저압용 IEC 차단기와 국내 차단기 혼용방안에 관한 연구

The Study About Low Voltage Circuit Breaker Mix Method Between IEC Circuit Breaker and Domestic Circuit Breaker

정진수[†] · 김한상^{*} · 한운기^{**} · 김선구^{**} · 박찬엄^{***}

(Jin-Soo Jung · Han-Sang Kim · Woon-Ki Han · Sun-Gu Kim · Chan-Eom Park)

Abstract - Recent WTO/TBT agreement was adopted by the IEC domestic. For this reason, low voltage electrical equipment was many Confusion arises. Low voltage circuit was also one of these. The case of low voltage circuit, existing domestic circuit breakers and circuit breakers IEC curve differs from the behavior of each other. If low voltage circuit breaker wrong facility, circuit breaker malfunction may occur due to the large property damage. In this paper, to solve these problems domestic circuit breakers and circuit breaker operation IEC curves were analyzed. And, through experiments suggested compatible breaker way.

Key Words : Circuit breaker, IEC 60898, IEC 61009-1, TN-C-S, Circuit breakers curve

1. 서 론

국내 전기설비의 안전한 운용과 관리를 위해 규정하고 있는 전기설비기술기준은 최근 세계무역기구의 기술협정으로 의무사항을 준수하고 기술 장벽을 해소하기 위해 국내 산업 IEC를 도입하여 국내에 적용하는 추세에 있다.

이에 따라 국제전기기술위원회에서 국제전기기술표준을 국내에 도입하기 위하여 국내 전기설비기술기준의 적합성 판단기준 제279조에 국제규격을 신설하여 적용토록 하였다. 또한 2009년 저압용 차단기와 관련하여 기존 국내 차단기에 대한 관련 규격을 KS C IEC 60898 및 KS C IEC 61009-1로 변경을 실시하였다[1][2]. 추가적으로 2010년 1월부터 IEC 60364의 저압전기설비에 대한 접지방식 중 TN-C-S의 국내 시공이 가능하도록 공고되었으며[3] 저압용 차단기와 관련하여 전기설비 기술기준 및 판단기준 38조에 IEC 표준에 적합한 차단기를 사용하도록 고시되었다[4]. 이와 같은 일련의 흐름으로 인해 기존 국내 설치된 차단기와 IEC 차단기 간 상호 동작과 관련된 호환문제가 대두되고 있다. 본 논문에서는 앞에서 언급한 내용과 같이 국내·외 차단기의 동작과 관련하여 상호 호환문제를 해결하기 위한 방안 제시를 위하여 차단기 동작 커브 비교 분석을 실시하여 국내의 차단기 설치 시 호환할 수 있는 수식을 제안하였으며 본 수식의 결과를 검증하기 위한 실험을 통해 차단기 상호 동작 호환 방안 도출을 위한 수식의 신뢰성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1. 국내 차단기와 IEC 기반 차단기 순시 trip 동작 분석

국내환경 220 V에서의 차단기 동작특성에 대한 검토결과 지락사고와 관련하여 국내 차단기와 IEC 기반 차단기의 차이점은 크게 2가지로 분류된다. 첫 번째는 국내 접지계통이 접지저항이 높은 특성을 가지기 때문에 지락사고 전류가 IEC 기반 접지계통 중 TN 접지계통에 비해 낮다는 것이다. 국내 접지계통에서 지락사고가 발생할 경우 독립접지방식으로 구성되어 있어 대지를 통해 중성점으로 지락사고 전류가 회기되지만 TN 접지계통의 경우 보호도체를 통해 중성점으로 지락사고 전류가 회기되므로 현 국내 기준에 준해 시공된 접지계통 중 1종 접지가 10 Ω 이하이고 TN 접지계통은 30 A 기준 약 1.6 Ω 이므로 TN 접지계통이 현 국내 접지계통에 비해 6.25배의 지락사고 전류가 발생하게 된다[5][6]. 현재 국내 건축전기설비의 말단에 설치된 차단기의 경우 최대 차단전류 기준의 경우 1.5 kA의 차단기를 설치하고 있으며 최근 들어 2.5 kA의 차단기를 설치하고 있다. 그러나 TN 접지계통으로 건축전기설비를 시공할 경우 지락사고 전류가 커지는 특성을 가지고 있기 때문에 차단기의 최대 차단전류를 재 산정할 필요가 있다.

