

# 유효성분 동작형 누전차단기( $I_{gc}$ Free ELB)의 원리 및 동작 특성 해석

논문  
59P-4-20

## Analysis of the Principle and Operation Characteristics of an ( $I_{gc}$ -Free ELB) Operated by an Active Component

최 충 석<sup>†</sup>  
(Chung-Seog Choi)

**Abstract** - This study compares the criteria of earth leakage breakers (ELB) and analyzes the characteristics of an  $I_{gc}$ -free ELB operated by an active component which is not misoperated by capacitive current. Even for the same ELB, the earth leakage current flowing through the human body is estimated to be differ greatly depending on the power source, voltage, location and status of contact, contact time duration, etc. Earth leakage breakers are classified based on the rated voltage, rated sensing current, rated operating time etc. Mounting and demounting of the existing equipment can be performed easily since an  $I_{gc}$ -free ELB is manufactured with the same structure as a conventional ELB. The rated operating current of a conventional and an  $I_{gc}$ -free ELB is 30mA, the sensing current is 25mA and the rated non-operating current is 15mA. In the analysis of non-operating current characteristics, the rated non-operating current of 15mA was satisfied up to a 20mA charging current in the conventional ELB, but does not satisfy the rated non-operating current as it operates when the resistive leakage current is lower than 15mA for a charging current exceeding 20mA. Also, the ELB is misoperated without a resistive leakage current when the charging current exceeded 25mA. However, the newly developed  $I_{gc}$ -free ELB satisfied the rated non-operating current even when the charging current was 60mA. Also, in comparison to the interrupting characteristics, it was confirmed that the charging current satisfying the rated non-operating current of the  $I_{gc}$ -free ELB was three times higher than that of the conventional ELB.

**Key Words** :  $I_{gc}$ -Free ELB, Rated Operating Current, Sensing Current, Rated Non-Operating Current

### 1. 서 론

누전차단기는 인축의 감전위험으로부터 안전 확보 및 전기누전에 의한 안전을 위하여 최소한도의 규제를 목적으로 사용된다. 전기설비기술기준에서 언급되고 있는 누전차단기 관련 조항의 변천은 1979년 8월 30일 동자부령 제23호로 개정 공포시 접지 예외 조항을 규정한 제34조(기계기구의 철대 및 외함의 접지) 제2항 제8호 중 보안장치를 시설하는 경우 「누전차단기 정격감도전류가 15mA 이하, 동작시간이 0.1초 이하의 전류동작형의 것에 한한다.」를 시설하는 것으로 개정하였다. 1978년 12월 31일 이전 220V 승압 수용가는 1979년 8월 30일 이전의 전기설비기술기준에 의거하여 누전차단기를 부설하거나 제3종접지공사를 시행토록 하였지만 당시에는 국내에 누전차단기가 개발되지 않은 상태였으므로 대부분 접지공사만으로 안전 대책이 되어 있었다. 그러나 전기설비기술기준 관련 조항이 1979년 8월 30일에 개정됨에 따라 누전차단기 부설이 의무화 된 것이다. 전기설비기술기준 제34조에 의한 접지생략 가능한 누전차단기는 정격감도전류 15mA 이하, 동작시간 0.1초 이내로 되어있었다. 1979년 11월 15일 공진청 고시 제155518호의 누전차단기 기술기준에는 정격감도전류 30mA 이하, 동작시간 0.03초 이내로

