

저압 직류차단기 성능 및 기반구축

안상필*, 김봉성*
한국전기연구원*

Performance and Construction of Infrastructure of Low-Voltage Circuit-Breaker for DC

Sang-Pil, AHN*, Bong-Sung, KIM*
Korea Electrotechnology Research Institute*

Abstract - 최근 태양광 발전설비 및 신재생에너지 보급이 확대됨에 따라 저압 직류차단기가 설치되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 저압 직류차단기의 성능이 교류차단기와 어떻게 다른가를 분석하고, 더 나아가 국내 직류차단기에 대한 시험 기반구축의 현실과 향후 필요한 대책을 제시하였다.

1. 서 론

최근 태양광 발전설비 및 신재생에너지 보급이 확대됨에 따라 저압 직류차단기가 사용되기 시작하고 있으나, 실제로는 전력용으로 사용되고 있는 발전설비, 수변전설비, 전기기기는 정전시에도 원활한 동작을 위하여 제어전원을 직류(DC)를 사용해오고 있다. 또한, 미래 성장동력 정책으로 추진하고 있는 저탄소 녹색성장을 선도하는 Green IT 구현을 위하여 직류(DC)배전과 IT기기 에너지 고효율화에도 이러한 저압 직류차단기가 설계상으로 필수 설비로 등장하고 있다.

본 논문에서는 현재 직류차단기에 대한 국내의 동향 및 제도장치에 대해 먼저 살펴보고, 교류차단기와 직류차단기의 성능이 어떻게 구분이 되어 적용이 되는지 주요 시험항목 별로 비교하여보았다.

또한 직류차단기를 시험하기 위한 국내의 시험설비의 기반을 비교해 보고 기반구축의 필요성과 기반구축이 활성화되기 위해 필요한 향후 정책에 대한 대안을 제시하였다.

2. 국내동향 및 제도

가정용 및 일반 현장용 교류 전기 제품에 대하여서는 개발 후 판매 전에 반드시 전기용품안전관리법에 따라 전기용품 안전인증을 받도록 의무화하고 있다. 그러나 직류 전기 제품은 전기용품안전관리법에 그 대상품목으로 포함되어 있지 않다. 따라서 차단기 등 직류 1,500V 이하의 저압 보호기기들은 강제인증인 전기용품 안전인증을 취득하지 않아도 국내 판매가 가능하다.

물론 고압 직류차단기의 경우에는 전기안전공사의 전기사업법에 따라 사용전 검사 대상품목으로 분류하여 준공검사에 시 설비의 적합성을 확인하고 있다. 그러나 교류 전기기기에 대한 시험평가설비 및 공인시험인 증시스템이 국제 표준에 적합하게 구축되어 있는 반면에 직류 전기기기에 대해서는 시험평가설비 및 공인시험인 증시스템의 미구축으로 특별한 제한 없이 제작회사가 직류에 대한 참고 정격으로 표기하여 판매하고 있는 실정이다.



〈그림 1〉 직류차단기 정격 표기사항 예

2009년 3월에 한국전기안전공사에서 처리한 직류차단기 및 직류퓨즈에 대한 검사방법 지침을 보면 저압과 고압에 상관없이 다음과 같은 적용하도록 하고 있다.

- 제조사가 직류 정격사항을 표시한 3극, 4극 직류차단기 인정
 - 제품에 직류 정격전류, 직류 정격전압, 직류 차단전류 표시사항을 확인하고 차단기 정격전압이 계통 사용전압 이상이면 인정
 - 직류 사용전압이 고압인 경우에는 현재 국내 공인시험기관에서 직류차단기 및 직류퓨즈시험이 불가능하므로 제작사 자체시험성적으로 인정
- 현재 국내에서 일부 제조사에서는 그림 1과 같이 교류 정격과 함께 직류 정격도 표기하고 있다.