두 번째는 차단기 Type에 따라 차단기 동작커브 및 크기에 차이가 있어 차단기 상호간 보호협조의 불안정 문제이다. 현재 국내 차단기의 경우 일부 차단기 제작업체를 제외한 대부분의 차단기 제작업체는 배선용 차단기의 순시동작 구간을 정격전류의 8배~15배 혹은 16배로 규정하고 있다. 그러나 IEC 기반 차단기는 B Type, C Type, D Type으로 구분되고 있다. B Type의 경우 3~5배, C Type의 경우 5~10배, D Type의 경우 10~20배의 순시동작구간으로 구분되어 있다. B Type의 차단기는 일반적인 가정에서 사고가 발생할 경우 인체감전보호 및 설비보호를 위해 제작되었다. 순

[†] 교신저자, 정회원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 선임연구원

E-mail : mirmir0822@naver.com

^{*} 정 회 원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 수석연구원

^{**} 정 회 원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 책임연구원

^{***} 정 회 원 : 한국전기안전공사 전기안전연구원 연구원

접수일자 : 2011년 7월 13일

최종완료 : 2012년 5월 22일

시값은 차단용량의 3~5배 전류가 주어진 시간 이상 지속적으로 흐를 경우 동작하도록 설계되어 있으며, C Type 차단기의 경우 상가지역 및 소규모 공장에서 사고가 발생할 경우 인체감전보호 및 설비보호를 위해 제작되었다. 순시값은 차단용량의 5~10배의 전류가 주어진 시간 이상 지속적으로 흐를 경우 동작하도록 설계되어 있고 D Type 차단기의 경우 대규모 공장 및 병원설비, 엑스레이, 대규모 모터 등의 부하를 사용하는 수용가에 대해 사고 시 설비보호를 위해 제작되었다. 순시값은 차단용량의 10~20배의 전류가 주어진 시간 이상 지속적으로 흐를 경우 동작하도록 설계되어 있다. 차단기 동작 커브에 대해 그림 1은 국내 차단기의 동작커브를 나타내었다. 그림 1에서와 같이 국내 저압용 차단기의 경우 순시 trip 구간을 차단기 용량의 최소 8배~최대 15배 혹은 16배로 구성되어 있다.

(a) 국내 A사 차단기 동작커브

(a) 국내 B사 차단기 동작커브

그림 1 국내 차단기 동작 커브

Fig. 1 Domestic Circuit Breaker Performance Curve

그림 2는 IEC 기반 차단기 동작커브 특성을 나타내었다 [7]. 그림 2(a)는 일반적인 가정에서 사용되는 B type 차단기로 국내의 경우 주택, 아파트와 같은 주거환경의 전기재해를 예방하기 위해 사용된다. 주로 인체감전을 위해 차단기의 순시 trip의 범위가 정격전류의 3~5배로 그 범위가 매우

좁다. 그만큼 차단기의 동작이 예민하며 참고로 국내 차단기는 이 범위에서 동작을 하지 않는다. 그림 2(b)는 상가지역 및 소규모 공장에서 사용되는 C type 차단기로 순시 trip의 범위가 정격전류의 5~10배로 그 범위가 B type에 비해 넓은 편이다. 이와 같은 이유는 상가 등의 지역에서는 정전으로 인해 재산상 피해가 발생할 소지가 있어 B type에 비해 순시 trip 범위가 넓다. 그림 2(c)는 공업지역 혹은 X-ray 등과 같이 전동기 및 x-ray 촬영과 같이 순간적인 과전류가 발생하는 지역에서 사용되는 D type 차단기로 순시 trip의 범위가 정격전류의 10~20배까지로 규정되어 있다.

