한국조명·전기설비학회 2009 춘계학술대회 논문집 (2009. 5. 7 ~ 8)

저압 30AF 차단기의 순시 Trip동작 특성시험 및 분석

(A Test and Analysis of Instantaneous Trip Characteristics of Low Voltage 30AF Circuit Breakers)

김주철* · 이상중
(Ju-Chul Kim · Sang-Joong Lee)
서울산업대학교 대학원 전기공학과

요 약

현재 국내에서 제조되는 저압 30AF(Ampere Frame) 소형 차단기의 경우 선로 단락사고 시 특성에 따라 순시(Instantaneous) 동작이 다르게 반응함으로써 정전범위 확대, 정격단락차단용량(Rated short-circuit breaking capacities) 초과로 인한 폭발 및 Trip시 Arc방출 등 많은 문제점을 보이고 있다. 최종부하의 전단에 설치되는 저압차단기(Low voltage circuit-breakers)는 그 기능 및 역할이 큰 만큼 안전성을 증대시키는 것이 매우 중요하다. 본 논문은 국내에서 제조되는 30AF 소형 차단기의 사고유형과 제조사별 순시 Trip 동작속도의 시험 data를 확보하여 이를 분석하였다. 이는 향후 저압차단기의 안전에 관한 규격개정에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract

The role of the low voltage circuit breakers that are installed just before the load is very important for safety. This paper presents a test and analysis of the instantaneous trip characteristics of the Low Voltage 30AF(Ampere Frame) Circuit Breakers, which can be expected to be used for improving the safety of the Low Voltage Circuit Breaker,

Key Words : Rated short-circuit breaking capacities, low voltage circuit-breakers, instantaneous trip characteristics

1. 서 론

저압전로에 사용하는 정격전압 AC 220[V], 30AF이하, 정격단락차단용량 1.5[kA] 제품 및 2.5[kA]의 차단기는 전기사용 최종부하의 전단에 설치된다. 이는 과부하 및 단락, 인체감전보호용으로 안전에 직접적 영향을 미치는 매우 중요한 장치이며 전체 차단기의 수요에서 가장 많은 부분을 차지한다.

전기 사용량의 증가 및 전기부하의 대형화로 차단기의 정격단락차단용량은 증가되었으며, 외형은 제조기술의 발달로 소형화되었다.

한국전기안전공사의 전기화재 통계자료에 의하면 2007년 총 전기화재발생 건 중 단락에 의한 화재가 5,264건으로 전체 전기화재의 57.7%를 차지하고 있다[1].

사고요인 중에는 작업자의 실수, 설계오류, 설치불량 및 제품특성 미비 등이 포함되어 있다. 그 중 제품특성으로 인해 발생하는 직접적인 단락사고는 차단기의 순시(Instantaneous) Trip 성능 개선 시 일정부분 예방이 가능하다.

본 논문에서는 차단기 사고 발생유형에 대해 알아본 후 제조사별 차단기 6종에 대한 순시특성을 시험하였고 추가적인 순시시험(3종)을 통해 단락전류(Short-circuit current)와의 연관성을 검토하였다. 또한 순시 data를 분석한 결과를 토대로 국내외 차단기 규격을 비교하여 순시 Trip장치의 특성에 적합하도록 개선안을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 차단기로 인한 사고유형

차단기에서 단락으로 인한 사고는 순시 Trip장치가 없는 제품에서 주로 발생한다. 표 1은 순시 Trip장치가 없는 차단기에 의한 사고유형이다.

표 1. 차단기의 사고유형
Table 1. Fault types of circuit breakers

구 분	사 고 유 형	순시 Trip 장치
재투입	합선상태에서 사용자가 수차례 전원을 재투입하는 경우 Arc 방출 및 차단기 소손.	없음
단락차단 용량초과	예상단락전류의 크기보다 큰 전류 유입 시 차단기 Trip 동작과 함께 내구성 손상으로 인해 Arc 방출 및 차단기 소손.	
선택차단	단락전류 유입 시 분기차단기보다 상위차단기 먼저 Trip 동작을 하여 전체 정전사고를 발생(정전범위 확대)	

2.2 제조사별 순시동작 시험

2.2.1 시험방법

차단기에 설정전류를 투입, 동작시간을 측정하는 것으로 순시동작 시험기준은 K 60947-2의 시험기준을 적용하여 Open측정을 하였다[2].

차단기는 KS C 4613 인증제품으로 정격감도전류 30[mA], 20[A], 2.5[kA] 차단기를 각 제조사별로 Test하였다. 전류는 개별 극에 설정전류를 인가하는 방식과 차단기 부하측을 전선으로 연결한 상태에서 전류를 인가하는 2가지 방식으로 시험하였다.

2.2.2 제조사별 순시동작 시험 및 분석

그림 1에서 보는 바와 같이 설정전류 360[A]에서 D사 제품은 110.5[ms]에 동작을 하였다. 이는 소형 30AF의 Trip-time 만을 적용한 것으로 약 2.3[ms]의 Arc 소멸시간(Arcing time)은 시험결과에 적용하지 않았다[3].

