

저항성 누설전류(I_{gr}) 검출 콘센트의 개발 및 안전성 평가

논문
58P-2-21

Development and Safety Estimation of Resistive Leakage Current(I_{gr}) of Detection Outlet

김창성* · 한송엽** · 최충석†
(Chang-Soung Kim · Song-Yop Hanh · Chung-Seog Choi)

Abstract - In this paper, we analyzed form of flowing leakage current in electrical installation. Leakage current (I_g) is consisted of resistive leakage current(I_{gr}), capacitive leakage current(I_{gc}), and inductive leakage current(I_{gl}). Resistive leakage current(I_{gr}) is big occasion than capacitive leakage current(I_{gc}) in system. Residual Current Protective Device(RCD) detects correctly leakage current. But, I_{gc} is big occasion than I_{gr} , RCD is malfunctioned. It is resistance to lead to electric fire in electrical device. We manufactured outlet that resistive leakage current detecting circuit is had. Manufactured outlet displayed performance exactly in leakage current of 5 mA. Therefore, this product estimates that contribute on electric fire courtesy call.

Key Words : Resistive Leakage Current, Capacitive Leakage Current, Inductive Leakage Current, RCD, Electric Fire

1. 서 론

생산된 전기가 소비자까지 적절하게 공급되기 위해서는 필연적으로 접촉점이 발생하게 된다. 전기에너지의 분배에 활용되는 대표적인 것이 콘센트(electric outlet)이다. 콘센트는 전원의 종별에 따라 단상용(single phase)과 3상용(three phase) 등으로 나누어진다. 주택, 사무실, 교실 등에서 사용되는 대부분의 것이 단상용이고, 공장이나 공연장 등과 같이 용량이 큰 설비에는 3상용을 사용한다. 그런데 콘센트 내부에 누전 경로(leakage current path) 형성 또는 연결기에 누설전류가 허용 값 이상으로 흐르면 감전사고(electric shock), 전기 화재(electric fire) 또는 전기 설비 사고(electric installation accident) 등의 원인이 되기도 한다 [1,2].

옥내용 설비에 사용되는 콘센트는 플러그 핀 삽입 구멍과 전선 삽입 구멍에 적절한 압력이 형성되도록 제작된다. 플러그 핀 삽입 구멍에 장착된 칼날이는 물리적으로 견고해야 할 뿐만 아니라 전기적 특성도 우수해야 한다. 그러나 부적절한 사용 및 공사 등에 의해서 열화(deterioration)가 계속 되면 사고로 이어지는 경우가 있다. 또한, 콘센트는 전기설비 기계기구에 전원이 공급되는 마지막 연결기구 일뿐만 아니라 사고의 감지도 가장 쉬운 기기이다[3].

감전사고, 전기화재 및 전기설비사고의 예방을 위해 일반적으로 사용되는 누전차단 또는 누전경보 시스템의 대표적

인 기기가 누전차단기(RCD; Residual Current Protective Device)이다[4]. RCD는 국가별로 호칭이 약간 다르나 기능은 같다. 일본은 ELB(Earth Leakage Breaker), 미국과 캐나다는 GFCI 또는 GFI(Ground Fault Circuit Interrupter), 영국은 ELCB 또는 ELB(Earth Leakage Circuit Breaker), 유럽은 RCCB 또는 RCB(Residual Current Protective Device) 등으로 표시한다. 누전차단기는 누전에 의한 감전해 및 전기 화재, 아크 지락에 의한 전기설비 사고를 방지할 목적으로 사용하는 차단기로서 1928년 서독에서 충전부에 접촉된 인체에 흐르는 전류를 영상변류기로 검출하여 피해 발생 전에 회로를 고속 차단할 목적으로 최초 적용하였다[5]. 그 당시에는 인체 통전 전류의 한계치를 50 [mA · sec]로 설정하고, 10배의 안전율을 취하여 정격동작전류 50 [mA]인 누전차단기가 0.1 [sec] 이내에 차단이 완료되면 인체보호는 물론 누전화재까지 예방할 수 있는 것으로 알려졌다. 1939년 영국에서는 전압동작형 누전 차단 방식이 연구 발표되었다[6,7].

