께 주어지는 인입부 단자에서의 최대 허용 단락전류를 지시하며 전류 교류성분의 실효치로 나타낸다.

2.2 허용 아크 지속시간 (permissible arc duration : t_{arc})

제조자가 제시하는 값으로 시험요구사항을 만족시키기 위한 그에 상응하는 아크상태의 예상 허용전류와 함께 주어지는 최대 허용 아크 지속시간을 말한다. 이 값은 배전반의 부품에 따라 달라질 수 있다.

2.3 아크상태의 허용 조건부 단락전류(permissible conditional short-circuit current under arcing conditions : $I_{CC\ arc}$)

제조자가 제시하는 값으로 배전반내 전류제한기기로 보호되는 회로에 아크발생시 흐를 것으로 예상되는 전류이다.

2.4 아크

배전반 내부의 free burning arc 로서 사고로 인한 서로 다른 전위의 통전부들간 혹은 통전부와 도체간의 단락회로

2.5 아크 상태의 인명보호 (personal protection under arcing conditions)

배전반 내부 아크 사고로 인한 기계적 열적 효과로 인한 위험으로부터 사람을 보호하는 배전반의 능력. 이는 문과 커버가 잘 닫힌 저압 스위치반이나 제어반을 고려한 것이다.

2.6 아크 상태의 배전반 자체보호성능(ASSEMBLY protection under arcing conditions)

배전반 내에서 내부 아크의 영향을 지정된 영역 안으로 한정하는 능력

2.7 아크 무존재 영역 (arc free zone)

모든 도체가 절연피복재로 감싸여있기 때문에 점화불꽃을 가할 수 없는 배전반 회로 부분

2.8 아크 견딤 영역 (arc proof zone)

점화불꽃을 가하였을 경우 시험 요건을 충족시키는 배전반 회로 부분

2.9 아크 견딤 배전반 (arc proof ASSEMBLY)

아크 무존재 영역과 아크 견딤 영역으로 구성된 배전반

3. 저압배전반의 분류 및 아크상태의 특성에 따른 배전반에 대한 세부사항

아크 상태에서의 특성에 따라 배전반 보호급 또는 배전반 보호 및 사람 보호급으로 분류한다. 그리고 제조자는 제시해야할 정격으로서 다음의 값들을 제시한다.

- 아크상태의 예상 허용전류와 이에 관계되는 아크 지속시간
- 아크상태의 허용 조건부 단락전류
- 정격 사용 전압 Ue
- 내부 아크의 영향이 미치는 지정된 영역
- 회로를 보호하기 위한 차단기나 퓨즈 같은 전류제한 기기의 특성

4. 시험

4.1 시험 일반사항

시험은 대표 표본에 대하여 실시하고 다음과 같은 사항에 유의한다.

- 피시품은 사전에 아크 시험을 한 적이 없는 깨끗하게 준비된 상태로 준비한다.
- 피시품은 실제 사용되는 환경과 가능한한 비슷한 조건하에 설치한다.
- 피시품은 실제 사용시와 동일하게 내부 부품을 장착한다. 시험의 오류를 일으키지 않을 것으로 판단되는 경우 같은 부피의 가상부품을 장착할 수 있다.
- 전기충격에 대한 보호용 측정이 유효해야 한다. (IEC 60439-1 7.4절 참고)
- 사용조건에 맞추어 3상 시험으로 아크 시험을 한다.

4.2 전압, 전류 및 주파수

시험회로의 인가전압은 배전반 정격전압의 1.0~1.05 배로 한다.

시험전류는 아크상태의 예상 허용전류 또는 아크상태의 허용 조건부 단락전류로서 이는 정격단시간내전류보다 작을 수 있다.

4.2.1 예상단락전류의 크기는 회로의 사전조율값(calibraition)으로 확인한다. 이 때 사용된 임피던스를 실제 시험회로 임피던스로 한다. 단락전류의 최대값과 실효값 사이의 관계는 IEC 60439-1 7.5.3절을 참고한다.

4.2.2 내부 시험과 관련하여 정격전류로서 정격 아크상태의 허용 조건부 단락전류를 선언하고자 하는 경우에는 회로의 사전조율을 위해 보호용 기기의 선로측을 보호용기기에서 가능한한 인접한 부분을 단락시킨다.