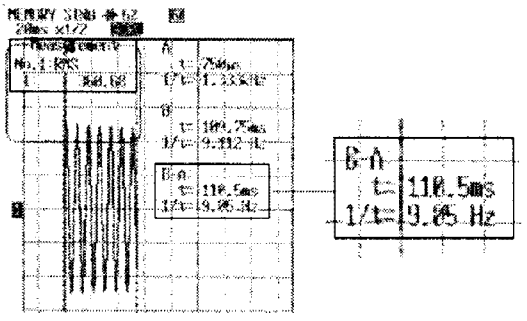

그림 1. D사 제품 동작시간 data
Fig 1. Operating time of CB made by "D"company

시험결과 차단기의 순시동작 Trip 범위는 정격전류(In)의 14배~15배 사이에서 K규격을 만족한다. 제조사별 순시 Trip 전체 동작범위는 대부분 12(In)~19(In)사이에 동작하며 순시범위 및 동작시간 편차가 크다. 또한 Bi-metal의 경우 20[A]~30[A] 사이는 순시특성 차이가 작다. 표 2는 제조사별 순시시험 data이다.

표 2. 제조사별 동작시간 결과(20A)
Table 2. Consequences of operating time

종류	정격의 배수	순시 전류 [%]	시험 전류 [A]	Trip-time [ms] P1	Trip-time [ms] P2	조 건
A사	15In	80	240	233.7		0.2초 이내 부동작
		120	360	127.5		0.2초 이내 동작
		130	390	185.6	99.3	
B사	15In	80	240	233		0.2초 이내 부동작
		120	360	147.7		0.2초 이내 동작
		130	390	120	108.2	
C사	14In	80	224	233.2		0.2초 이내 부동작
		120	336	123.2		0.2초 이내 동작
		130	364	101	115.5	
D사	15In	80	240	233.5		0.2초 이내 부동작
		120	360	110.5		0.2초 이내 동작
		130	390	127.2	90.7	
E사	15In	80	240	208.1		0.2초 이내 부동작
		120	360	136.2		0.2초 이내 동작
		130	390	106.8	141.8	
F사	15In	80	240	233.1		0.2초 이내 부동작
		120	360	108.7		0.2초 이내 동작
		130	390	110	115	

순시범위를 정격전류의 15배로 적용하여 계산하면 아래와 같다.

30AF 정격전류 20[A] × 15(In) = 300[A] (1)

50AF의 제조사별 순시특성은 대부분 9(In)~14(In) 사이에 순시 Trip동작을 하며 순시동작 범위 및 동작시간의 편차가 30AF보다 작다. Trip 방식은 Oil Dash Pot 방식이며 2각 상마다 순시(장치)가 있다.

순시범위를 정격전류의 11배로 적용하여 계산을 하면 아래와 같다.

50AF 정격전류 40[A] × 11(In) = 440[A] (2)

50AF 정격전류 30[A] × 11(In) = 330[A] (3)

50AF 정격전류 20[A] × 11(In) = 220[A] (4)

과전류(순시범위 전류) 상태에서 상위차단기가 선행 동작할 수 있다는 것으로 식 (1)에서의 전류와 식 (4)에서의 전류를 비교하면 50AF 상위 차단기가 먼저 동작함을 알 수 있다.

전류의 크기가 커질수록 차단기의 Trip동작도 빨라지지만 전류지속시간이 짧을 경우 차단기의 Trip동작이 이루어 지지 않을 수 있다.

2.2.3 1,000[A] 전류에 대한 순시동작 시험 및 분석

제조사별로 정격전류 20[A]의 누전차단기 3종에 시험전류 1,000[A]를 인가하였다. 시험전류 1,000[A] 유입에 따른 동작특성을 분석한 결과 별도의 순시 Trip장치(소자)가 있는 H사의 P1극 한상만이 6[ms]에 동작하였다. 표 3 및 그림 2는 1,000[A] 전류에 대한 시험결과이다.

표 3. 제조사별 동작시간 결과(1,000[A])
Table 3. Consequences of operating time

종류	정격의 배수	시험전류	Trip-time [ms]	
			P1	P2
G사	50In	1,000[A]	15	19.7
H사			6	17.7
I사			16	47.7

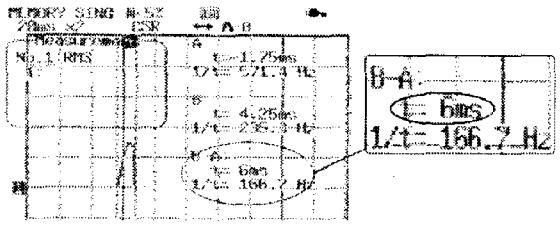

그림 2. H사 제품 1,000[A] 동작시간 data
Fig 2. Operating time of 1,000[A] CB made by "H"company.

별도의 순시 Trip장치(소자)가 있는 경우 3[ms]이내에도 동작이 가능하며 각각의 상에 별도의 순시 Trip장치(소자)가 있는 경우 동작시간은 더욱더 빨라진다.