되어 있었다. 그 후 연구를 통해서 220/380V 2차 배전계통에 대한 보안대책으로 생략하여도 좋은 누전차단기의 정격은 30mA, 30msec의 보호개폐가 추천되었다. 그런데 저압 옥내 전로의 인입구에 15mA의 고감도 누전차단기를 설치할 경우 상시 누설전류로 인하여 빈번히 동작할 가능성이 있어서 수용가의 민원이 야기될 소지가 있고, 그때까지 국내 누전차단기 생산업체에는 정격감도전류 15mA를 갖는 누전차단기의 생산실적이 없었다. 따라서 1988년 6월 10일 동자부령 제98호로 인체감전보호용 누전차단기 규격 15mA를 30mA로 0.1초를 0.03초로 개정하게 되었으며, 그 후 여러 차례의 개정을 거쳐 현재에 이른다. 한편, 내선규정에는 1977년 3월 18일 과거의 내선공사요령을 보완하여 제정될 당시 제151절 「누전차단기 등」 항목으로 규정 되었고, 2000년 7월 제6차 개정되었다[1-6]. 그런데 지금까지의 누전차단기는 용량성 및 저항성 누설전류를 합성한 누설전류를 검출하는 시스템으로 구성되어 있어서 감전사고 예방에는 크게 기여한 반면 전기화재 예방의 실질적인 효과에 한계가 있었다. 즉 전기설비에 흐르는 저항성 누설전류를 정확히 검출하는 기능이 갖는 누전차단기가 없어서 전기화재 예방의 효과를 실질적으로 얻지 못했다. 회로에 이상이 발생하여 흐르는 전체 누설전류( $I_y$ )는 저항성 누설전류( $I_{gr}$ ), 충전전류( $I_{gc}$ ), 유도성 누설전류( $I_{gl}$ )의 벡터합으로 표현된다. 그런데 전기화재 발생의 실질적 요소는 저항성 누설전류( $I_{gr}$ )이며, 충전전류( $I_{gc}$ )는 회로 및 시스템의 오동작을 유발시키는 성분으로 작용하여 기기나 장치의 신뢰성 저하는 물론 생산성

<sup>†</sup> 교신저자, 시니어회원 : 전주대학교 소방안전공학과 교수·공박  
E-mail : enetek@naver.com/choi365@jj.ac.kr  
접수일자 : 2010년 7월 5일  
최종완료 : 2010년 8월 25일

항상에도 장애 요인이 된다. 그리고 회로에 포함되어 있는 유도성 누설전류( $I_{yl}$ )는 선로에서 무시 가능할 정도로 적은 값이다. 이상의 해석에서도 알 수 있듯이 오동작 요소로 작용하는 충전전류( $I_{gc}$ )는 통과시키고 전기화재의 주범인 저항성 누설전류만을 정확히 감지하여 차단기가 작동한다면 전기화재 예방은 물론 시스템 오동작을 근원적으로 예방할 수 있을 것이다. 오동작을 유발시키는 충전전류( $I_{gc}$ )는 컴퓨터, 냉장고, 세탁기, 가로등, 인버터, 형광등, 전동기, 용접기, UPS 등의 기기에서 필연적으로 발생하므로 회로에 특별한 이상이 없는데도 불구하고 누전차단기가 빈번히 꺼짐(OFF)으로 전환되는 일이 발생하는 경우 사용자는 누전차단기를 제거하거나 직결(by pass)하여 사용하다가 화재가 발생하여 인명과 재산의 손실이 발생하는 것이다[7-9].

따라서 본 연구에서는 국가별 누전차단기의 기준을 비교하고, 전기설비에서 필연적으로 발생하는 충전전류를 통과시키고 전기화재의 주된 요소인 저항성 누설전류를 정확히 검출하는 유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free ELB)의 특성을 검증하여 제시함으로써 산업현장 적용의 신뢰성 향상에 기여하고자 한다.

## 2. 관련 이론

### 2.1 인체의 감전전류

감전은 전류가 인체를 통과하는 것에 의하여 발생하는 것이며, 인체가 충전부에 접촉하여도 비접지식과 같이 지락전류의 귀로가 구성되지 않으면 인체에 전류가 흐르지 못하므로 감전현상은 일어나지 않는다. 감전에 의한 인체의 위험성은 감전 전류와 지속시간의 함수에 의해서 영향을 받는다. 국내 전기설비 기술기준에서는 변압기의 고압과 저압의 혼축 방지를 위하여 반드시 저압을 접지하도록 규정하고 있다. 변압기의 2차(저압)를 접지하는 이유는 변압기의 1차와 2차 사이의 절연과피 등으로 고·저압 혼축이 발생하면 저압 부하설비가 손상되는 것은 물론 인체의 감전위험성인 높아지기 때문이다. 그림 1은 저압 배전 선로의 접지 및 감전 경로를 나타낸 것이며, 저압 배전 변압기의 저압에는 제2종 접지공사를 실시하며, 구내의 저압 시설기기는 제3종 접지공사를 하도록 되어 있다. 구성된 회로의 주요 명칭은 다음과 같다.