(a) B Type 차단기 동작 커브

(b) C Type 차단기 동작 커브

(c) D Type 차단기 동작 커브

그림 2 IEC 기반 차단기 동작 커브

Fig. 2 IEC Circuit Breaker Performance Curve

2.2 국내 차단기와 IEC 차단기 trip 특성 분석을 통한 차단기 혼용 방안 제시

그림 1 및 그림 2에서와 같은 동작 특성을 가지는 차단기를 혼용할 경우에 대한 문제점은 다음과 같다. 만일 전원을 기준으로 전원에 가까이 설치된 차단기를 1차측 차단기

(primary circuit breaker)라 명하고 1차측 차단기 후단에 설치된 차단기를 2차측 차단기(secondary circuit breaker)라 할 경우 1차측 차단기에 50 A의 IEC기반 차단기 중 B type을 설치하고 2차측 차단기에 30 A의 국내차단기를 시설 후 200 A의 지락사고 혹은 단락사고가 발생할 경우 정격전류의 3~5배의 순시특성을 가지도록 설계된 1차측 차단기는 사고전류에 반응을 하여 차단기가 동작을 하게 되지만 8~15배의 순시특성을 가지도록 설계된 2차측 차단기는 동작을 하지 않게 된다. 이로 인해 1차측 차단기가 동작을 하게 되고 정전구간이 확대가 된다. 그림 3은 국내 저압용 차단기의 동작 커브와 IEC 차단기(B type, C type, D type)의 동작 커브 특성을 비교하여 분석한 결과를 나타내었다.

그림 3 국내 차단기 및 IEC 차단기 동작 커브 비교 분석
Fig. 3 Comparative analysis of Performance Curve about IEC Circuit Breaker & Domestic Circuit Breaker

그림 3에서와 같이 국내차단기 모두 8~15배에서 순시 trip이 되도록 커브를 정의하고 있는 반면 IEC 기반 차단기는 B, C, D type에 따라 순시 trip 동작 구간을 세분화 하고 있으며 각 type에 따라 국내 차단기와 중첩되는 부분이 없는 동작구간(B type), 일부 중첩되는 구간(C type, D type)을 가지는 차단기 type이 존재하게 된다. 이와 같은 새로운 조건의 차단기들이 국내에 도입되어 설치되기 위해서는 위에서 언급된 문제점을 미연에 방지하고 이를 위해 차단기를 시설할 때 이를 고려할 필요가 있다. 아래 식은 차단기 설치 시 차단기의 최소한의 동작협조를 맞추기 위한 수식을 제안하였다. 먼저 1차측 차단기를 설치할 경우 고려해야 할 사항으로 1차측 차단기의 정격전류(I_{pcb})와 순시 trip 크기의 최소값(K_{pcb})을 곱한다. 이 값은 아래의 식에서 부등호 좌측에 위치한 값이 된다. 또한, 2차측 차단기의 경우 1차측에 연결된 차단기에서 2차측 차단기 중 최대 용량을 가진 차단기의 정격전류(I_{scb}), 이 차단기의 순시 trip 크기의 최대 크기(K_{scb})를 곱한값과 2차측에 연결된 차단기와 병렬로 설치된 차단기의 정격전류 총합을 서로 더한다. 이 값은 아래의 식에서 부등호 우측에 위치한 값이 된다. 국내·외 차단기가 혼용되는 구간에 이 수식을 이용할 경우 대부분 문제가 발생할 각 구간만을 차단하여 정전구간의 확대를 미연에 예방할 수 있다. 아래의 수식은 위의 내용을 모두 고려하여 국내외 차단기의

혼용 설치를 위한 수식을 나타내었다.

$$I_{pcb} \times K_{pcb} \geq I_{scb} \times K_{scb} + \sum_{i=1}^{n-1} (I_i)$$

기호	내 용
I_{pcb}	primary circuit breaker 정격 전류
K_{pcb}	main circuit breaker 순시 trip 크기의 최소값
I_{scb}	secondary circuit breaker 최대 용량 정격 전류
K_{scb}	secondary circuit breaker 중 최대 용량 차단기의 순시 trip 크기의 최대값
I_i	secondary circuit breaker 중 I_{scb} 를 제외한 나머지 차단기 정격 전류
n	I_{scb} 를 제외한 나머지 secondary circuit breaker의 개수