Biegelmeier의 연구 결과로 안전 한계 범위는 더욱 구체화되어 1969년 이후에는 IEC TC-64를 새롭게 보완하게 되었다. 영국은 현재까지 전압동작형 RCD를 사용하고 있으나 누전으로 인한 피해는 누설전압보다 누설전류에 의해 많은 영향을 받으므로 1960년대부터 독일이나 프랑스 등 대부분의 나라에서는 전류동작형이 적용되고 있다.

누전차단기의 누설전류는 영상변류기(ZCT; Zero phase Current Transformer)에 의해 전류의 입·출력 차이를 검출하고 영상변류기의 출력신호를 증폭하여 차단 동작하도록 되어있다. 또한, 바이메탈의 간격 변화에 의해 과부하를 검출하여 동작한다. 누전차단기가 작동하기 위해서는 정확한 누설전류를 검지하는 것이 전기화재 예방의 가장 중요한 인자이다. 전기설비의 회로에 이상이 발생하여 누설되는 전체 누설전류(I_g)는 저항성 누설전류(I_{gr}), 용량성 누설전류(I_{gc}),

* 정회원 : (주)위너스 대표이사

** 펠로우회원 : 서울대학교 명예교수 및 (주)에넬 대표이사·공학

† 교신저자, 정회원 : 전주대학교 소방안전공학과 교수·공학

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

접수일자 : 2009년 4월 19일

최종완료 : 2009년 5월 12일

유도성 누설전류(I_{gl})의 벡터합(vector sum)으로 나타난다. 그런데 전기화재 발생의 실질적 요소는 저항성 누설전류(I_{gr})이며, 용량성 누설전류(I_{gc})는 회로 및 시스템의 오동작을 유발시키는 성분으로 작용하여 기기나 장치의 신뢰성 저하는 물론 생산성 향상에도 장애 요인이 된다.

오동작을 유발시키는 용량성 누설전류(I_{gc})는 컴퓨터, 냉장고, 세탁기, 가로동, 인버터, 형광등, 전동기, 용접기 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 화재로 인명과 재산의 손실이 발생하는 것이다.

따라서 본 연구에서는 전기설비의 말단에 설치되는 콘센트에 저항성 누설전류 검출시스템을 내장함으로써 전기화재, 감전사고 및 전기설비사고 감소에 기여하고자 한다. 또한, 누설전류를 조기에 감지하여 사용자 또는 관리자가 적절히 정보를 제공함에 따라 전기 에너지의 효율적 운영에 기여하고자 한다.

2. 이 론

2.1 전선로의 합성 누설전류(I_g)

전기에너지를 사용하는 전기설비의 기기 또는 전선로의 기능이 열화(劣化)되거나 전선로에 접속된 전기기기의 대지 절연 저항이 저하되면 전선로에서 대지로 누설전류(leakage current)가 흐르고 이 값이 크면 전기화재 또는 감전 사고를 일으킨다. 또한, 대지 절연 저항이 열화된 전선로나 전기기기가 인체에 접촉되면 인체를 통하여 대지로 누설전류가 흐르고 이 값이 크면 감전으로 인명 사고가 발생한다. 이와 같은 누설전류를 저항성 누설전류(I_{gr})라 한다.

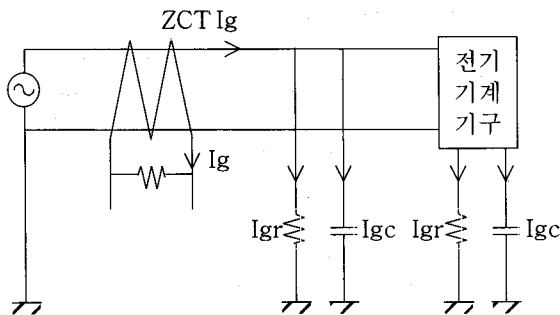


그림 1 누설전류 경로 및 전류 성분
Fig. 1 Leakage current route and ingredient

전선로에는 전선과 대지 사이의 정전 용량으로 항상 대지로 전류가 흐르고 전선로에 접속된 전기기기와 대지 사이에도 정전 용량이 있어 대지로 전류가 흐르고 있다. 이와 같은 용량성 누설전류(I_{gc})는 전기화재를 일으키지 않고 시스템의 오동작 요소로 작용한다. 그림 1은 시스템에서 발생하는 누설전류의 경로와 전류 성분을 나타낸 것이다[8-10].

