

[Research Paper]

# 화재전류(IGR) 경보 기능이 내장된 누전경보차단기의 개발 및 안전성 평가에 관한 연구

고완수 · 최충석<sup>†\*</sup>

주식회사 이텍코리아 연구소장, \*전주대학교 소방안전공학과 교수

## Development and Safety Evaluation of Earth Leakage Alarm Breaker Equipped with Fire Current (IGR) Alarming Function

Wan-Su Ko · Chung-Seog Choi<sup>†\*</sup>

Research Director, Energy Technology Korea Co., LTD.,

\*Professor, Dept. of Fire Safety Engineering, Jeonju University

(Received December 17, 2019; Revised April 6, 2020; Accepted April 24, 2020)

### 요 약

본 연구에서는 누전경보 기능이 내장된 누전경보차단기(JER-E2S, ETECKOREA Co., Korea)를 개발하고, 그 특성을 분석하였다. 개발된 누전경보차단기는 단상 220 V 전용으로 정격전류는 32 A, 20 A, 20 A(화장실용), 16 A 등이다. JER-E2S는 기존 누전차단기(ELB)의 특성을 모두 만족하고 있으며,  $13 \pm 2$  mA의 저항성누설전류(Igr)인 화재전류가 전선로에 흐르면 실시간 검출하여 LED 램프로 위험 상태를 점멸할 수 있는 제품이다. 개발된 누전경보차단기는 LED 램프 및 통신기기 등에서 필연적으로 발생하는 용량성누설전류(Igc)에 대한 내성이 있어서 안정적인 전기 공급이 가능하다. 또한, 누전경보차단기는 순간지락 정전보호 기능이 있어서 작은 물방울 및 나뭇잎 등의 순간지락에 따른 차단기의 오동작 없이 전원 공급이 가능하다. 그리고 개발된 누전경보차단기의 대기전력은 0.1 W 이하로 기존 ELB에 비해 절전 성능이 3~8배 우수한 특성을 나타냈으며, 일반 120 m<sup>2</sup>의 아파트 1 세대에 10개 정도의 누전경보차단기가 설치되었을 때 1 개월에 2~5 kWh의 전기를 절감할 수 있다. 개발된 누전경보차단기는 기존 누전차단기의 특성을 만족할 뿐만 아니라 전기화재 예방기능 및 오동작 방지기능이 있어서 전원 품질이 우수하고, 전기화재 예방에 혁신적으로 기여할 수 있는 제품이다.

### ABSTRACT

The purpose of this study is to develop an earth leakage alarm circuit breaker, equipped with a leakage alarming function (JER-E2S, ETECKOREA Co., Korea), and to analyze its characteristics. The developed mechanism is exclusively used for single-phase and 220 V circuits, with a rated current of 32 A, 20 A, 20 A (for restrooms), 16 A, etc. It satisfies all characteristics of existing earth leakage circuit breakers (ELB). If a fire current, which is a resistive leakage current (Igr), flows through an electric line, the device detects the leakage current in real time and warns against the leakage through a blinking LED lamp. Since the developed device displays a tolerance to a capacitive leakage current (Igc) that inevitably occurs in LED lamps, communication devices, etc., it ensures a stable power supply. In addition, the earth leakage alarm circuit breaker protects against power failure due to a momentary ground fault. Therefore, it can supply power without the risk of the circuit breaker malfunctioning due to a momentary ground fault caused by water droplets, leaves, etc. Moreover, with a standby power of less than 0.1 W, the developed earth leakage alarm circuit breaker exhibits a power saving performance that is 3~8 times greater than that of other ELBs. Installation of approximately 10 earth leakage alarm circuit breakers in one apartment household, with an area of 120 m<sup>2</sup>, can save 2~5 kWh per month. Therefore, the developed earth leakage alarm breaker not only satisfies the characteristics of existing earth leakage breakers, but also exhibits outstanding power supply quality since it has the functions of electric fire prevention and malfunction prevention. Therefore, this device can innovatively contribute to electric fire prevention.