3. 직류차단기 성능

3.1 트립특성

(1) 열동전자식 또는 바이메탈 트립방식

트립방식이 열동전자식 또는 바이메탈(Bi-Metal)식인 경우 과전류 트립특성의 동작원리는 정격전류를 초과하고 순시트립 전류 이하의 과전류가 흐르면 트립장치의 히터에서 열이 발생되고 히터에 접합된 바이메탈이 만곡하여 개폐기구에 연결된 트립바를 회전시켜 차단기가 트립되는 것이다. 따라서 이러한 트립방식은 전적으로 바이메탈에서 발생하는 열용량으로 바이메탈이 만곡하게 되므로 교류 동작전류나 직류 동작전류가 동일하다. 즉 30A 차단기의 경우 200% 과전류 트립전류는 교류, 직류 모두 60A에서 트립특성 시험을 실시하면 된다. 표 1은 바이메탈 방식의 차단기에 대해서 각각 교류와 직류로 트립특성시험을 실시한 결과이다.

단, 열동전자식의 경우 순시트립 범위에 해당되는 과전류의 경우에는 바이메탈로 트립이 되는 것이 아니고 순시트립용 전자식이 전기자(Armature)를 흡인하여 바이메탈이 만곡하기 전에 트립바를 회전시켜 트립이 되는 방식이므로, 피크치에서 동작하는 전기자를 흡인하기 위해서는 교류의 실효치에 $\sqrt{2}$ (약 1.414)를 곱한 순시트립전류를 흘려야 직류차단기가 순시트립을 수행할 수 있다. 즉 30A의 차단기에 대해 10배 순시전류 시험을 하는 경우 교류차단기는 300A를 통전시키면 되지만, 직류차단기의 경우 424A를 통전시켜 순시트립시험을 실시한다.

〈표 1〉 교류 및 직류 과전류 트립시간 비교

| 시료 | 교류 과전류 특성 | | | | 직류 과전류 특성 | | |
|------|-----------|---------|----|---------|-----------|----|----|
| | 100% | 200% | | 100% | 200% | | |
| | Series | R | T | Series | R | T | |
| 20A | #1 | No Trip | 28 | 30 | No Trip | 29 | 30 |
| | #2 | No Trip | 29 | 31 | No Trip | 30 | 33 |
| | #3 | No Trip | 30 | 29 | No Trip | 29 | 30 |
| 30A | #1 | No Trip | 35 | 29 | No Trip | 34 | 30 |
| | #2 | No Trip | 31 | 32 | No Trip | 32 | 32 |
| | #3 | No Trip | 29 | 33 | No Trip | 28 | 34 |
| 판정기준 | No Trip | 120초 이내 | | No Trip | 120초 이내 | | |

(2) 완전전자식(ODP) 방식

완전전자식의 경우에는 피크치를 사용하므로 이론적으로 열동전자식의 전기자를 이용하는 것과 동일하게 약 140%의 과전류를 이용하여 트립특성시험을 실시하여야 한다. 그러나 오일의 점도가 추가로 고려되므로 정확한 데이터는 정격전류나 프레임크기에 따라서 조금씩 다르나 대개 직류차단기의 경우 110%에서 140%의 보정계수(factor)를 더 주어야 제대로 차단기가 트립을 하게 된다.

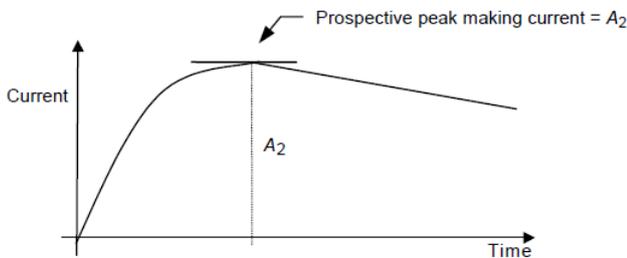
여기서 주의해야할 점은 하나의 차단기에 교류정격과 직류정격이 공통으로 표기된 경우 상기와 같이 트립방식에 따라 과전류 트립특성(즉 과전류값)이 상이하므로 시간-전류 곡선을 트립특성 곡선이 달라지므로 직류설비에 설치할 경우 과전류/과부하 협조 설정을 반드시 정확하게 설계해야 할 것이다.