전기설비에 흐르는 누설전류를 검출하는 영상변류기(ZCT; Zero phase current transformer)는 저항성 누설전류

(I_{gr})와 용량성 누설전류(I_{gc})가 합쳐진 합성 누설전류(I_g)가 검출된다. 저항성 누설전류(I_{gr})는 전압과 동상이고 용량성 누설전류(I_{gc})는 전압보다 위상이 90도 앞선다. 합성 누설전류(I_g)는 저항성 누설전류(I_{gr})와 용량성 누설전류(I_{gc})의 벡터 합으로 나타내며, 누설전류의 성분을 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

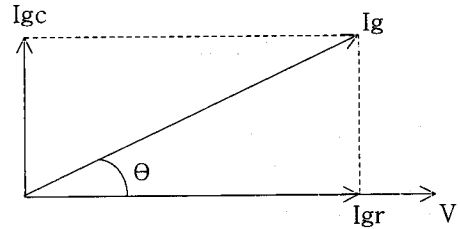


그림 2 누설전류의 성분 분포
Fig. 2 Ingredient distribution of leakage current

2.2 저항성 누설전류(I_{gr}) 검출

전기화재나 인체 감전 사고를 방지하기 위해서는 저항성 누설전류(I_{gr})를 검출하여 누전경보 또는 누전차단 하여야 한다. 그런데 영상변류기를 이용하여 검출한 합성 누설전류(I_g)에서 저항성 누설전류(I_{gr})를 분리하기가 쉽지 않기 때문에 대부분의 누전경보기 또는 누전차단기에서는 합성 누설전류(I_g)에 작동하는 누전경보기 또는 누전차단기를 제작하고 있다. 그림 3(a)에서와 같이 $I_{gr} > I_{gc}$ 인 경우, 합성 누설전류(I_g)와 저항성 누설전류(I_{gr})는 비슷하여 문제가 없지만, 그림 3(b)에서와 같이 $I_{gr} < I_{gc}$ 인 경우, 합성 누설전류(I_g)가 저항성 누설전류(I_{gr})와 크게 달라 문제가 된다. 즉 누전경보기 또는 누전차단기가 오동작을 하게 된다.

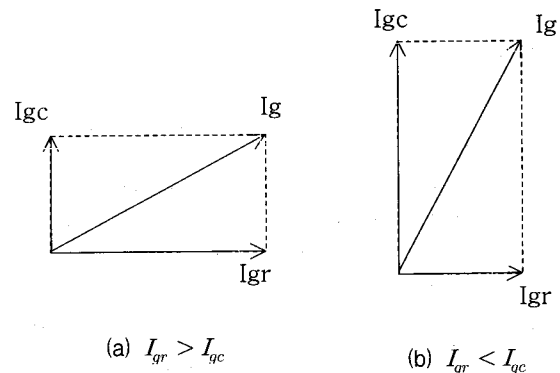


그림 3 저항성 누설전류(I_{gr})와 누설전류(I_g)의 관계
Fig. 3 Resistive Leakage Current(I_{gr}) and Leakage Current(I_g) relation

현재 국내의 가정에 설치되어 있는 고감도형 누전차단기의 동작 전류는 30[mA]로 설정하고 있기 때문에 저항성 누설전류(I_{gr})와 합성 누설전류(I_g)가 비슷하여 누전차단기의 동작전류로 합성 누설전류(I_g)를 이용하여도 큰 문제가 되