**Keywords** : Fire current, Earth leakage alarm circuit breaker, Alarming function, Electric fire prevention

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: enetek@naver.com TEL: +82-63-220-3119, FAX: +82-63-220-2056

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

### 1. 서 론

한국전기안전공사의 전기재해 통계분석에 의하면 2018년에 발생한 총화재는 42,337건이었으며, 전기화재는 9,240건으로 21.8%를 점유하였다. 특히, 발생한 전기화재의 70% 이상은 저압설비에서 발생하는 것으로 분석되는바 실질적인 전기화재 예방을 위해서는 저압설비에 대한 과학적인 대책이 요구된다<sup>(1)</sup>. 전기화재의 유형은 절연열화, 접촉불량, 누전, 과부하 등 다양한 인자에 의해 발생하는 것으로 조사되었다. 전기설비 및 기기에서 발생하는 전기화재의 메커니즘, 원인분석 및 판정기법 등에 대한 연구는 지속적으로 진행되고 있다, 그러나 저항성누설전류( $I_{gr}$  = 화재전류)의 실시간 검출, 전기화재 예방을 위한 차단기 및 기기 등에 연구 개발은 미진한 것이 현실이다<sup>(2-8)</sup>. 전기설비의 정상적인 전선로에 흐르는 미세한  $I_{gr}$ 은 수 밀리암페어(mA) 이하로서 전기 재해를 일으킬 가능성은 낮다. 그러나 전선로에 화재전류( $I_{gr}$ )의 누전이 반복되고 시간이 길게 흐르게 되면 이 때 발생한 줄열에 의하여 열화(劣化)가 점점 진행된다. 그러나 현재 시판되는 일반 배선차단기, 일반 누전차단기, 누전경보기(NFSC 205)는 화재전류를 효과적으로 검출하는 기능이 없거나 형식적인 수준으로 저압설비의 전기화재를 효과적으로 예방할 수 없다. 전기화재의 예방은 화재전류( $I_{gr}$ )를 실시간 검출하여  $13 \pm 2$  mA에서 경보할 수 있어야 한다.

따라서 본 연구에서는 전선로에 화재전류( $I_{gr}$ )가  $13 \pm 2$  mA 흐르면 내장된 LED 램프가 반복 점멸하여 전기화재 발생을 예방할 수 있는 누전경보차단기(JER-E2S, ETECKOREA Co., Korea)를 개발하였고, 개발된 제품에 대한 안전성 평가를 실시하여 품질의 신뢰성을 검증하는데 있다.

### 2. 관련 이론

저압용 전선로에 흐르는 합성누설전류( $I_g$ )는 저항성누설전류( $I_{gr}$ ) 및 용량성누설전류( $I_{gc}$ )의 벡터 합으로 표현된다.  $I_{gr}$ 은 전기화재를 유발시키는 화재전류이며, 전선로의 소손 또는 절연저항의 감소 등에 의해서 발생된다. 그리고  $I_{gc}$ 는 오동작전류로LED 램프, 컴퓨터, 정보기기 등을 사용하는 건축물, 사무실, 컴퓨터실 등에서 필연적으로 발생하는 것으로 전기화재와 무관한 전류이다.

Figure 1(a)와 같이  $I_g$ 와  $I_{gr}$ 의 크기가 비슷하면 안전에는 큰 문제가 없다. 그러나 Figure 1(b)와 같이  $I_{gr} < I_{gc}$ 인 경우  $I_{gc}$ 가 커졌기 때문에  $I_{gr}$ 이 적어도  $I_g$ 는 크게 표시되는 것을 알 수 있다. 즉,  $I_{gc}$ 가 전선로에서 커지면 필연적으로 오동작하여 전원의 공급이 중단된다. 현재 국내에 설치된 누전차단기의 동작 전류는 Figure 1(a)과 같이 인체 감전보호를 목적으로 고감도형을 적용한다. 그러므로 합성누설전류의 차단전류는 30 mA이며,  $I_{gc}$ 가 적은 전선로는  $I_{gr}$ 과  $I_g$ 가 비슷하므로 설비 운용에는 지장을 초래하는 경우가 드물다.

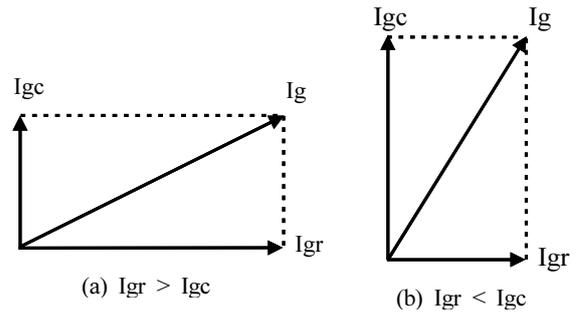


Figure 1. Relationship between resistive leakage current ( $I_{gr}$ ) and synthetic leakage current ( $I_g$ ).