- $V_2$  : 전원 전압
- $U_F$  : 기기 외함과 대지 사이의 전압
- $R_2$  : 제2종 접지저항
- $R_3$  : 제3종 접지저항
- $R_e$  : 선로 저항
- $R_m$  : 인체 저항
- $R_u$  : 누설 저항

전기설비의 절연이 불량하여 전압선이 기기의 외함에 접촉되는 경우 기기의 외함과 대지 사이에 나타나는 전압  $U_F$ 는 다음과 같다.

$$U_F = \frac{V_2 R_3}{R_3 + R_2 + R_e} \approx \frac{V_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad [V] \quad (1)$$

이때 인체가 기기에 접촉되는 경우 인체로 흐르는 전류  $I_m$ 은 다음과 같다. 단,  $R_2 + R_3 + R_e \ll R_u + R_m$

$$I_m = \frac{U_F}{R_u + R_m} [A] \quad (2)$$

즉, 인체의 전기저항은 전원의 종류, 전압, 접촉점의 위치 및 상태, 접촉시간 등에 따라 현저하게 다르며 개인차도 크다. 또한  $R_u$ 는 발이 접촉되는 대지 사이의 누설저항이며, 장소 및 습기 등에 따라 다르다.

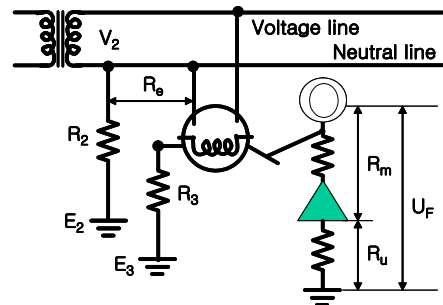


그림 1 저압 배전선로에서 인체의 감전 경로

Fig. 1 Leakage current path of human body in low voltage distribution circuit

### 2.2 누전차단기의 기준 비교

누전차단기의 누전 보호기능을 결정하는 정격은 감도전류와 동작시간 등이다. 표 1은 한국, 일본, IEC, UL 등에서 제시하고 있는 누전차단기의 성능 및 기준 등을 비교하여 나타낸 것이다. 누전차단기의 선정은 궁극적인 설치 목적인 안전성을 고려하는 것이 중요하며 평상시 누설전류에 의해 불필요한 동작이 발생하지 않는가를 검토한 후에 적절한 종류를 선정할 필요가 있다. 또한 누전차단기를 어떻게 선택하여 사용할 것인가에 대하여 기본적으로 법규적인 설치 의무가 있는 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 생각할 필요가 있다. 한국과 일본은 전류동작형 누전차단기가 채용되며 적용 범위는 교류 600V 이하이고, 정격전류 2500A 이하인 전기설비에 적용되는 기준이다. IEC는 교류 440V 이하, 정격전류 125A 이하의 전기설비에서 용도에 따라 약간의 차이가 있다. 반면에 UL은 단상 2선식 접지선로의 지락보호전용으로 채택하고 있다. 누전차단기의 정격전류는 한국이 15A에서 2500A까지 구분되어 있고, 일본은 3A에서 2500A, IEC는 10A에서 125A까지 구분되며, UL 및 IEC 747-2는 제조자의 표시에 따르는 것으로 되어 있다. 그리고 감전 사고를 예방하기 위해 설치하는 누전차단기는 한국산업규격(KS)에서 RCD(Residual Current Protective Device)로 표기한다. 일본은 ELB(Earth Leakage Breaker)로 나타내며, 미국과 캐나다는 GFCI 또는 GFI(Ground Fault Circuit Interrupter)로 표기한다. 영국은 ELCB 또는 ELB, 그리고 유럽은 RCCD 또는 RCD 등으로 표기한다.