지 않는다. 그러나 부엌이나 목욕탕 같이 습기가 많은 곳 또는 컴퓨터실, 노래방기기, 정수기, 자판기, 통신기기 등 용량성 누설전류(I_{gc}) 발생이 많은 곳에서는 기존의 누전차단 시스템을 사용하는 경우 용량성 누설전류(I_{gc})에 의한 오동작이 자주 발생할 가능성이 많다. 또한, 누설전류 30[mA] 이하의 값에서도 화재의 발생이 가능할 뿐만 아니라 설비사고의 가능성을 배제할 수 없는 정밀기기가 대량 보급되고 있다. 따라서 국내에서도 미국, 캐나다 등의 선진국과 같이 안전한 전기사용 및 에너지의 효율적 사용(절감)을 위해서는 누전차단기의 동작 전류를 5~10[mA] 수준으로 낮추어야 하기 때문에 저항성 누설전류(I_{gr})시스템 또는 기기의 도입이 요구된다. 저항성 누설전류(I_{gr})의 검출 원리는 다음과 같이 설명이 가능하다.

단상회로에 공급되는 전원전압(v)은 정현파이므로 다음과 같이 나타낸다.

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

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

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

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

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

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.

$$Q = \sqrt{2} I_g \int_\pi^{2\pi} \sin(\omega t + \theta) d(\omega t) = -2\sqrt{2} I_g \cos \theta \text{ [A]}$$

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.

저항성 누설전류(I_{gr})는 합성 누설전류(I_g)를 전원의 반주기 동안 적분하여 얻을 수 있다. 그림 4는 저항성 누설전류 검출회로의 한 예이다. 우선 전원전압을 검출하여 동기신호 발생에 보내어 전원의 반주기 마다 동기신호가 발생하게 한다. 영상변류기에서 검출한 합성 누설전류를 반파적분기에

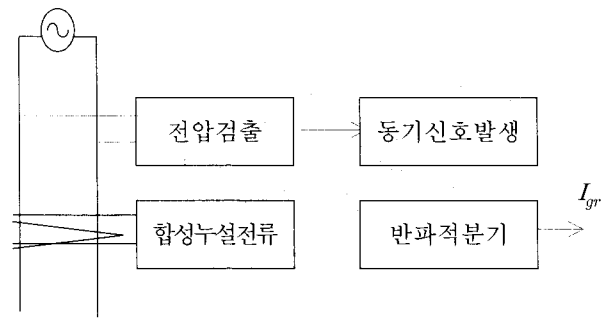


그림 4 저항성 누설전류(I_{gr})의 검출 회로

Fig. 4 Detecting circuit of resistive leakage current(I_{gr})

보내어 동기신호에 따라 전원의 반파 기간씩 적분하면 전원의 반파 마다 저항성 누설전류(I_{gr})가 얻어 진다[11].

3. 결과 및 고찰

그림 5는 개발된 콘센트의 외형을 나타낸 것이다. 콘센트 전면을 보았을 때 기존의 콘센트와 별다른 특이 사항은 알 수 없다. 일반적으로 사용되는 콘센트와 같이 플러그 구멍, 접지 단자, 지지대, 몸체 등으로 구성되어 있다. 단지 차이가 있다면 콘센트의 중앙 부분의 좌측에는 리셋(reset) 버튼이 있고, 우측에는 누전의 발생 상태를 나타내는 표시램프가 있다. 그림 5(a)는 전면을 나타낸 것이며, 그림 5(b)는 후면을 나타낸 것이다.

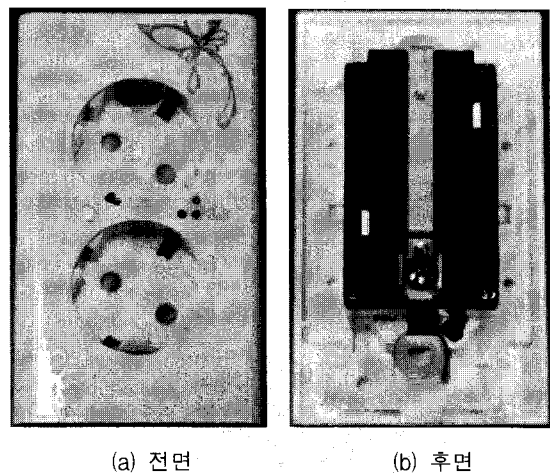
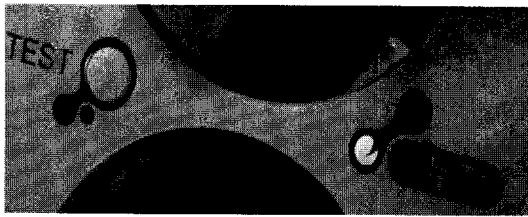