그런데 축사, 전통시장, 노래방, 빌딩, 상가, 주택, 공장 등의 물기 또는 습기가 많은 곳, LED 램프가 설치된 곳, 전산기기 및 컴퓨터 등이 많이 설치된 곳은 필연적으로  $I_{gc}$ 가 커져 기존 누전차단기의 오동작으로 불시 정전이 발생된다. 그래서 일부 사용자는 누전차단기의 오동작에 의한 불편함을 해소하기 위해 작동전류가 50 mA, 100 mA, 200 mA, 500 mA 등 중감도 또는 저감도 누전차단기를 설치하여 전기를 사용하므로 감전사고 및 전기화재의 예방은 더욱 어렵게 되어 큰 사고로 이어지는 것이다.

화재전류에 의해서 출화가 이루어지는 값은 대략 15 mA이며 기존 누전차단기는 차단전류(25-30 mA)에 의해 동작(OFF)하므로 화재 및 누전에 대한 예방기능이 없다. 또한 물방울이나 나뭇잎에 의해 순간지락에 의한 불시정전이 발생하고 있다.

전선로의 전기화재를 유발시키는  $I_{gr}$ 를 정확하게 검출하고, 오동작의 원인인  $I_{gc}$ 는 통과시키는 새로운 개념의 누전경보차단기의 개발이 필요하다. 단상회로에 공급되는 전원 전압( $v$ )는 정현파이므로 다음과 같이 나타낸다.

$$v = \sqrt{2} V \sin(\omega t) \text{ [V]} \quad (1)$$

$V$ 는  $v$ 의 실효값이고, 각속도는  $\omega$ ,  $f$ 는 전원 주파수이다. 전선로의 순시누설전류  $i_g$ 는 정현파이므로 다음과 같다.

$$i_g = \sqrt{2} I_g \sin(\omega t + \theta) \text{ [A]} \quad (2)$$

$I_g$ 는  $i_g$ 의 실효치,  $\theta$ 는  $v$ 와  $i_g$ 의 위상각이다. 이  $i_g$ 를  $v$ 의 극성이 정(+)일 때  $0 < \omega t < \pi$  부분의 적분 결과를 P 라고 할 때 다음과 같이 나타낸다.

$$P = \sqrt{2} I_g \int_0^\pi \sin(\omega t + \theta) d(\omega t) \text{ [A]} \quad (3)$$

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

저압용 전선로에서 발생하는  $I_g$ 를 실시간 검출하기 위해서는 기존의 누전차단기와 다른 새로운 개념의 알고리즘이 요구

된다. 식 (3)의 결과에서  $I_{gr} = I_g \cos \theta$ 이므로  $I_{gr} = 1/2 \sqrt{2} P$ 로 표현되며,  $I_{gr}$ 은 P에 비례한다.  $i_g$ 는  $v$ 의 극성이 음(-)일 때  $\pi < \omega t < 2\pi$ 에서 적분한 절대값은 다음과 같다.

$$Q = \sqrt{2} I_g \int_{\pi}^{2\pi} \sin(\omega t + \theta) d(\omega t) \quad (4)$$

$$= -2 \sqrt{2} I_g \cos \theta \text{ [A]}$$

그러므로  $I_{gr} = I_g \cos \theta$ 이므로  $I_{gr}$ 은 Q에 비례하고,  $i_g$ 는  $v$ 의 반주기 마다 적분하여  $I_{gr}$ 을 검출할 수 있다. 또한,  $I_{gr}$ 은  $I_g$ 를 전원의 반주기 구간을 적분해서 얻을 수 있고,  $v$ 를 검출하여 동기 신호로 보내 전원의 반주기 구간마다 동기 신호가 발생하게 한다. 영상변류기(Zero phase circuit transformer, ZCT)에서 검출한  $I_g$ 를 반파적분기에 보내어 동기신호에 따라 전원의 반파 주기씩 적분하면 전원의 반파 마다  $I_{gr}$ 을 얻을 수 있다<sup>(9-11)</sup>.