4.3 주파수

정격주파수가 50 Hz 또는 60 Hz 인 경우, 시험 시작단계에서의 주파수는 45 Hz 와 67 Hz의 범위내의 값이어야 한다. 다른 주파수에서는 정격값으로부터 10% 이상 오차가 있어서는 안된다.

4.4 지속시간

시험상태 배전반의 전원 지속시간은 제조자에 의해 제시 된다. 이는 보호기의 응답시간에 따라 선택되어진다. 만일 이 기기들에 관한 세부사항을 알 수 없는 경우, 전원 지속시간을 최소 0.1초 인가한다. 일반적으로 이 지속시간은 0.5초를 초과하여서는 안된다. 배전반이 변압기로부터 전

원공급을 받는 경우는 the incoming switching device의 허용 아크 지속 시간은 고압 보호기기의 작동을 위해 일반적으로 0.3초이어야 한다. 아크상태의 허용 조건부 단락전류와 피시품에 의해 제한되는 아크시간으로 시험을 실시하는 경우 인가 전압은 shut down 후 10초간을 유지해야 한다.

2.6 시험절차

2.6.1 접압원 회로

피시품은 정상 운전 상태에 따라 연결되고 전원공급 되어야 한다. 특히, 시험 전류원의 중성선에 직접 연결되는 PE, N 그리고 PEN 도체의 연결시에도 이와 같다. 만약 전원이 한 방향 이상에서 공급되는 경우, 피드의 방향은 가장 큰 스트레스를 만들 것으로 예상되는 방향으로 정한다.

2.6.2 아크 발생

아크는 최단거리로 인접 도체를 연결하는 피복없는 동재질의 점화 전선을 이용하여 접지되지 않은 상간에서 시작되어 3상으로 연결된다. 시험 전류에 관련하여 사용되어지는 동 점화 전선의 크기는 <표 1>에 나타난 것과 같다. 만약 시험 전류가 전류제한 보호기기에 의해 영향을 받는 경우, 점화 전선의 크기는 let-through current에 따라 <표 2>에서 선택한다.

<표 1> 전류제한 보호기가 없는 점화동선의 크기

시험전류 i (kA)	전선크기 (mm^2)
i ≤ 25	0,75
25< i ≤ 40	1,0
40< i	1,5

<표 2> 전류제한 보호기가 있는 점화동선의 크기

허 용 전 류 Let-through current (kA)	전선크기 (mm^2)		
	최소	~	최대
10 이하	0.1	0.15	0.2
20	0.15	0.2	0.3
30	0.2	0.3	0.4
40	0.3	0.4	0.5
50	0.4	0.5	0.6
60	0.5	0.6	0.7
70	0.6	0.7	0.8
80	0.7	0.8	0.9
90	0.8	0.9	1.0

아크 발생지점은 발생한 아크의 영향이 배전반 내에서 가장 큰 스트레스를 발생시키는 곳으로 선택한다. 주회로를 따라서 다음의 지점이 아크 발생 지점으로서 고려대상이 될 것이다.

- 배전반의 단락전류 보호기기로의 주입부분
- 주회로 주변
- 분전 부스 주변
- 집적 단락회로 보호기기로 주입되는 부분의 기능적 부품들 내부

만일 시험 중 아크가 수 개의 점화점을 따라서 이동하는 경우, 개별 시험은 필요치 않다. 점화전선은 오직 접근 가능한 나도체에 연결되어야 한다. 점화전선이 연결 되었을 때 도체 위의 절연재 커버 등은 부서지거나, 제거되거나, 구멍이 나 있어서는 안된다. 아크는 구멍난 고체 절연재에 의해 발생되어서는 안된다.