### 2.3 누설전류의 종류

그림 2는 누설전류의 종류와 유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free RCD)의 등가회로를 나타낸 것이다.

표 1 누전차단기의 성능 및 제품 기준 비교

Table 1 Comparison of ELB Performance and Product Criteria

내용 국가	규격	번호	정격전압 [V]	정격감도전류 [mA]	정격동작시간 [sec]				
한국	EK	K 61008-1, K 61009-1	IEC 61008-1, IEC 61009-1 등과 동일하고, 2002.2.19 기술표준원 고시 제2002-60호 적용						
	KS	KS C 4613	110, 220,110/220, 220/380, 380, 460, 600	고: 5, 10, 15, 30 중: 50, 100, 200, 500, 1000 저: 3000, 5000, 10000, 20000	Type	0.03초 이내	0.1초 이내	0.1초 초과 2초 이내	반환시
					$I\Delta n$				$0.2 < t \leq 1$
					$1.4 I\Delta n$				$0.1 < t \leq 0.5$
$4.4 I\Delta n$	$t \leq 0.05$								
일본	JIS	JIS C 8371	100, 200, 100/200, 230, 240(265), 400, 415(460)	고: 5, 6, 10, 15, 30 중: 50, 100, 200, 300, 500, 1000 저: 3000, 5000, 10000, 20000	Type	0.1초 이내	0.1초 초과 2초 이내	반환시	
					$I\Delta n$			$0.3 < t$	
					$2 I\Delta n$			$0.15 < t$	
					$5 I\Delta n$			$0.04 < t$	
500A	$0.04 < t$								
IEC / UL	IEC	60947-2	별도 지정하지 않음	6, 10, 30, 100, 300, 500, 1000, 3000, 10000	Type	일 반	S		
					$I\Delta n$		0.3	0.5	
					$2 I\Delta n$		0.15	0.2	
					$5 I\Delta n$		0.04	0.15	
	$10 I\Delta n$	0.04	0.15						
	61008-1	120, 230(220~240), 400(380~415)	6, 10, 30, 100, 300, 500, (1000)	$I\Delta n$	0.3	0.5			
				$2 I\Delta n$	0.15	0.2			
	$5 I\Delta n$	0.04	0.15						
	61009-1	120, 230(220~240), 400(380~415)	6, 10, 30, 100, 300, 500, (1000)	$I\Delta n$	0.3	0.5			
				$2 I\Delta n$	0.15	0.2			
$5 I\Delta n$	0.04	0.15							
UL	UL 9	120V(110~125)	Class A : 6 Class B : 20	Class A: $t = (20/I)^{1.43}$ Class B: $t = (80/I)^{1.43}$ 여기서 I =[mA], t =[초]					

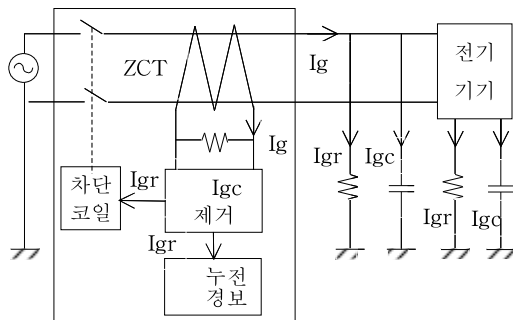


그림 2 누설전류의 종류와 유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free ELB)의 회로

Fig. 2 Types of leakage current and circuit of active components operating the Igc-free ELB

기존의 누전차단기 및 누전경보기에서는 영상변류기(ZCT)를 이용하여 누설전류를 검출하고 있는데 이것은 저항성 누설전류(Igr)만을 검출할 수 없고 전체 누설전류(Ig)를 검출한다.