### 3. IGR 경보 알고리즘의 개발 및 특성

현재 시판되는 일반 배선차단기는 과부하에 의한 설비 사고를 예방하기 위한 것이며, 일반 누전차단기는 인체의 감전 사고를 예방하기 위한 것이다. 그리고 누전경보기(NFSC 205)는 고압 및 특별고압설비의 수배전반에 설치하는 것으로 감전사고 및 전기화재의 예방기능이 없고, 단락 및 지락사고의 확산을 방지하기 위한 기기이다. 특히, 일반 누전차단기는 저항성누설전류( $I_{gr}$ )가 흘렀을 때 누전경보기능 및  $I_{gc}$ 에 의한 오동작 방지기능이 없는 현실이다. 기존 일반 누전경보기는 3상 전선로에서 발생하는 대형사고 시에만 작동하므로 전기화재의 70% 이상이 저압선로에서 발생하는 것을 고려하면 전기화재 및 감전사고의 예방 및

경보 기능은 없다. 또한 일반 배선차단기는 전선로에 과전류가 흐를 때 전기설비의 중대 사고를 예방하기 때문에 감전 사고 및 전기화재예방기능이 없는 상황이다. Table 1은 일반 차단기의 설치 목적, 특징 및 한계점을 비교한 것이다.

Figure 2(a)는 저압용 전선로에 설치하는 기존 누전차단기에 적용된 누설전류 검출회로이다. ZCT로 검출한  $I_g$  신호를 증폭하고, 이것을 기준값과 비교하여 누전 차단 신호를 전달하는 회로이다. 그러므로 저압용 전선로에  $I_g$ 가 흐르면 적절하게 검출하여 감전 사고를 예방할 수 있으나  $I_{gc}$ 가 많이 포함된 전류가 전선로에 흐르면  $I_{gr}$ 을 분리할 수 있는 기능이 없어서 차단기가 오동작 하거나 전기화재를 예방할 수 없는 것이다.

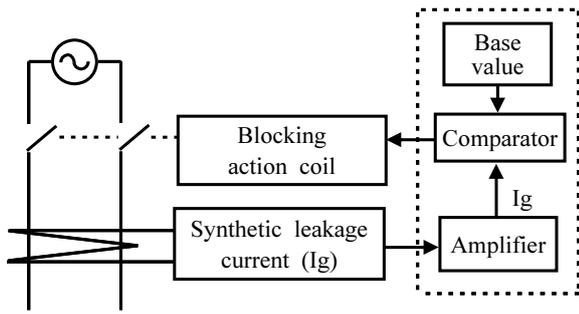
Figure 2(b)는 저압용 전선로에 흐르는  $I_{gr}$  즉, 화재전류를 실시간 검출하기 위한 구성 회로를 나타낸 것이다. ZCT로 검출한  $I_g$  신호를 전원의 반주기마다 디지털 적분을 한 후 이것을 기준값과 비교하여 누전 차단 신호를 전달한다. 개발된 누전경보 차단회로는 기존의 회로에 비하여 전선로에 흐르는  $I_{gr}$ 을 실시간 감시할 수 있고,  $I_{gr}$ 이 설정 기준치에 도달하면 경보 신호를 발생할 수 있다. 개발된  $I_{gr}$  검출 회로는 기존의 누설전류 검출 회로보다 전압 검출, 동기 신호 발생부가 추가되었다. 즉, 저압용 전선로에 화재전류가 흐르면 그 값을 실시간 적분하여 설정된 값에 도달하면 위험 상태를 실시간 경보하여 전기화재를 예방할 수 있는 것이다<sup>(9-11)</sup>.

### 4. 개발된 누전경보차단기의 안전성 평가

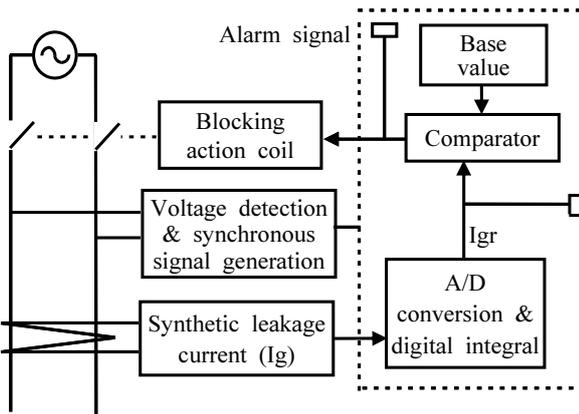
Figure 3은 저압용 전선로에 화재전류( $I_{gr}$ )가  $13 \pm 2 \text{ mA}$  흐를 때 LED 램프가 점멸하는 기능이 내장된 누전경보차단기(LED Lamp 내장형)의 실제 사진을 나타낸다. 단상 220 V 전용으로 2 P이며, LED 램프로 화재전류를 실시간 경보할