2.3 사례 연구

2.3.1 실험 방법

현재 국내에서는 IEC로 설계된 차단기에 대한 인식이 부족하여 차단용량만을 고려하여 차단기를 설치하여 발생할 수 있는 오류의 요소가 많은 상태이다. 본 절에서는 이와 같은 오류의 한 사례를 실험을 통하여 나타내었다. 이를 위해 IEC로 설계된 차단기와 국내차단기의 상호호환관계를 분석하였다. 차단기 동작 상호 호환 특성 분석을 위해 IEC 기반으로 제작된 차단기와 기존 국내 차단기를 1차측과 2차측에 각각 설치하였다. 이때 사용된 차단기는 IEC 차단기는 B, C Type 32A의 차단기를 사용하였으며 국내 차단기는 15A, 30A 차단기를 사용하였다. 이때 1차측에 상태를 확인하기 위해 1차측 차단기 말단에 저항부하를 연결하여 사고전류를 제한하였으며 제한된 사고전류를 이용하여 1차측 차단기가 동작하였는지 2차측 차단기가 동작하였는지를 분석하였다. 측정구간은 전원부에 전압계를 연결하여 전압의 변화를 모니터링 하였으며 1차측 말단과 2차측 말단에 CT를 연결하여 전류상태를 모니터링 하였다. 그림 4는 본 실험을 위해 구성한 차단기 동작 시험회로를 나타내었다.

그림 4 차단기 동작시험 회로도
Fig. 4 Circuit Breaker Performance Test Diagram

2.3.2 실험 결과

실험결과 단락사고 발생시 1차측에 설치한 IEC 차단기가 먼저 동작하는 것을 확인하였으며 2차측의 국내 차단기는 동작을 하지 않았다. 그림 5는 이때 실험결과를 나타내고 있다.

(a) 전원측 전압 측정 결과

(b) 1차측 차단기 전류 측정 결과

(c) 2차측 차단기 전류 측정 결과

그림 5 국내 및 IEC 차단기 동작 실험 결과

Fig. 5 Result of Circuit Breaker Performance Test about Domestic & IEC Circuit Breaker

그림 5에서와 같이 1차측과 2차측 파형이 동일한 형태를 나타내는 것을 알 수 있으며 만약, 2차측 차단기가 동작을 하였다면 1차측 전류파형에 부하만큼의 전류가 존재하여야 하지만 그렇지 않은 것을 알 수 있다.

추가적으로 각 type에 따른 차단기 동작 특성을 분석하기 위하여 차단기의 종류 및 차단용량을 순차적으로 변경시켜 가면서 실험을 실시하였다. 단, 국내에 수입된 IEC 차단기 중 D type은 국내에서 구입하는 것이 어려워 B type과 C type에 대해서만 실험을 실시하였다.

표 1 차단기 상호 동작 실험 결과 비교 분석

Table 1 Comparative analysis result of Circuit Breaker Performance Test

1차측 차단기 종류	2차측 차단기 종류	실험결과
32A-B type	15A 국내 차단기	1차측 차단기 동작
32A-C type	15A 국내 차단기	2차측 차단기 동작
	30A 국내 차단기	
15A 국내 차단기	32A-B type	2차측 차단기 동작
	32A-C type	1차측 차단기 동작
30A 국내 차단기	32A-C type	2차측 차단기 동작
	45A-B type	2차측 차단기 동작

실험결과 차단용량이 15A인 국내에서 생산된 차단기에 비해 2배가량 큰 30A B type 차단기를 1차측에 설치하더라도 감도측면에서 보다 민감한 B type의 차단기가 먼저 동작하는 것으로 나타났다. 이는 차단기의 type을 고려하지 않고

설치할 경우 설치자의 실수로 인해 차단기가 오동작하는 사례라 할 수 있다. 또한 반대로 15A 국내차단기를 1차측에 설치한 결과 32A B type의 차단기는 2차측이 올바르게 동작하였으나 32A C type 차단기의 경우 1차측이 먼저 동작하는 것을 확인하였다.