또한, ODP방식은 원래 교류에서 개발이 되었기 때문에 직류를 인가하면 약 20%의 비트립 불량이 발생할 수 있다. 이때는 턴수 등을 조정 한 직류 전용 ODP를 개발하는 경우도 있으나 이러한 방식은 일본과 우리나라 등 몇 개의 국가에서만 한정적으로 사용하므로 완벽하게 검증되었다고 보기는 어렵다. 유럽 등 대부분에서의 직류차단기는 800A까지는 바이메탈 방식으로 되어 있고, 순시영역은 전기자를 이용한 전자식방식으로 제작하고 있는 추세이다.

3.2 개폐 내구성 및 단락차단용량 시험

교류차단기와 직류차단기 시험시 가장 크게 차이가 나는 시험조건은 바로 역률과 시정수이다. 교류의 경우 실효치와 피크치, 그리고 역률을 조정하여 개폐 내구성이나 단락차단용량시험을 실시하게 된다.

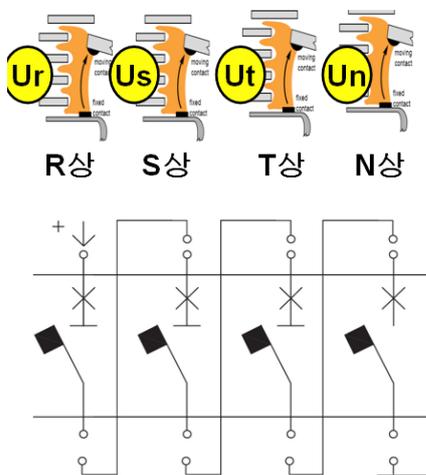
그러나 직류로 시험하는 경우에는 해당 피크치(과고치)만 존재하게 되므로 시정수, 리플이 규약전류 교정(calibration)을 위한 중요 시험조건이 된다. 시정수($\tau = L/R$)는 주택용 차단기의 경우 개폐시험은 4ms, 단락 시험은 4ms에서 15ms이며, 리플은 $\omega \leq 5\%$ 로 각 값의 허용차는 +10%이다. 산업용 차단기의 경우는 개폐시험에서 2ms이며, 단락시험에서는 단락시험전류에 따라 5ms에서 15ms까지의 범위이다. 그림 2는 직류시험 전류의 대표적 교정 파형이다.



〈그림 2〉 직류시험전류 파형

교류차단의 경우 전류가 영점이 되는 순간을 인식하여 차단하면 매우 높은 전류까지 차단할 수 있으나, 직류차단은 전류가 항상 일정한 값을 유지하기 때문에 단락사고시 차단기 접점사이에 발생하는 아크전압이 전원전압을 초과하여야만 단락전류가 감소하기 시작하고 전류가 영점에서 차단이 되기 쉽다. 이를 위해서는 결국 아크전압을 높게 구현하여야 하고 교류차단기의 각 극을 그림 3과 같이 서로 직렬로 연결하게 되면 아크차단이 각 극별로 분담이 되면서 아크전압은 다음 식과 같이 각 극의 아크전압의 합으로 동작하기 때문에 높은 전압에서 같은 값의 단락전류를 차단할 수 있다. 즉 한국이 250V의 아크전압을 가지면 4극 직류차단기의 경우 1,000V에서 단락차단이 가능하다.

$$U_{tot} = U_r + U_s + U_t + U_n > 1,000V$$



〈그림 3〉 직류차단 원리

4. 시험 기반구축

직류 차단기(배선용차단기, 누전차단기), 개폐기(전차개폐기) 및 퓨즈의 형식시험에 필요한 시험설비가 국내 없으므로 성능검증 없이 제조회사가 참고 정격으로 표기한 제품이 판매되고 있으므로, 성능 미달로 인한 전기사고 발생을 줄이기 위하여 국내의 규격을 만족한 성능평가 시험설비 구축이 시급한 실정이다.