Table 1. Comparison of Properties and Limits of General Breakers

Classification	General ELB	General ELD, NFSC 205	General MCCB
Installation Purpose	It is a function to prevent electric shock accidents in the human body and life.	It is installed in a three-phase power facility, and is a function to warn of short-circuit and ground accidents.	This function is designed to prevent accidents in electric facilities when overcurrent flows through electric power lines.
Characteristics	The operational current is 30 mA and the operating time is not more than 0.03 s. And anti-freeze operations are 15 mA.	Depending on the size of the leakage current, it is for 0.2 A, 0.5 A, 1.0 A, and it sends out sound signals of 70 dB or higher.	When the rated current is 30 A, it is cut off within 60 min if the over-current of 1.25 times flows. Then, if an over-current flow, which is twice the rated current, shuts down the circuit within 2 min.
Threshold Point	Although there is a function to prevent electric shock accidents on living organisms, the function of preventing electric fire for the 15 mA to 29 mA resistive leakage current is poor.	The alarm function for ground and short circuit accidents is not enough, but the functions of electric shock and fire prevention are very poor.	Although there are some functions to reduce the accident range of the electric facility, the functions to prevent electric shock accidents and electric fire are very insufficient.

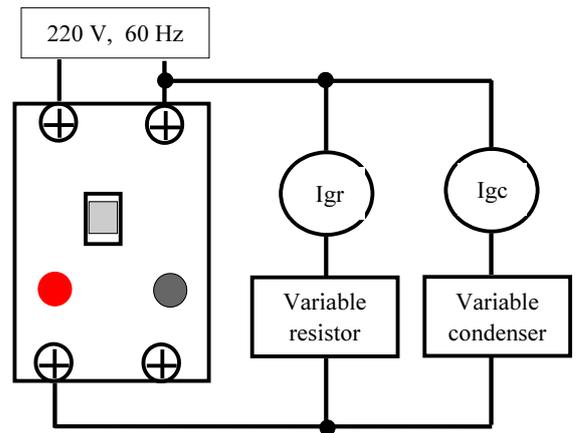


(a) Algorithm for detecting leakage current in a general earth leakage breaker

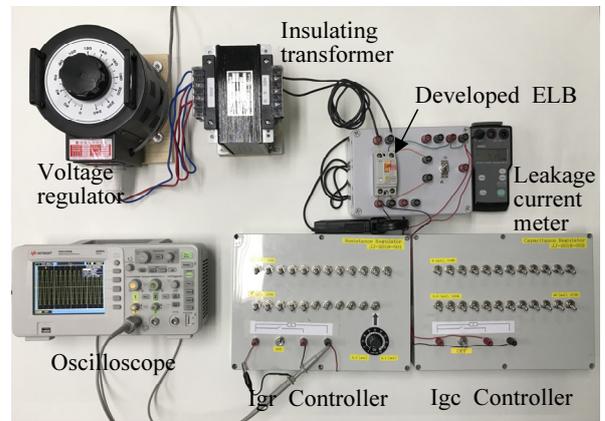


(b) An algorithm for detecting leakage current in the earth leakage breaker with built-in earth leakage alarm function

**Figure 2.** Constructing the circuit of the circuit for earth leakage alarm breaker and shut-off of resistive leakage current (Igr).



(a) Test circuit for Igr and LED lamp leakage current alarm



(b) Full picture for Igr detection and LED lamp testing

**Figure 4.** Detection of Igr and operation test of LED lamp of developed earth leakage alarm breaker.



(a) 16 A (b) 20 A (c) W/C, 20 A (d) 32 A

**Figure 3.** Real picture of the earth leakage alarm breaker with integrated real-time LED lamp alarm.

수 있는 누전경보차단기이다. 저압용 전기설비의 용량 및 장소에 적합하도록 각각 개발하였으며, 기존의 고감도형 누전 차단기의 특성 및 조건을 동시에 만족하고 있는 제품이다.

