

배전급 차단기의 국제표준 부합화 동향

박병락*, 박승재*, 임재찬*, 김재철**
한국전기연구원*, 송실대학교**

Trend of Harmonization of International Standards for the Distribution Class Circuit Breaker

Byung-Rak Park*, Seung-Jae Park*, Jae-Chan Lim*, Jae-Chul Kim**
Korea Electrotechnology Research Institute*, Soongsil University**

Abstract - 국제적으로 차단기의 성능평가에 가장 광범위하게 적용되고 있는 IEC와 IEEE는 단락고장회로에 대한 차단성능평가 기준의 핵심요소인 과도회복전압(TRV)을 서로 다른 방법으로 규정하고 있었다. 따라서 제작자는 신제품으로 개발한 동일한 모델의 차단기에 대하여 구매자의 요구에 대응하기 위하여 두 가지 표준에 대한 형식시험 또는 형식시험인증을 실시해야하므로 불필요한 경제적 비용을 지불해야만 했다. 이러한 어려움을 해소하기 위해 IEC와 IEEE는 1990년대 말부터 두 규정의 부합화를 위한 개정작업을 진행했다. 이에 따라 2008년에는 완전한 부합화를 이루지는 못했지만 TRV에 관한 규정의 상당부분이 부합화가 되었다. 본 논문에서는 부합화된 주요 부분과 시험방법을 제시하였다.

- * BTF : Bus terminal fault tests
- * SLF : Short-line fault tests
- * OP : Out-of-phase making and breaking tests

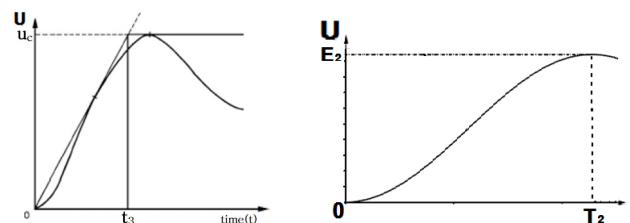
중전기기 분야에서 전 세계의 국가를 대표하는 모임인 IEC와 주로 미국의 제기업과 전력회사의 모임인 IEEE는 2000년대 중반까지는 상당부분 다른 기술기준을 가지고 있었다. 하지만 2000년대 말에는 일정부분 상호 부합화를 통하여 IEC 62271-100(2008)과 IEEE C 37.04b(2008), IEEE C 37.06(2009), IEEE C 37.09(2005)를 개정하여 적용하고 있다. <표 1>은 양 규격간의 부합화 개정 전의 내용과 부합화 개정 후의 주요 내용을 정리한 것이다.

1. 서 론

개폐장치의 핵심기인 차단기에 대한 표준으로서 일반적으로 사용되고 있는 국제전기위원회(IEC)의 IEC 62271-100과 북미지역을 대표하는 미국의 IEEE C 37.04, 37.06, 37.09는 상호 부합화를 위한 작업을 2000년 초반부터 활발하게 진행해오고 있다. 따라서 2000년 말에는 완전한 부합화를 이루지 못했지만 여러 분야에서 상당한 성과를 도출하였다. 특히 진상소전류 성능은 거의 동일한 규정을 채택하였으며, 단락고장회로에 대한 성능평가 기준으로 핵심요소인 과도회복전압(TRV; Transient Recovery Voltage)과 시험항목에 대해서는 일정부분 부합화를 이루어냈다. 또한, 부합화를 통하여 IEEE의 고주파 TRV 규정과 유사하게 IEC도 가공선로용 S2급 차단기에 대한 고주파 TRV 규정을 채택하게 되었다. 이러한 성과로 제작자들은 기존에 두 규격에 대해 완전하게 별도로 성능평가를 시험을 실시해야 하는 부담을 일부 줄이고, 양 규격 간에 차이점에 대해서만 성능평가를 함으로서 인증을 받을 수 있게 되었다. 하지만 제품의 성능을 기준에 적합하게 평가해야 하는 시험기관에서는 대다수를 차지하는 IEEE의 Fast TRV 규정과 유사하게 IEC에서 신규로 채택한 가공선로용 S2급 차단기의 성능평가에 있어서 시험설비의 제약으로 인해 고주파수의 Fast TRV를 적용한 모선단락고장 시험과 기존에 52.5kV 이상의 초고압 차단기에 대해서만 적용되어 온 근거리선로고장 시험에 한계점을 가지게 되었다. 따라서 본 논문에서는 배전급 차단기에 대하여 현재까지 부합화된 표준의 주요 부분과 부합화한 표준에 따라 성능평가를 하기 위한 시험방법에 대하여 고찰하였다.