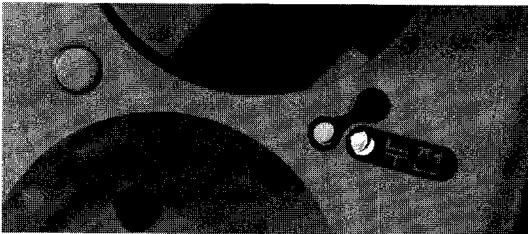
그림 5 개발된 콘센트의 외형

Fig. 5 External form of developed outlet

그림 6은 개발된 콘센트 전면의 표시부를 확대하여 나타낸 것이다. 그림 6(a)는 정상적으로 사용될 때의 그림으로 발광다이오드(LED; light-emitting diode)가 정상 위치에 점등되어 있다. 그림 6(b)는 콘센트 후단에서 어떤 이유에 의해 누설전류가 발생하였을 때의 상태를 나타낸 사진으로 누전 경보 위치에 LED가 발광하고 있는 것을 나타낸다. 즉 회로에 이상이 발생하여 누설전류가 흐르면 누전 표시등이 점멸됨으로써 관리자 또는 사용자가 신속히 적절한 조치가 가능하다는 장점이 있다.



(a) 정상 표시($I_q = 0$)



(b) 누전 발생($I_q \neq 0$)

그림 6 개발된 콘센트의 작동 상태
Fig. 6 Operated condition of developed outlet

그림 7은 누전 경보기능이 내장된 콘센트의 PCB 회로를 나타낸 실체사진이다. 회로는 정류 평활 및 정전압 회로, OP AMP, 파형변류 및 위상변경, 증폭회로, 누전 경보, 누전경보 동작확인 버튼(Switch), 전원 공급 확인, 누전경보 확인 등으로 구성되어 있다. 개발된 콘센트는 정상시에 기존의 콘센트와 동일한 기능을 발휘할 뿐만 아니라 전원이 공급되고 있다는 표시등(녹색 LED)이 있어서 안전사고 예방에 효과가 있다. 그런데 콘센트에 연결된 기기 또는 장치에서 누설전류가 기준치 이상으로 발생하는 경우 누전경보 램프(적색 LED)가 점등되도록 되어 있다. 따라서 관리자 또는 사용자가 표시등의 위험 신호를 쉽게 인지할 수 있도록 되어 있다.

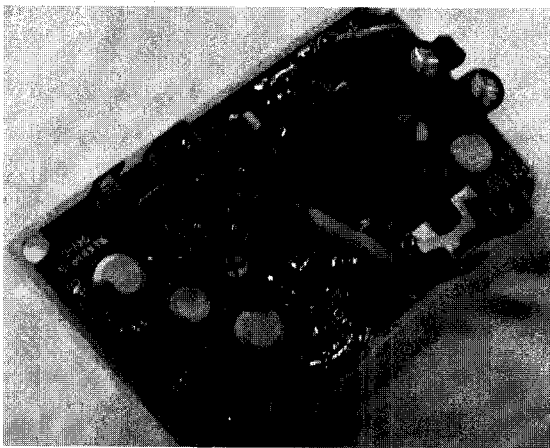
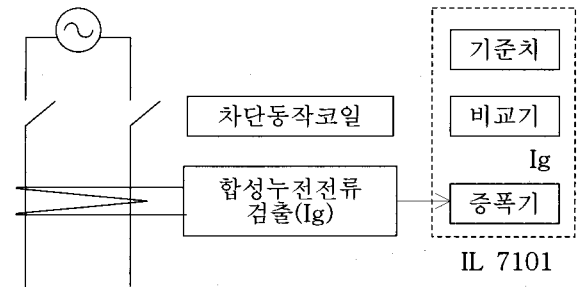