Figure 4는 개발된 누전경보차단기의 Igr 검출 및 LED 램프의 점멸 기능을 평가하기 위한 회로를 나타낸 실제 사진이다. 실험의 안전성과 신뢰성을 동시에 확보하기 위해 절연변압기(단상 220 V, 60 Hz, 1 kVA, 한일테크(주), Korea)를 전단에 설치하였으며, 슬라이다스(단상 220 V, 60 Hz, 1 kVA, 대광슬라이다스, Korea)를 이용하여 안정된 전

압을 일정하게 공급하였다. 화재전류 Igr의 허용 범위는 일반용은  $13 \pm 2$  mA이며, 화장실용은  $7 \pm 2$  mA에서 동시에 LED 램프가 점멸해야 한다. 안전성 평가를 위한 회로를 구성하고, 전원스위치를 ON한다. 그리고 Igc를 0으로 하고, LED 램프가 점멸할 때 까지 Igr을 증가시키고, 이때의 Igr 값을 기록한다. 그리고 Igc는 0에서 50 mA 또는 90 mA까지 증가시켜 반복 실험을 실시하였으며, 각각의 단계는 10 mA이다. 실시간 측정값은 Table 2와 같으며, 개발된 제품 16 A, 20 A, 32 A 모두가 적합한 것으로 판정되었다.

Table 3은 Figure 4와 동일한 회로에서 화재전류 Igr의 누전 차단 시험을 실시한 결과이다. Igc를 0으로 하고, 누전경보차단기가 차단될 때까지 Igr을 증가시켰다. 고감도형 누전차단기의 차단전류의 상한 값은 30 mA 이하이며, 개발된 누전경보차단기의 누전차단 특성은 모두 적합한 것으로 확인되었다. 즉, LED 램프, 통신기기, 전자기기 등에서 필연적으로 발생되는 Igc에 내성이 있어서 안정적으로 전기의 사용이 가능하게 되었다.

Table 4는 Figure 4와 동일한 회로에서 합성누설전류 Igr의 누전 차단 시험을 실시한 결과이다. Igc를 0으로 하고,

**Table 2.** Igr Detection of Developed Earth Leakage Alarm Breaker and Test Results of LED Lamp

D-type 16 A	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	13.3	13.2	12.9	13.0	13.0	12.7
	LED Lamp	ON	ON	ON	ON	ON	ON
D-type 20 A	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	13.6	13.7	13.8	13.7	14.3	14.4
	LED Lamp	ON	ON	ON	ON	ON	ON
D-type 20 A W/C	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	7.9	9.0	9.0	7.8	7.9	8.2
	LED Lamp	ON	ON	ON	ON	ON	ON
D-type 32 A	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	13.8	13.8	13.0	12.9	12.2	12.2
	LED Lamp	ON	ON	ON	ON	ON	ON

**Table 3.** Test Results on the Blocking Characteristics of the Developed Earth Leakage Alarm Breaker with Increasing Igr

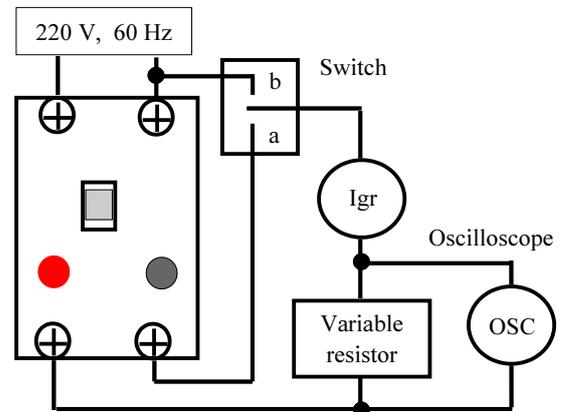
D-type 16 A	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	23.0	23.1	22.8	22.9	23.0	22.9
	Judgement	OK	OK	OK	OK	OK	OK
D-type 20 A	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	23.7	23.6	24.1	24.5	24.2	25.3
	Judgement	OK	OK	OK	OK	OK	OK
D-type 20 A W/C	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	12.2	13.1	13.2	12.3	13.1	13.6
	Judgement	OK	OK	OK	OK	OK	OK
D-type 32 A	Igc [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igr [mA]	23.6	23.4	30.0	29.8	22.6	22.7
	Judgement	OK	OK	OK	OK	OK	OK

누전경보차단기가 차단될 때까지 Igr을 증가시켰다. 고감도형 누전차단기의 차단전류의 상한 값은 30 mA 이하이며, 개발된 누전경보차단기의 누전차단 특성은 모두 적합한 것으로 확인되었다. 즉, LED 램프, 통신기기, 전자기기 등에서 필연적으로 발생하는 Igc에 내성이 있어서 안정적으로 전기의 사용이 가능하게 되었다.