2.1.2 과도회복전압(TRV) 부합화

TRV는 차단기가 전류를 차단 직후 과도현상이 발생하는 동안 차단기 양단에 걸리는 전압을 말한다. 이러한 TRV에 대해 2005년까지는 IEC와 IEEE는 다른 방식으로 규정화하였다. 양 규격 모두 1-cos 파형으로 TRV 파형을 나타내지만 <그림 1>에서 보여주는 것과 같이 첩두치에 도달하는 시간을 정의하는 방법에 있어서 IEC의 t_3 는 접점을 기준으로 나타내고 IEEE의 T_2 는 첩두치와 만나는 접까지의 시간으로 나타낸다. 이러한 정의 차이에서 일반적으로 $t_3=0.8 \times T_2$ 의 관계가 성립하며, <표 2>와 <표 3>에서 IEEE의 상승률(RRRV)은 이 관계를 적용하여 IEC 표기법으로 환산한 값이다.



<그림 1> 부합화 이전의 TRV 파형

2. 본 론

2.1 국제표준의 부합화 동향

2.1.1 시험책무의 부합화

<표 1> 시험책무의 부합화의 주요 내용

구분	부합화 개정 전		부합화 개정 후
	IEC	IEEE	
차단기 등급	일반용(저주파 TRV)으로 단일화	-저주파 TRV(옥내용) -고주파 TRV(옥외용)	IEC에서 고주파 TRV 추가 두가지로 구분
BTF	5가지로 분류 (T10, 30, 60, 100s, 100a)	5가지로 분류 (Duty-1, 2, 3, 4, 5)	변경사항 없음(동일)
단상 단락	1선지락, 2선지락 (대칭전류)	1선지락(대칭전류, 비대칭 전류)	변경사항 없음(동일)
SLF	규정 없음	L90, L75로 규정	IEC에서 L75 추가
OP	특별한 요청사항	특별한 요청사항	동일
진상 소전류	C1급, C2급으로 분류 제점호 회수로 제한	별도 구분 없이 과전압 배수로 제한	IEC의 시험방법으로 통일
Latching	-	C-2초-O	IEEE에서 삭제

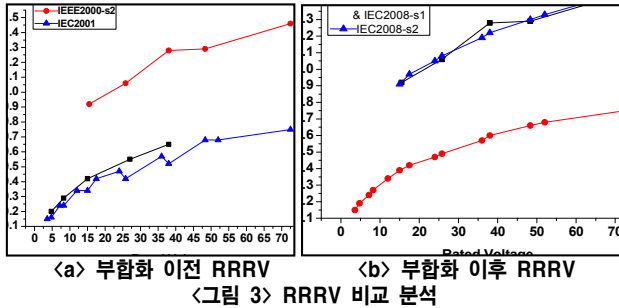
<표 2>와 <표 3>은 IEC와 IEEE 양 표준의 부합화 이전과 이후 각 표준의 TRV 파라미터를 비교한 표이다. 배전급 차단기의 정격전압은 15kV, 24kV, 38kV 등 여러 종류가 있으나 표에서는 국내에 적용되고 있는 25.8kV에 대하여 비교하였다. <그림 3-a>와 <그림 3-b>는 모든 배전급 차단기의 정격전압에 대해 부합화 이전과 이후의 RRRV분석 결과를 나타낸 그래프이다. <표 2>와 <그림 3-a>에서 IEEE의 옥내용 차단기(S1급)와 IEC의 정격별 RRRV는 비슷한 경향을 갖고 있다고 볼 수 있다. 하지만 IEEE의 옥외용 차단기(S2급)은 IEC의 일반용과는 매우 상이한 것을 알 수 있다. 따라서 부합화 이전에는 동일한 정격전압의 차단기에 대해서 각각의 표준에 따라 성능시험을 실시해야하는 문제점이 있었다.