따라서 기존의 누전차단기 및 누전경보기는 누설전류(Ig)값이 기준치 이상이 되면 작동한다. 즉  $I_g = I_{gr} + I_{gc}$ 이므로 인체감전과 누전화재와 관계가 없는 충전전류(Igc)가 큰 전선로에서는 Igr 값이 작아도 누전차단기 및 누전경보기가 동작하게 된다. 이와 같은 결점을 보완하기 위하여 그림 2와

같이 영상변류기(ZCT)로 검출한 Ig 중에서 충전전류(Igc)를 소거하고 Igr만 추출하여 이 Igr 값에 따라 누전차단기 또는 누전경보기가 작동하게 하는 기술이 개발되었다. 이와 같은 기술로 제작된 누전차단기 또는 누전경보기를 유효성분 동작형(Igc Free) 누전차단기 또는 누전경보기이다.

유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free ELB)의 기본 원리는 다음과 같이 설명이 가능하다. 전원전압(v)는 정현파이므로 전압(v)은 다음과 같이 나타낸다.

$$v = \sqrt{2} V \sin(\omega t) \text{ [V]} \quad (3)$$

여기서, V는 전원전압(v)의 실효값이고,  $\omega = 2\pi f$ , f는 전원 주파수이다. 따라서 전선로에 흐르는 합성 누설전류(iy)도 정현파이며 다음과 같이 흐른다.

$$i_y = \sqrt{2} I_y \sin(\omega t + \theta) \text{ [A]} \quad (4)$$

여기서, Iy는 합성 누설전류(iy)의 실효치,  $\theta$ 는 전원전압(v)와 합성 누설전류(iy)와의 위상각이다. 이 합성 누설전류(iy)를 전원전압(v)의 극성이 정(+)일 때, 즉  $0 < \omega t < \pi$  구간에서 적분한 값을 P라고 하면 다음과 같다.

$$P = \sqrt{2} I_y \int_0^\pi \sin(\omega t + \theta) d(\omega t) = 2\sqrt{2} I_y \cos \theta \text{ [A]} \quad (5)$$

그런데  $I_{gr} = I_g \cos \theta$  이므로  $I_{gr} = \frac{1}{2\sqrt{2}} P$  이다.

즉  $I_{gr}$ 은  $P$ 에 비례한다. 또한, 이 합성 누설전류( $i_g$ )를 전원전압( $v$ )의 극성이 부(-)일 때, 즉  $\pi < \omega t < 2\pi$  구간에서 적분한 값을  $Q$ 라 하면 다음과 같이 나타낸다.

$$Q = \sqrt{2} I_g \int_0^{\pi} \sin(\omega t + \theta) d(\omega t) \text{ [A]} \quad (6)$$

$$= -2\sqrt{2} I_g \cos \theta$$

이 경우도  $I_{gr} = I_g \cos \theta$  이므로 저항성 누설전류( $I_{gr}$ )는 절대값( $Q$ )에 비례한다. 이상의 연산 과정을 보면 합성 누설전류( $i_g$ )를 전원전압( $v$ )의 반주기 마다 적분하여 저항성 누설전류( $I_{gr}$ )를 검출할 수 있음을 알 수 있다[11-14].

### 3. 유효성분 RCD의 특성 분석

그림 3은 유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free ELB)의 실체 사진을 나타낸 것이다. 기존 누전차단기와 동일한 크기 및 외형을 갖고 있어서 기존 시스템에 쉽게 착탈이 가능하도록 제작되었다. 기존 차단기와 같은 기구부, 전원부, 출력부, 작동부 등이 있고 단지 검출부의 회로에 오동작을 유발시키는 충전전류( $I_{gc}$ )를 상쇄시키는 회로가 내장되어 있다. 크기는 32mm×70mm×50mm로 설치할 때 공간 활용이 우수하도록 제작하였다. 용량은 전격전류 30A, 정격전압 220V, 정격차단전류 2.5kA, 정격감도전류 30mA, 정격부동작전류 15mA, 동작시간 0.03sec 이내, 2P 60Hz이다. 또한 동일한 기술을 이용하여 정격감도전류를 5mA 이하까지 설계가 가능하므로 가로등, 컴퓨터실, 냉동기기, 전동기, UPS 등이 설치되어 있는 시스템에 적용할 경우 전기재해 예방에 혁신적인 기능을 발휘할 것으로 판단된다[10-13].