Figure 5는 개발된 누전경보차단기의 순간지락 정전보호 기능을 평가하기 위한 회로를 나타낸 실체 사진이다. Figure 5와 같이 회로를 구성하고 스위치를 a로 한 다음 전원스위치를 ON한다. 가변저항기를 조정하여 Igr이 15 mA일 때 스위치를 b로 하고, 이때 차단기가 동작하는지, 부동작 하는지를 확인하고 기록한다. 그리고 스위치를 a로 한 다음 가변저항기를 조정하여 Igr이 30 mA일 때 스위치를 b로 하고, 이때부터 차단기가 차단될 때까지 가변저항기의 전원전압과 같음을 오실스코프(Oscilloscope, FLUKE, 40421, Japan)로 기록한다. Igr의 허용 범위는 15 mA에서 부동작,

**Table 4.** Results of the Leakage Breaker Test for Ig

D-type 16 A	Igr [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igc [mA]	93.3	93.5	93.8	93.7	91.3	93.2
	Judgement	OK	OK	OK	OK	OK	OK
D-type 20 A	Igr [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igc [mA]	90.6	90.6	90.7	90.6	99.8	98.5
	Judgement	OK	OK	OK	OK	OK	OK
D-type 32 A	Igr [mA]	0	10	20	30	40	50
	Igc [mA]	90.5	90.4	90.3	98.3	91.8	91.1
	Judgement	OK	OK	OK	OK	OK	OK



**Figure 5.** A circuit for assessing the capability of the momentary ground outage protection of a developed earth leakage alarm breaker.

**Table 5.** The Results of the Assessment of the Instantaneous Earthing Electrostatic Protection Function

D-type 16 A	Igr mA	15	30	60	90
	Delay Time ms	-	202	100	30
	Judgement	OK	OK	OK	OK
D-type 20 A	Igr mA	15	30	60	90
	Delay Time ms	-	190	108	38
	Judgement	OK	OK	OK	OK
D-type 32 A	Igr mA	15	30	60	90
	Delay Time ms	-	202	96	34
	Judgement	OK	OK	OK	OK

25~45 mA에서 180~220 ms, 46~75 mA에서 180~120 ms, 76 mA 이상에서 40 ms 이하이다. 개발된 누전경보차단기의 평가 결과에서 알 수 있듯이 모든 항목에서 적합한 것으로 평가되었고, 순간지락 정전보호 기능이 있어서 전원 품질이 기존 누전차단기에 비해 우수한 것이 입증되었다.

Figure 6은 개발된 누전경보차단기의 대기전력 특성을 해석하기 위해 구성된 회로와 실체 사진을 나타낸 것이다. 대기전력의 측정은 Figure 6과 같이 회로를 구성하고, 대기

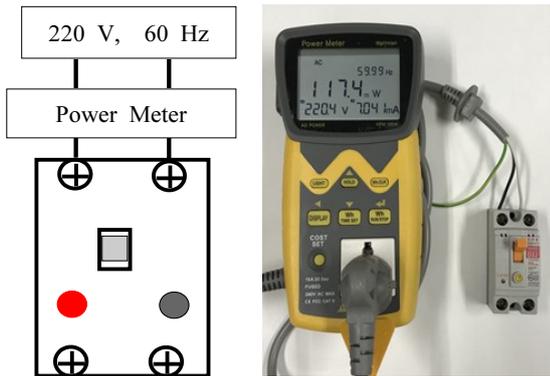


Figure 6. Standby power measurement of developed earth leakage alarm breaker.

전력측정기(Power meter, ADpower Co., Korea)를 사용하여 소비전력을 측정하여 기록한 것이다. 먼저 시험버튼을 눌러 차단기가 작동하는지 여부를 기록하고, 개발된 각각의 누전경보차단기의 대기전력을 측정하는 것이다. 시판되는 기존 누전차단기의 대기전력은 0.3~0.8 W인 것에 비하면 개발된 누전경보차단기는 0.1 W 정도로 측정되었다. 즉, 일반 120 m<sup>2</sup>의 아파트 1 세대에 10개 정도의 차단기가 설치되므로 개발된 누전경보차단기를 1 개월 사용하면 2~5 kWh의 에너지를 절감할 수 있는 것이다.