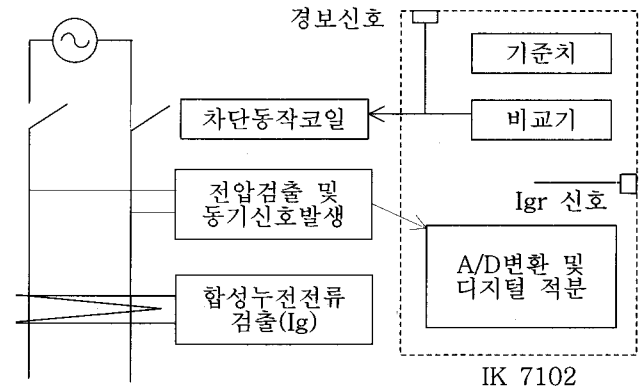
그림 7 누전경보 시스템의 PCB 회로
Fig. 7 PCB circuit of electric leakage alarm system

그림 8은 저항성 누설전류 검출을 위한 회로의 예를 나타낸 것이다. 그림 8(a)는 종래의 누전 검지회로를 나타낸 것이다. 영상변류기로 검출한 합성 누설전류(I_g) 신호를 IL 7101 Chip으로 증폭하고 이것을 기준치와 비교하여 누전차단

단 신호를 출력한다. 그림 8(b)는 저항성 누설전류(I_{gr})를 검출하기 위한 시스템의 회로를 나타낸 것이다. 영상변류기로 검출한 합성 누설전류(I_g) 신호를 IL 7102 Chip에서 전원의 반과 기간 마다 디지털 적분을 한 후 이것을 기준치와 비교하여 누전차단 신호를 출력한다. 개발된 IK 7102 Chip은 종래의 IL 7101 Chip에 비하여 전선로에 흐르는 저항성 누설전류를 상시 감시할 수 있고 저항성 누설전류가 어느 기준치에 도달하면 경보 표시 또는 신호를 할 수 있다. 따라서 개발된 저항성 누설전류 감지 누전차단 회로에서는 종래의 누전차단 회로에서 보다 전압 검출 및 동기 신호 발생부가 추가되었음을 알 수 있다[12-15].



(a) 종래의 누전검지 회로

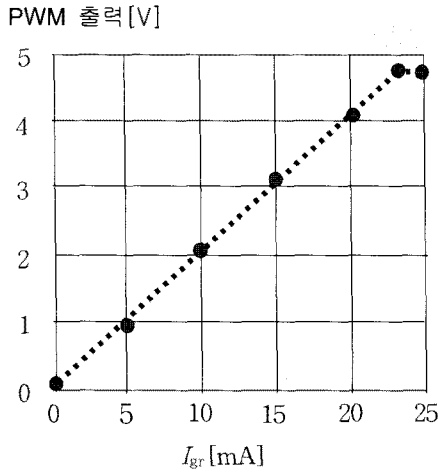


(b) 개발된 저항성 누설전류(I_{gr}) 경보회로

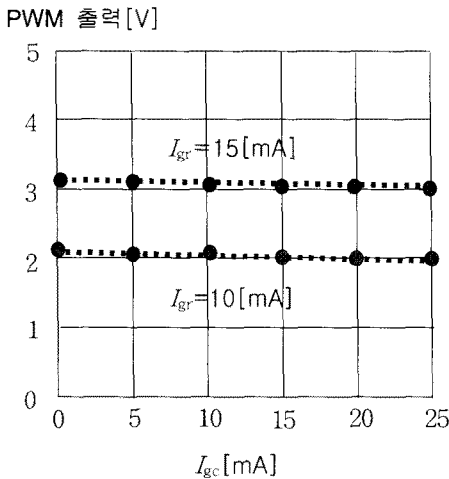
그림 8 누전 경보 시스템의 구성
Fig. 8 Composition of electric leakage alarm system