그림 4는 누전차단기의 내부를 나타낸 실체 사진이다. 국내에서 유통되고 있는 누전차단기는 부하회로의 누전에 의하여 지락전류가 발생할 경우 이를 검출하여 회로를 차단하는



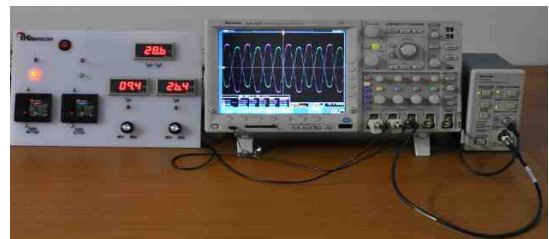
(a)  $I_{gr}$  Free RCD (b) 기존 RCD

그림 4 누전차단기(RCD)의 내부 비교

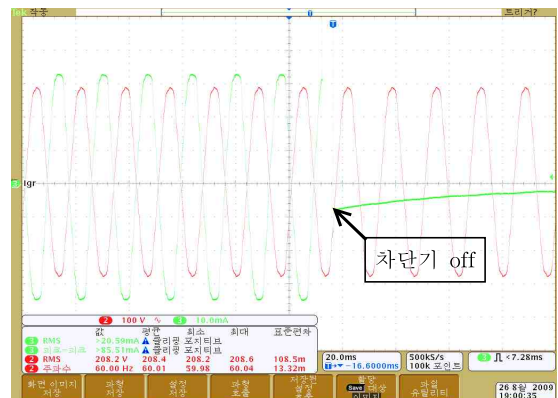
Fig. 4 Comparison of the internal designs of the ELBs

반도체식 또는 전류동작형 누전차단기이며, 누전을 검출하기 위하여 영상변류기(ZCT), 회로를 차단시키기 위한 전자회로와 trip coil이 있으며, 누전차단기의 동작시험을 위한 시험 버튼 등이 있다[10-13].

그림 5는 전체 누설전류가 28.6mA가 흐를 때의 실험사진 및 차단 특성 곡선을 나타낸 것이다. 유효성분 동작형 누전차단기( $I_{gc}$  Free Electric Leakage Breaker)는 기존의 누전차단기에



(a) Photo of an  $I_{gr}$ -free RCD



(b) Interrupting characteristics curve when  $I_{gr}$  is 26.4mA

그림 5 유효성분 동작형 누전차단기( $I_{gc}$  Free Electric Leakage Breaker)의 차단 특성 곡선

Fig. 5 Interrupting characteristics Curve of an  $I_{gc}$ -free Electric Leakage Breaker



(a)  $I_{gr}$  Free RCD (b) 기존 RCD

그림 3 누전차단기(RCD)의 외형 비교

Fig. 3 Comparison of ELB dimensions

충전전류 상쇄 회로를 도입하여 ZCT로 검출한 전체 누설전류( $I_g$ ) 중에서 충전전류를 제거하고  $I_{gr}$ 만 추출하여  $I_{gr}$ 에 의하여 누전차단기를 동작시키는 것이다. 전체 누설전류( $I_g$ )는 28.6mA이고, 저항성 누설전류( $I_{gr}$ )이 26.4mA일 때 용량성 누설전류( $I_{gc}$ )는 9.4mA이다. 즉 기존 누전차단기를 현장에 설치할 때 동작 전류는 대략 26mA 이하로 설정되어 있는데 본 실험에서 측정된 Igc Free ELB는  $I_{gr}$ 이 26.4mA에 도달할 때 차단된 것을 알 수 있다. 따라서 기존 누전차단기의 특성은 물론 전기설비에서 발생하는  $I_{gc}$ 에 의한 오동작을 현격하게 줄일 수 있음이 확인되었다.