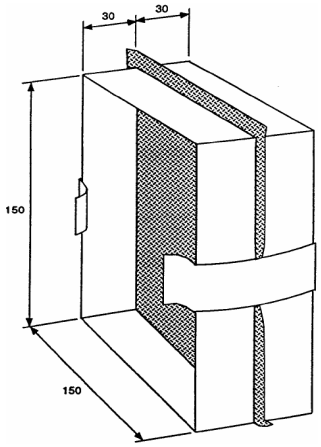
2.7 가스의 열효과를 관찰하기 위한 지시장치

2.7.1 일반사항

지시장치로 검정색 면재질의 천을 사용한다. 이 때 그 끝 부분 단면이 피시품을 향하지 않도록 한다. 이 지시장치를 피시품에 붙일 때에 표시장치 간에 서로 점화시키지 않도록 주의하여 붙인다. 이 주의 사항은 <그림 1>에 나타난 것과 같은 설치프레임을 사용하면 그 목적을 이룰 수 있다. 지시장치의 크기는 약 150 mm x 150 mm를 사용한다. 검정색의 면직물로 단위 미터당 질량이 약 150 g/m^2 정도 되는 것을 사용해야 한다.

2.7.2 지시장치의 설치

지시장치는 운전자가 쉽게 접근할 수 있는 배전반의 모든 면에 대해 수직으로 설치한다. 이 지시장치는 최대높이 2 m 그리고 배전반으로부터 거리 30 cm ± 5 % 에 설치하고 가스가 분출될 것으로 예상되는 모든 부분(예를 들면 접합부, 점검창, 문틈 등)에 면하여 설치한다.



<그림 1> Mounting frame for indicators

2.8 시험의 판정

아래 판정기준들은 아크의 영향을 설명한다. 사람에 대한 보호성능은 판정기준 1부터 판정기준 5가 충족된 경우에 구현된다. 판정기준 6은 배전반의 보호에 판정기준 7은 제조자의 시방서에 따른다.

- 판정기준 1: 배전반의 문, 커버 등이 올바르게 닫혀있는지 여부
- 판정기준 2: 위험한 배전반의 부품들의 비산(飛散) 여부. 예로 검사창, 감압판, 커버 등 금속이나 플라스틱 재질의 날카로운 끝부분을 갖는 커다란 부품 등을 포함한다.
- 판정기준 3: 아크로 인해 타거나 또는 다른 어떤 영향으로 쉽게 접근 가능한 배전반 외함 부분의 구멍 발생 여부
- 판정기준 4: 수직으로 배치된 지시장치가 점화되지 않았을 것. 페인트나 스티커가 타는 것으로 인해 지시장치가 점화되는 것은 제외한다.
- 판정기준 5: 외함의 접속부를 위한 등전위 연결 배선 유효성 여부
- 판정기준 6: 아크가 배전반 내의 한정된 영역 안에 제한되고, 주변 영역에 다른 새로운 점화를 발생시켰는지 여부
- 판정기준 7: 사고제거, 격리 혹은 파손부분의 분리 후에 배전반의 비상운전이 가능한지 여부. 이는 1.5 배의 정격 운전전압을 1분간 인가하는 절연시험을 통해 확인될 수 있다.

Ⅲ. 결 론

배전반은 단락사고시 설비보호뿐만 아니라 그 주변의 운전자의 안전 역시 고려하여 설계 제작되어야 하는 전기제품이다. 따라서 단락사고시 예상 가능한 내부 아크로 인한 영향을 배전반 자체점검 및 외부로의 영향을 제품설계 단계에서 확인해 볼 필요가 있다. 최근 IEC는 아크로 인해 외함에 작용하는 내부의 과도압력, 열적 효과 및 분출 가스와 불꽃에 대한 기술적 검토를 하여 그 성능 평가와 관련한 규격을 준비하고 있다. 본 논문에서는 IEC에서 준비하고 있는 내부 고장으로 인한 아크상태의 저압배전반 시험방법을 살펴보았다. 국내규격에서도 배전반의 시험시에 배전반 내부 아크시험의 도입이 예상되므로 제조자는 향후 규격에 적합한 배전반 제조를 위하여 배전반의 내부 아크로 인한 영향을 배전반 설계에 반영하고 그 제품의 성능확인을 위해 아크영향모의 및 시험을 할 필요가 있을 것이므로 본 고찰이 향후 규격 변화에 대한 대처와 배전반 제작에 참고가 될 수 있을 것으로 여겨진다.

[참 고 문 헌]

[1] IEC DRAFT TECHNICAL REPORT ON IEC 61641 TR Ed.2
[2] IEC 60439-1