<표 2> 부합화 이전의 표준 비교(TRV)

정격 전압 [kV]	시험 종류	IEC			IEEE					
		일반용			옥내용(S1급)			옥외용(S2급)		
		uc [kV]	t3 [μs]	RRRV [kV/μs]	E2 [kV]	T2 [μs]	RRRV [kV/μs]	E2 [kV]	T2 [μs]	RRRV [kV/μs]
25.8	T100	44	105	0.42	48.5	105	0.52	48.5	52	1.06
	T60	47	63	0.75	52.0	63	0.94	52.0	31	1.91
	T30	47	42	1.12	54.8	42	1.48	54.8	21	2.97
	T10	47	42	1.12	56.7	42	1.53	56.7	21	3.07

〈표 3〉 부합화 이후의 표준 비교(TRV)

정격 전압 [kV]	시험 종류	IEC & IEEE			IEC			IEEE		
		uc [kV]	t3 [μs]	RRRV [kV/μs]	uc [kV]	t3 [μs]	RRRV [kV/μs]	uc [kV]	t3 [μs]	RRRV [kV/μs]
25.8	T100	44.2	91	0.49	48.7	45	1.08	48.5	52	1.06
	T60	47.4	40	1.19	52.1	30	1.74	52.0	31	1.91
	T30	50.6	20	2.53	55	18	3.06	54.8	21	2.97
	T10	53.7	20	2.69	56.9	18	3.16	56.7	21	3.07



〈그림 3〉 RRRV 비교 분석

IEC와 IEEE는 서로 다른 방식으로 TRV를 표준화하던 중 IEC SC17A와 IEEE Switchgear Committee에서 도출한 TRV 부합화 결과를 토대로 조정되기 시작했다. 이러한 과정을 통하여 2008년에는 완전한 부합화를 이루지는 못했지만 TRV에 관한 규정의 상당부분이 부합화가 되었다. 특히, IEEE의 고주파 TRV 규정과 유사하게 IEC도 가공선로용 S2급 차단기에 대한 고주파 TRV 규정을 채택하게 되었다. <표 3>은 부합화 이후의 TRV 파라미터를 보여주고 있으며 <그림 3-b>는 부합화 이후의 정격별 RRRV를 분석한 결과이다.

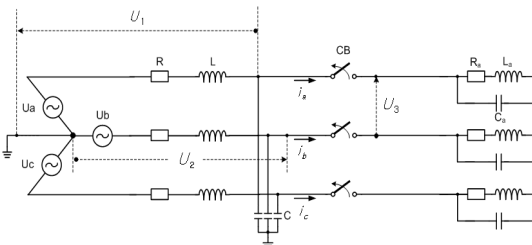
S1급 차단기인 경우는 IEEE와 IEC가 완전하게 부합된 것을 <표 3>과 <그림 3-b>를 통해 알 수 있다. 하지만 S2급 차단기인 경우는 IEC에서도 새롭게 채택한 부분이지만 아직은 완전히 부합되지는 못하고 있다.

2.2 고주파 TRV용 차단기 시험을 위한 검토

2.1에서 나타난 바와 같이 IEC에서도 IEEE의 옥외용 차단기로 사용되는 고주파 TRV를 채용하기에 이르렀다. 따라서 국제적으로 가장 광범위하게 적용되고 있는 IEC의 요건인 고주파 TRV를 충족시키는 성능평가 시험방법이 요구되고 있다. 또한 한전표준 ES-5925 -001(교류차단기)도 개정이 이루어져 S2등급이 반영되었다. 이에 따라 국내에서도 S2급 차단기의 성능평가가 가능한 시험설비 구축이 불가피하게 되었다.

2.2.1 직접시험법을 적용한 고주파 TRV 발생법

<그림 4>는 단락발전기를 전원으로 사용하고 차단기의 부하측을 단락시켜 시험하는 직접시험법을 응용하는 방법으로서 추가로 차단기 부하측에 고주파 TRV 발생용 Reactor(La) 및 TRV tuning capacitor(Ca)를 사용하는 고주파 TRV 발생법이다. 이 방법에서는 기본적으로 단락 시험설비 고유의 Capacitance(Cs)가 크기 때문에 TRV의 주파수가 작아져서 짧은 t3를 발생시키는 것이 불가능하여 표준을 충족시키지 못한다. 따라서 추가로 차단기의 부하측에 고주파수 발생회로(La, Ca)를 추가하는 방법이다. 고주파 TRV 발생회로는 차단기의 전원측 또는 부하측 모두에 설치 가능하다.