2.3. 순시 Trip 장치(소자)의 역할

2.3.1 단락전류 조건하에서의 협조

단락전류 조건하에서 분기차단기와 상위차단기간 상호협조를 보장하기 위해서는 순시특성을 고려해야 한다. 그림 3은 차단기에 의한 후비보호 특성으로서 선택차단 특성조건을 나타낸 것이다.

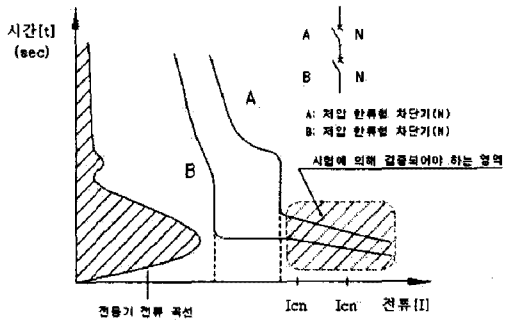

그림 3. 차단기에 의한 후비보호 특성
Fig 3. Characteristics of back up protection by CBs

30[AF] 소형 차단기는 그림 3과 같은 순시특성 곡선이 있어야 선택차단이 가능하며 전 차단 구간의 속도도 고려되어야 한다.

2.3.2 단락전류 제한

단락전류를 제한하기 위해서는 차단기의 여러 가지 특성 중 순시 Trip장치(소자)가 우선적으로 동작을 한다. 이때 동작속도는 수 [ms]이내에 동작한다. 동작시간을 빠르게 하면 단락전류의 유입을 최대한 제한하게 되며 차단기의 열적, 기계적 Stress를 줄이게 된다. 이러한 경우 단락차단용량을 높일 수 있으며 예상단락전류의 크기보다 일정범위 큰 전류유입에도 차단기는 견디게 된다.

2.4 규격비교

표 4는 국내에 적용되고 있는 KS 및 K 규격이다[4,5,6].

표 4. 차단기 규격별 순시시험 기준
Table 4. Standard of instantaneous tests classified by CB specifications

구분	규 격		
	KS C 8321	IEC/K 60898-1 61009-1	IEC/K 60947-2
순시 동작 특성 조건	설정범위 하한-0.1초 이내 비트립 상한-0.1초 이내 트립	B형 3In~5In C형 5In~10In D형 10In~20In (최대 50In) 기준 순시범위 하한-0.1초 이내 비트립 상한-0.1초 이내 트립	설정범위 하한-0.2초 이내 비트립 상한-0.2초 이내 트립

IEC/K : International Electrotechnical Commission /전기용품 안전기준

3. 결 론

국내 KS C 4613 인증제품을 가지고 순시시험을 한 결과 K 60947-2 규격 범위 내 순시 data를 보였다. 그러나 정격단락차단전류 유입 시 동작속도의 문제점으로 인해 선택 차단이 어렵고 Trip-time이 느린 경우 줄열(Joule heat)에 의해 Arc 방출량이 크게 증가한다.

본 논문에서 제품특성 시험 결과
- 차단기 성능은 제조자가 제시한 순시와 기준순시의 차이점에서 발생하며
- K 60898-1/61009-1 규격의 B형 또는 C형의 차단기 순시성능은 KS C 4613이나 KS C 8321 30AF 1.5[kA] 및 2.5[kA] 인증제품으로는 규격의 순시성능을 만족하지 못한다.
- 국내 30AF 차단기에 순시 Trip장치(소자)가 별도로 있고 각 상별로 동작해야 K 60898-1/61009-1 규격을 만족할 수 있다.
- 선택차단을 적용하기 위해서는 극한단락 구간의 동작속도 및 순시동작 구간이 제품에 표기되어야 한다.

차단기의 순시성능이 개선될 때만이 단락차단성능도 개선이 되며 표 1과 같은 사고는 감소할 것으로 사료된다.

References

[1] 전기재해통계분석, 2008 제17호, 한국전기안전공사, 지식경제부, pp.17-19, 2008.

[2] K 60947-2[IEC 2006-5, 제4판] : 저압 개폐장치 및 제어장치-제2부 차단기, 기술표준원고시, 2008. 12.

[3] 김동우, 김향곤, 길형준, 하운기, 최충석, "저압용 누전차단기의 스위칭에 따른 아크 비산 및 접점의 특성분석", 한국조명·전기설비학회 학술대회 논문집, pp.70, 2005. 5.

[4] K 60898-1[IEC 2003-07, 제1.2판] : 가정용 및 이와 유사한 설비에 사용되는 과전류 보호용 차단기-제1부: 교류용 차단기, 기술표준원고시, 2008. 12.

[5] K 61009-1[IEC 2006-06, 제2.2판] : 가정용 및 이와 유사한 용도의 과전류 보호 장치를 가진 누전차단기(RCBO)-제1부: 일반 요구사항, 기술표준원고시, 2008. 12.

[6] KS C 8321 : 배선용차단기, 한국표준협회, 2002.