현재 기술선진국의 개발동향 및 기술수준을 보면, 직류 차단기에 대한 시험평가설비를 보유현황 및 설비용량은 다음과 같다.

- (1) 이태리 CESI(국제공인시험기관)
 - 4,000Vdc, 과부하개폐 5,000A, 단락 180kA
- (2) 독일 IPH(국제공인시험기관)
 - 저압: 920V 140kA, 280V 60kA
 - 고압: 4,000V 30kA, 1,080V 80kA

이에 따라 한국전기연구원에서도 직류차단기 시험설비에 대한 구축 검토를 실시하고 있으며 크게 다음과 같이 세가지로 나눌 수 있다.

- (1) 직류에 대한 전기적 특성평가설비 구축
 - 직류 온도상승시험(2,000A) 등 전기적 특성평가 설비구축
 - 직류 중전기기 특성 및 내구성능 평가설비 구축
 - 순시 6,000A, 과전류 1,000A
- (2) 직류 개폐내구성 시험설비 구축
 - 상용전원을 이용한 직류 300V 1,000A 부하개폐시험용 직류 전원 발생 장치 구축
 - 직류 부하개폐시험용 300V 1,000A 및 5,000A 부하설비 구축
 - 직류 부하개폐시험용 측정 및 제어 시스템 구축
- (3) 직류 단락차단설비 구축
 - 직류 단락시험 전압 및 전류 측정용 센서와 시험데이터 전송시스템 구축
 - 직류 300V 70kA 단락 투입 및 차단시험용 직류 전원 발생장치 구축
 - 직류 변환용 단락발전기 전원 공급회로 구축
 - 직류 단락 시험회로 및 피시품 제어시스템 구축

이러한 대용량의 설비를 구축하기 위해 필요한 것은 무엇보다 관련 시험에 대한 경험과 국제규격의 이해 능력, 그리고 대용량 설비를 구축하기 위한 경험 및 장소 확보일 것이다. 전기연구원은 대용량 직류 단락전류 변환용 교류 전원 공급장치는 전압 및 전류 조정이 용이한 단락발전기를 포함한 기존의 대전력시험설비를 이용하여 구축을 보다 수월하게 할 것이며, 30평이상의 부하개폐시험장 부지를 미리 확보하여 어느 기관보다 적은 예산으로 설비를 구축할 수 있을 것이다. 또한 기존의 국제공인시험기관 자격 등으로 IEC, KS 등 관련 국내의 규격의 제·개정을 고려한 설비 구축이 가능하다고 할 수 있다.

5. 결론

시험기반구축은 특히, 국내 시험 설비 미비로 인한 해외 현지 시험으로 시험 기간 장기화 및 시험 비용 과다로 국내 기업의 신제품 개발 지연 현상을 예방하기 위하여 제조사를 위해 필요한 요구사항이다.

또한, 대외적으로는 직류 차단기, 개폐기 및 전력 IT 기기의 수출시 성장적서 불인정으로 인한 문제를 해소하기 위하여 국제규격에 적합한 직류 중전기기에 대한 성능평가설비 및 평가기술 확보가 필수이겠다. 따라서 본 논문을 통해 직류차단기의 국내 현실을 조명해보고 이를 위한 직류 중전기기의 공인시험인증시스템의 기반 마련이 우리나라의 시급한 문제임을 강조하고자 한다.

[참고 문헌]

- [1] 전기용품 안전기준 K 60947-2 : 저압 개폐장치 및 제어장치 제2부 : 차단기, 기술표준원, 2008
- [2] 전기용품 안전기준 K 60947-1 : 저압 개폐장치 및 제어장치 제1부 : 일반규정, 기술표준원, 2008
- [3] IEC 규격 IEC 60898-2 : Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations - Part 2: Circuit-breakers for a.c. and d.c. operation