3. 결 론

국내차단기와 IEC 차단기의 동작커브 및 실험을 통한 차단기 오동작 분석결과 IEC 차단기의 경우 B type, C type, D type으로 구분되어 수용가의 용도에 따라 사용 가능한 차단기를 구분하고 있으며 IEC 차단기의 동작 특성을 고려하지 않고 국내 차단기와 혼용할 경우 오동작의 문제점이 발생하는 것으로 나타났다. 이와 같은 문제는 전력이 주요 에너지원이며 정전사고 발생 시 금융 산업, 통신 산업 등과 같이 정전이 발생할 경우 막대한 재산상의 피해가 발생하게 된다. 이와 같이 기존에는 고려되지 않았던 저압용 차단기의 동작협조는 지속적인 산업화로 인해 전력에 대한 의존도가 높아지는 현 사회에서 국내 차단기와 IEC 차단기의 혼용으로 인해 발생하는 정전문제를 미연에 예방하기 위해 본 논문에서 제안한 수식을 이용하여 향후 발생할 수 있는 차단기 오동작으로 인한 재산상 피해를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.(과제번호 : 2010T100100461)

참 고 문 헌

- [1] KS C IEC 60898, "Electrical accessories - Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations", KATS, 2009.12.
- [2] KS C IEC 61009-1, "Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection for household and similar uses(RCBOs) - Part 1 : General rules", KATS, 2009.12.
- [3] MKE, "criterion of electrical installation technical regulation section 22", MKE, 2010.01.
- [4] MKE, "criterion of electrical installation technical regulation section 38", MKE, 2012.01.
- [5] Jin-Soo Jung, Sun-Gu Kim, Jung-Sun Moon, Woon-Ki Han, Study about the electric installation checkup technique development by the IEC 60364", KIEE spring conference, 2010.06.
- [6] Jin-Soo Jung, Woon-Ki Han, Oh-Hwan Kim, Jea-Chul Kim, "The Comparison and Analysis about Earth System based on IEC60364", KIEE, Vol. 24,

No. 1, pp. 56~62, 2010.01.

[7] BS 7671, "Requirements for Electrical Installations", IEE, 2008.

저 자 소 개

정 진 수 (鄭鎭洙)

1976년 9월 12일생. 2003년 명지대학교 전기공학과 졸업(공학사). 2005년 동대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2011년 동 대학원 전기공학과 업(공학박사). 2004년~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 친환경연구팀 선임연구원.

김 한 상 (金翰相)

1966년 2월 14일 생. 1994년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2004년 강원대학교 전기공학과(공학석사). 2010년~현재 동 대학원 박사과정. 1989~현재 전기안전연구원 수석연구원

김 선 구 (金善球)

1961년 2월 25일생, 1985년 한양대학교 전기공학과 졸업(학사), 1991~2002년 한국전기안전공사 재직, 2009년 시립대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2002~현재 전기안전연구원 정책기준연구부 책임연구원

한 윤 기 (韓雲基)

1973년 6월 20일생. 1997년 목포대학교 전기공학과 졸업(공학사). 2001년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2010년 숭실대학교 전기공학과 졸업(공학박사). 1998년~현재 한국전기안전 공사 전기안전연구원 친환경연구팀 책임연구원.

박 찬 업 (朴燦嚴)

1977년 5월 8일생. 2001년 2월 강원대학교 삼척캠퍼스 제어계측공학과 졸업(공학사). 2003년 2월 중앙대학교 일반대학원 전자전기공학부 졸업(공학석사). 2007년 2월 동대학원 전자전기공학부(공학박사). 2007년 3월~2009년 2월 중앙대학교 정보통신연구원 연구교수. 2009년 3월~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 친환경연구팀 연구원.