## 5. 결 론

누전경보 기능이 내장된 저압용 누전경보차단기를 개발하였고, 그 특성을 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 개발된 누전경보차단기는 기존 누전차단기의 특성을 모두 만족하였고,  $13 \pm 2$  mA의 화재전류(Igr)가 흐르면 LED 램프가 점멸되어 전기화재의 위험성을 알리는 기능이 검증되었다.

2) 개발된 누전경보차단기는 LED 램프 및 통신기기 등에서 필연적으로 발생하는 Igc에 대한 내성이 있어서 안정적으로 전기의 사용이 가능한 제품이다.

3) 개발된 누전경보차단기는 순간지락 정전보호 기능이 있어서 작은 물방울 및 나뭇잎 등의 순간 유입에 따른 차단기의 차단이 없이 전원을 공급하는 것을 확인하였다.

4) 개발된 누전경보차단기의 대기전력은 0.1 W 이하로 기존 누전차단기에 비해 절전 성능이 3~8배 우수한 특성을 나타냈으며, 일반 120 m<sup>2</sup>의 아파트 1 세대에 10개 정도의 차단기가 설치되었을 때 1 개월에 2~5 kWh의 전기를 절감할 수 있다.

이상의 결과에서 알 수 있듯이 개발된 누전경보차단기는 기존 누전차단기의 특성을 완벽하게 만족할 뿐만 아니라 전기화재 예방기능 및 오동작 방지기능이 있어서 전원 품질이 우수하고, 전기화재 예방에 혁신적으로 기여할 것이다.

## 후 기

본 연구는 전라북도 혁신성장 R&D+사업(과제번호: RA201909-5-C3)의 지원에 의해 수행되었으며, 연구의 완성도를 높이는데 기여해 주신 서울대학교 한송엽 교수님과 관계기관의 관계자들에게 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

## References

1. S. W. Cho, "A Statistical Analysis on the Electrical Accident", KESCO, pp. 18-333 (2019).
2. C. S. Choi, "Study of the method to Examine the Cause of Damage to a Flat-Type Vinyl Cord (VFF) according to the Type of Energy Source", Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 25, No. 6, pp. 21-26 (2011).
3. C. S. Choi and J. H. Lee, "Carbonization Patten and Operation Characteristics of a 1  $\phi$  2 W MCCB Damaged by PCITS", Fire Science Engineering, Vol. 28, No. 5, pp. 8-13 (2014).
4. C. S. Kim, S. Y. Han and C. S. Choi, "Development and Safety Estimation of Resistive Leakage Current (Igr) of Detection Outlet", KIEE, Vol. 58P, No. 2, pp. 221-226 (2009).
5. C. S. Choi, "Analysis of the Principle and Operation Characteristics of an (Igc-Free ELB) Operated by an Active Component", KIEE, Vol. 59P, No. 20, pp. 456-461 (2010).
6. B. S. Lee and C. S. Choi, "A Study on the Fabrication of the Sensor Module for the Detection of Resistive Leakage Current (Igr) in Real Time and Its Reliability Evaluation", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 33, No. 1, pp. 28-34 (2018).
7. W. S. Ko and C. S. Choi, "Development of a Test Device to Evaluate Leakage Current and Overload Alarms", Proceedings of 2018 Fall Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 99-100 (2018).
8. W. S. Ko, D. I. Kang and C. S. Choi, "Development and IGR Characteristics of the Earth Leakage Breaker with Built-in Fire Current Warning Function", Proceedings of 2019 Fall Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, p. 40 (2019).
9. ETECKorea Company, "Residual Current Circuit Breaker with Cut-off Protection due to Instant Grounding and Residual Current Alarm", Korean Intellectual Property Office, Patent Number 10-1969922 (2019).
10. ETECKorea Company, "Earth Leakage Breaker for Large Charge Current Electric Lines", Korean Intellectual Property Office, Patent Number 20-0453295 (2018).
11. ETECKorea Company, "Power Saving Type Earth Leakage Breaker", Korean Intellectual Property Office, Patent Number 10-1487282 (2018).