그림 6은 기존 누전차단기와 유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free Electric Leakage Breaker)의 특성 곡선을 비교한 것이다. 기존의 누전차단기는 충전전류 제거 회로가 없어 누전차단기가  $I_{gr}$ 와 충전전류가 합쳐진  $I_g$ 에 의하여 동작한다. 따라서 유효성분 동작형 누전차단기는 충전전류에 의한 누전차단기의 오동작이 현격하게 감소된다. 기존 누전차단기(곡선 A)와 유효성분 동작형 누전차단기(곡선 B)의 차단특성을 비교하면 그림 6과 같다. 두 누전차단기의 정격부동작전류는 30mA(감도전류는 25mA)이고, 정격부동작전류는 15mA이다. 누전차단기는 모두 충전전류 값에 관계없이  $I_{gr}$ 이 30mA를 초과하면 차단기가 동작하여 정격동작전류특성을 만족한다.

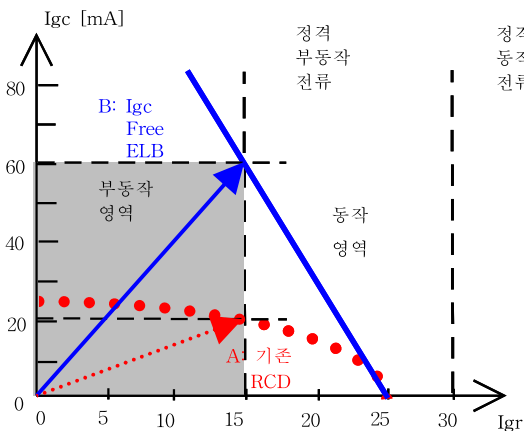


그림 6 기존 누전차단기(A)와 유효성분 동작형 누전차단기(B)의 특성 비교

Fig. 6 Comparison of characteristics in a conventional ELB and an  $I_{gc}$ -free ELB

부동작전류 특성은 기존 누전차단기(곡선 A)는 충전전류가 20mA까지는 정격부동작전류 15mA가 만족되나 충전전류가 20mA 이상이 되면 누전차단기가  $I_{gr}$ 이 15mA 이하에서 동작하여 정격부동작전류 특성을 만족하지 못한다. 극단의 경우 충전전류가 25mA 이상이 되면  $I_{gr}$ 이 흐르지 않아도 차단기가 작동한다. 유효성분 동작형 누전차단기(곡선 B)의 경우는 충전전류가 60mA까지도 정격부동작전류 15mA가 만족된다. 차단특성을 비교한 결과 유효성분 동작형 누전차단기는 기존 누전차단기에 비하여 정격부동작전류를 만족하는 충전전류가 3배나 더 크다. 따라서 충전전류에 의한 오동작이 현격히 감소시킬 수 있다[12-13].

#### 4. 결 론

본 연구에서는 누전차단기의 기준을 비교하고, 가로등, 컴퓨터실, 전동기, UPS 등에서 필연적으로 발생되는 충전전류에 의해 오동작이 없는 유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free ELB)의 특성을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 동일한 누전차단기가 하더라도 인체의 감전전류는 전원의 종류, 전압, 접촉점의 위치 및 상태, 접촉시간 등에 따라 개인차가 큰 것으로 판단되며, 누전차단기의 구분은 정격전압, 정격감도전류, 정격동작시간 등의 요소에 의해 분류되는 것으로 조사되었다.

(2) 유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free ELB)는 기존 누전차단기와 동일한 크기 및 외형을 갖고 있어서 기존 시스템에 쉽게 착탈이 가능하도록 제작되었으며, 단지 검출부의 회로에 오동작 요소인  $I_{gc}$ 를 상쇄시키는 회로가 내장되어 있다.

(3) 기존 및 유효성분 동작형 누전차단기의 정격동작전류는 각각 30mA(감도전류는 25mA)이고, 정격부동작전류는 각각 15mA이다. 또한, 누전차단기 모두는 충전전류 값에 관계없이  $I_{gr}$ 이 30mA를 초과하면 차단기가 동작하여 모두 정격동작전류특성을 만족한다.