그림 9는 개발된 콘센트의 출력 전압특성을 측정하여 나타낸 그래프이다. 그림 9(a)는 회로에 저항성 누설전류(I_{gr})를 0~25[mA]까지 증가시켰을 경우 누설전류의 증가에 따라 일정한 비율로 출력 전압이 감지되므로 설비에 누설전류가 발생할 때 적절하게 설정된 값에서 회로를 차단할 수 있음을 알 수 있다. 그림 9(b)는 회로 내에 용량성 누설전류(I_{gc})를 증가 시켰을 때의 출력 전압을 나타낸 것이다. 저항성 누설전류를 일정하게 10 [mA]가 흘렀을 때 출력 전압도 약 2.05[V]로 일정하며, 회로 또는 시스템 내에 용량성 누설전류(I_{gc})를 0~25[mA]까지 증가시켜도 출력 전압의 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 또한, 동일한 조건에서 저항성 누설전류(I_{gr})를 15[mA]로 증가시켜 실험을 한 결과 출력은 약 3.05[V]로 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 따라서 이와 같은

기능이 내장된 설비의 경우 사고의 위험인자인 저항성 누설 전류에만 정확히 작동하므로 전기화재 및 설비의 오동작 예방에 크게 기여할 것이다.[14-16]



(a) 저항성 전류의 변화



(b) 용량성 전류의 변화

그림 9 개발된 콘센트의 누설전류와 출력 전압의 측정 결과
Fig. 9 Leakage current of developed outlet and results of measurements of output voltage

저항성 누설전류 검출회로가 내장된 콘센트는 종래의 콘센트에서 기능을 수행할 수 없는 화재 및 감전사고 예방이 가능하고 에너지 사용의 효율 향상에 기여할 수 있다. 즉 용량성 누설전류(I_{gc})가 큰 전선로(가로등, 다중이용시설, 용접기, 지중케이블 등), 고조파 또는 고주파 누설전류가 큰 전선로(형광등, 에어컨, 인버터 구동 전기기기, 통신용 기기 등), 고감도(5/10/15 mA급) 설비가 설치된 곳(부엌, 식당, 정수기, 자동판매기, 의뢰기, 컴퓨터 등)에 적합할 것으로 판단된다.

4. 결 론

전기화재 예방을 위한 저항성 누설전류 검출 시스템이 내

장된 콘센트를 개발하고 전기안전성 검토를 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 개발된 콘센트는 정상시에 기존의 콘센트와 동일한 기능을 발휘할 뿐만 아니라 전원의 공급되고 있다는 표시등(녹색 LED)이 있어서 안전사고 예방에 효과가 있다. 그런데 콘센트에 연결된 기기 또는 장치에서 누설전류가 기준치 이상으로 흐르는 경우 누전경보 램프(적색 LED)가 점등되도록 되어 있다. 따라서 관리자 또는 사용자가 표시등의 위험신호를 쉽게 인지할 수 있도록 되어 있다.

(2) 누전 경보기능이 내장된 콘센트의 PCB 회로는 정류 평활 및 정전압 회로, OP AMP, 파형변류 및 위상변경, 증폭회로, 누전 경보, 누전경보 동작확인 버튼(Switch), 전원 공급 확인, 누전경보 확인 등으로 구성되어 있다.

(3) 개발된 저항성 누설전류 감지 누전차단 회로에서는 종래의 누전차단 회로에서 보다 전압 검출 및 동기 신호 발생부가 추가되었다.

(4) 회로에서 저항성누설전류(I_{gr})를 0~25[mA]까지 증가시켰을 경우 누설전류의 증가에 따라 일정한 비율로 출력 전압이 감지되므로 설비에 누설전류가 발생할 때 적절하게 설정된 값에서 회로를 차단할 수 있다.

(5) 저항성 누설전류를 일정하게 10 [mA]가 흘렀을 때 출력 전압도 약 2.05[V]로 일정하며, 회로 또는 시스템 내에 용량성 누설전류(I_{gc})를 0~25[mA]까지 증가시켜도 출력 전압의 변화가 거의 없다.