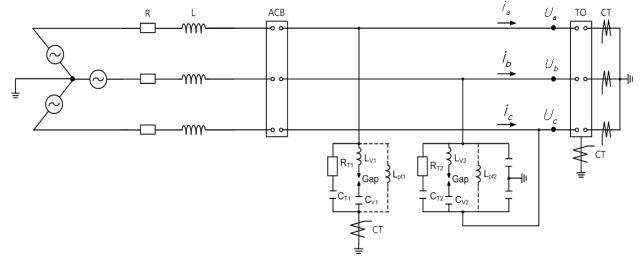


〈그림 4〉 고주파 TRV 발생 회로(직접시험법)

2.2.2 합성시험법을 적용한 고주파 TRV 발생법

이 방법은 단락발전기를 전원으로 10~20[kV] 정도의 낮은 전압에서 전류를 공급하고 별도의 콘덴서에 저장된 에너지를 예정된 전류 영점전수 백 μs 이전에 중첩시켜 시험을 실시하는 방법이다. <그림 5>는 첫 상 차단계수 KT=1.5인 차단기의 3상 합성 차단시험회

로를 나타낸다.



〈그림 5〉 고주파 TRV 발생 회로(합성시험법)

이 방법은 직접시험법과 등가성이 가장 높은 병렬전류주입법으로서 별도의 콘덴서에 전압을 충전시키고 고주파의 주입전류(injected current)와 TRV 조정회로를 이용하여 고주파수의 TRV를 발생시키는 방법이다.

2.2.3 고주파 TRV 발생 회로의 요구 특성

2.2.1에서 소개한 직접시험법을 적용한 고주파 TRV 발생법은 전원전압이 고주파 TRV 발생회로와 시험회로 임피던스(전원측 임피던스)에 분배되는 원리를 사용하므로 고주파 TRV 발생회로에 충분한 전압이 분배되어야 한다. 따라서 충분한 전원측 용량이 필요하고 임피던스가 작아야 하기 때문에 이 방법은 주로 낮은 단락전류 차단조건인 T10(정격 차단전류의 10% 책부)과 T30(정격 차단전류의 30% 책부) 조건에 주로 적용한다. 전원측 용량의 한계 부분을 보완하기 위해 2.2.2에서 제시한 합성시험법을 적용한 고주파 TRV 발생법은 대용량 차단기의 경우에 적용하면 될 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 논문은 2000년대 초부터 IEC와 IEEE 표준의 상호 부합화를 추진하였으며, 그 결과로 2008년에 부합화를 이룬 양 표준의 TRV에 대해 분석을 하였다. 또한, IEC와 한전표준에서 가공용(S2급) 차단기에 대한 고주파 TRV 규정을 도입함에 따라 국내외 표준을 만족하는 시험회로를 구성하기 위해 고주파 TRV 발생 회로에 대해 연구를 하였다. 이번에 제시한 직접시험법을 적용한 고주파 TRV 발생법은 발전기 전원만 이용하는 직접시험에 적용하는 회로로 적용이 용이한 장점이 있으나 설비용량의 한계로 T10이나 T30 이외에서는 적용하지 못하는 단점이 있었다. 그래서 이 부분을 보완하기 위해 두 번째로 제시한 합성시험법을 적용한 고주파 TRV 발생법은 대용량 차단기 성능평가에 적용할 수 있을 것으로 사료된다. 이 두가지 방법의 고주파 TRV 발생법을 실제 시험에 적용하기 위하여 추가로 시험회로 해석 및 설계, 설비구축, 검증의 절차를 필요로 한다. 이러한 과정을 통하여 가공용(S2급) 차단기 성능평가 시험설비를 구축하여 국내에서 국내외 표준에 따라 개발시험이 가능한 경우에는 차단기의 신제품 개발 비용절감 및 설계기술 향상에 크게 기여할 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC 62271-100(2008) HIGH-VOLTAGE SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR - Part 100: Alternating-current circuit-breakers
- [2] IEEE C 37.04b(2008) IEEE Standard for Rating Structure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis, Amendment 2: To Change the Description of Transient Recovery Voltage for Harmonization with IEC 62271-100
- [3] IEEE C 37.06(2009) IEEE Standard for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis - Preferred Ratings and Related Required Capabilities for Voltages Above 1000 V
- [4] IEEE C 37.09(2005) IEEE Standard Test Procedure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis
- [5] High Voltage Circuit Breakers, Mirsad Kapetanovic, BEMUST Sarajevo, 2011