(4) 부동작전류 특성 분석에서 기존 누전차단기는 충전전류가 20mA까지는 정격부동작전류 15mA가 만족되나 충전전류가 20mA 이상이 되면 누전차단기의 저항성 누설전류가 15mA 이하에서 동작하여 정격부동작전류 특성을 만족하지 못한다. 극단의 경우  $I_{gc}$ 가 25mA 이상이 되면 저항성 누설전류가 흐르지 않아도 차단기가 오작동하였다.

(5) 그런데 개발된 유효성분 동작형 누전차단기는 충전전류가 60mA까지도 정격부동작전류 15mA가 만족된다. 또한 차단특성 분석에서 유효성분 동작형 누전차단기는 기존 누전차단기에 비하여 정격부동작전류를 만족하는 충전전류가 3배나 더 크므로 충전전류에 의한 오동작이 거의 없다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 한국산업규격, KS C 4613, 한국표준협회, 2006.
- [2] Kurt Nowak, "Zwanzig Jahre FI-Schutzschaltung Chronologie und Entwicklung varianten" pp.7-9, aus de 16/1978.
- [3] A.W. Smoot, N. Magan, "Method of Calculating electrical body impedance and equipment for measuring leakage currents", p.298, Underwriters Laboratories, USA, 1985.
- [4] Koepfen, "Electrounfälle und ihre Einfluß größen aus medizinischer Sicht", Heft 6. Seite 168 bis 173, März. 1966.
- [5] Walter F.Hart, P.E., "A Five-part Resistor-Capacitor Network for measurement of Voltage and Current Levels Related to Electric Shock and Burns", pp.183-190, Electrical Shock Safety Criteria, 1985.
- [6] W. Holzmann, "Magnetische Werkstoffe für Summenstrom und Auslöser in Fehlerstroms Schutzichalten", pp.2-3, VACUMSCHME, Hanau, 1976.
- [7] 최충석 외 5, "전기화재공학", 도서출판 동화기술, pp. 189~198, 202, 2004.
- [8] 최충석 외 2, "과전류에 의해 용단된 소선의 특성 해석

에 관한 연구”, 한국산업안전학회 논문지, Vol.19, No.1, pp.60-65, 2004.3.

- [9] 최충석 외 2, “VCTFK의 반복피로에 의한 소손 패턴의 특성 해석”, 한국안전학회 논문지, Vol.19 No.4, pp.42-47, 2004.12.
- [10] 이재복, 명성호, 조연규, 장석훈, 김점식, “누전차단기의 뇌씨지 동작특성 분석 및 오동작 대책”, 대한전기학회 논문지, Vol. 51C, No. 10, pp.479-484, 2007.
- [11] 함승진, 한송엽, 고창섭, “새로운 저항성 누전전류 측정 방법”, 대한전기학회 논문지, Vol. 56, No. 8, pp.1397-1404, 2007. 08.
- [12] 최충석, 한송엽, “전기설비의 저항성 누설전류 검출 및 특성 해석에 관한 연구”, KIEE 전기설비전문위원회 추계학술대회, pp.301-304, 2008. 09.
- [13] 최충석, 한송엽, “유효성분 동작형 누전차단기(Igc Free ELB)의 특성 해석”, 한국안전학회추계학술대회, pp.37-42, 2009. 12.

저 자 소 개



**최 충 석 (崔 忠 錫)**

인하대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야대학 초청연구원. 1994~1995년 구마모토대학객원연구원. 2006. 3~2006년 12월 서울대학교 산업안전최고전략과정 수료. 1997~2008년 2월 전기안전연구원 과장/그룹장/수석연구원/부원장. 2008년 3월~현재 전주대학교 공과대학 소방안전공학과 교수.

Tel : 063-220-3119

Fax : 063-220-2056

E-mail : enetek@naver.com/choi365@jj.ac.kr