(6) 저항성 누설전류 검출회로가 내장된 콘센트는 종래의 콘센트에서 수행할 수 없는 화재 및 감전사고 예방이 가능하고 에너지 사용의 효율 향상에 기여할 수 있다. 즉 용량성 누설전류(I_{gc})가 큰 전선로(식당, 컴퓨터실, 가로등, 다중이용시설, 용접기, 지중케이블 등), 고조파 또는 고주파 누설전류가 큰 전선로(형광등, 에어컨, 인버터 구동 전기기기, 통신용 기기 등), 고감도용 누전차단기가 설비가 설치된 곳(부엌, 식당, 목욕탕 등)에 적합할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 최충석 외 5, "전기화재공학", 도서출판 동화기술, pp.189~197, 2004.
- [2] 최충석 외 3, "직렬아크에 따른 도체의 산화물 증식 및 전압 파형 분석", 대한전기학회논문지, Vol.55P No.3, pp.146-152, 2006.
- [3] 한국산업규격, KS C IEC 60884, 기술표준원, 2005.
- [4] 한국공업규격, KS C 4613, 기술표준원, 2005.
- [5] Kurt Nowak, "Zwanzig Jahre FI-Schutzschaltung Chronologie und Entwicklung varianten" pp.7-9, aus de 16/1978.
- [6] A.W. Smoot, N. Magan, "Method of Calculating electrical body impedance and equipment for measuring leakage currents", p.298, Underwriters Laboratories, USA, 1985.
- [7] Koepfen, "Electrounfälle und ihre Einfluß größen aus medizinischer Sicht", Heft 6. Seite 168 bis 173, März. 1966.
- [8] 다카카모나오히로, 사카이구니요시, 데라카미요시카즈, "저항 측정 방법", 대한민국특허청, 공개번호 10-2004-0071673, 2004. 08. 12.

- [9] 오노다께미, “누전전류차단 및 방법”, 국제특허, 국제공개번호 WO2006/035519, 2006. 04. 06.
- [10] 김보경, “저압 선로의 활선 절연 감시장치”, 대한민국특허청, 공개번호 20-0401675, 2005. 11. 14.
- [11] 최충석, 한송엽, “전기설비의 저항성 누설전류 검출 및 특성 해석에 관한 연구”, 전기설비전문위원회 추계학술대회 논문집, pp.301-304, 2008.
- [12] 함승진, 한송엽, 고창섭, “새로운 저항성 누설전류 측정 방법”, 대한전기학회 논문지, Vol. 56, No. 8, pp.1397-1404, 2007. 08.
- [13] 한송엽, “대지저항성 누설전류 측정기(Analog Multiplier 사용)”, 대한민국특허청, 공개번호 10-0771583, 2007. 10. 24.
- [14] 한송엽, “대지저항성 누설전류 측정기(Integrator 사용)”, 대한민국특허청, 출원번호 10-2007-0064655, 2007. 06. 28.
- [15] 한송엽, “Measuring Instrument for an Electric Current Leakage”, PCT / KR2007 / 003732, 2007. 08. 02.

저 자 소 개



김 창 성 (金 昌 性)
 1960년 9월 8일생. 1988년 유한대학 금형설계과 졸업. 1982~1995년 (주)두남 개발부장. 1996~2003년 (주)일신기전 대표이사. 2004년~현재 (주)위너스 대표이사.
 Tel : 031-534-8632
 Fax : 031-534-8636
 E-mail : csk-331@hanmail.net



한 송 엽 (韓 松 曄)
 1963년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1967년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1979년 프랑스 로렌공과대학 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1985년~1986년 프랑스 그레노블대학 방문교수. 1995년~1998년 한국전기연구원 이사. 1994년~1998년 한국전력공사 이사. 1968년~2004년 서울대학교 공과대학 전기공학과 교수. 2004년~현재 서울대학교 명예교수. 2007년~현재 (주)에렐 대표이사
 Tel : 02-880-7646
 Fax : 02-883-0827
 E-mail : syhahn@snu.ac.kr



최 충 석 (崔 忠 錫)
 인하대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원전기공학과 졸업(박사). 1993년 나고야대학 초청연구원. 1994~1995년 구마모토대학객원연구원. 2006. 3~2006년 12월 서울대학교 산업안전최고전략과장 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