

## 반도체 스위칭 소자를 이용한 고속 고정밀의 전기화재 방재장치

郭東杰<sup>†</sup>A Electrical Fire Disaster Prevention Device of High Speed and High Precision  
by using Semiconductor Switching Devices

Dong-Kurl Kwak

## 요 약

최근 저압 배전계통에서 사용되고 있는 과부하검용 누전차단기 즉, RCD의 저조한 응답특성으로 인한 전기화재 원인의 대부분을 차지하는 단락사고 및 과부하사고에 대한 대응이 매우 미흡한 실정이다. 이에 본 논문에서는 기존 RCD에 대한 모의 사고실험을 통하여 그 비신뢰성을 확인하고, 이러한 RCD의 단점을 개선하고자 내구성과 속응성이 우수한 반도체 스위칭 소자들과 고정밀 전류센서를 이용한 "전기화재 방재장치(EFDPD: Electrical Fire Disaster Prevention Device)"를 제안하여 저압 배전계통에서의 단락 및 과부하사고로 인한 전기화재를 방지하고자 한다. 제안한 장치의 고정밀 전류센서로 사용된 리드스위치는 각종 전기사고에서 수반되는 단락전류 및 과전류에 의한 배전선로의 상승된 자속을 정밀 감지한 후, 자체 차단장치를 동작시키는 원리를 가진다. 다양한 동작특성 분석을 통하여 기존의 차단기와 비교하여 차단동작 응답속도와 그 신뢰성이 입증된다. 이로써 제안한 전기안전 제어장치는 기존 RCD들의 빈번한 오동작과 비신뢰성, 저조한 응답특성으로 인한 각종 전기사고 및 전기화재의 발생을 방지하고자 한다.

## ABSTRACT

Recently as the inactive response characteristics of the existing RCD used on low voltage power distribution system, so control of overload and electric short circuit faults, major causes of electrical fires, are not enough. Therefore, this paper confirms the unreliability of the existing RCD by electrical fault simulator and proposes a EFDPD by using semiconductor switching devices and a high precision current sensor (namely, reed switch) for the prevention of electrical disasters in low voltage power distribution system caused by overload or electric short circuit faults. The sensitive reed switch in the proposed EFDPD exactly detects the increased magnetic flux with the overload or the short current caused by a number of electrical faults, and the following, the self circuit breaker in EFDPD rapidly cuts off the system. The proposed EFDPD confirms the excellent characteristics in response velocity and accuracy in comparison with the conventional circuit breaker through various operation performance analysis. The proposed EFDPD can also prevent electrical disasters, like as electrical fires, which resulted from the malfunction and inactive response characteristics of the existing RCD.

**Key Words** : RCD, Electrical fire, Reed switch, EPDPD, Overload, Short circuit faults

## 1. 서 론

<sup>†</sup>교신저자 : 정회원, 강원대 방재전문대학원 조교수

E-mail : dkkwak@kangwon.ac.kr

접수일자 : 2009. 8. 16

1차 심사 : 2009. 9. 16

심사완료 : 2009. 9. 19

오늘날 전기제품들의 다양화, 대용량화와 더불어 전기화재로 인한 인명 및 재산피해도 증가하고 있는 실

정이다. 전기화재를 비롯한 전기재해의 발생을 방지하기 위하여 다양한 종류의 보호기기들이 개발되어 있으나, 국내의 전기화재 발생은 여전히 높은 비율을 차지하고 있다. 보호기기의 개발과 적용에는 기기의 성능, 비용, 현장적용의 수월성 등이 고려되나, 무엇보다도 현재의 전기재해를 획기적으로 저감시킬 수 있는 기기 및 장치의 성능확보가 중요할 것으로 고려된다. 1998년부터 2007년까지 국내 전기화재 발생현황을 보면, 그림 1에서 나타난 바와 같이 발생건수는 1998년의 10,897에서 연평균 0.78%가 감소하여 2007년에는 9,091건이 발생한 것으로 나타났다.<sup>[1,2]</sup> 2001년도 31.5%를 기점으로 점차 점유율이 감소하는 추세로 2006년도에는 29.5%로써 21년만에 30%이하의 점유율을 차지하였다. 상기 도표에서 2007년의 총 화재건수가 전년대비 약 26% 증가한 사유는 전년의 경우 소형 가스폭발, 지역 임야화재 및 기타 소규모 화재를 화재건수로 산정하지 않았으나, 2007년부터 국가화재분류체계 개선에 의하여 화재건수로 산정되었기 때문이다. 이러한 전기화재의 비중이 줄어들고는 있지만, 여전히 점유율 1위를 차지하는 것을 볼 때,<sup>[1]</sup> 전기화재를 예방하여 전체 화재건수를 줄이는 것이 화재로부터 국민을 보호하는 중요한 정책수단이 됨을 알 수 있다. 더욱이 국내 소방분야는 소방전기설비의 화재감지설비와 소방기계설비의 화재진압설비에만 중점적으로 다루고 있어 전기화재를 사전에 방지하기 위한 장치개발 등 근본적 대책 강구에는 크게 미흡한 실정이다.

2007년도의 전기화재의 원인별 비율을 분석해보면, 그림 2와 같이 전기화재는 총 9,031건이 발생하여 이중 단락사고에 의한 화재가 전체의 58.0%인 5,241건이었으며, 다음으로 과부하에 의한 전기화재가 1,199건으로 13.3%를 점유하였고, 접촉불량으로 933건(10.3%), 그 외 기타(18.4%)로 분석된다.<sup>[2]</sup>

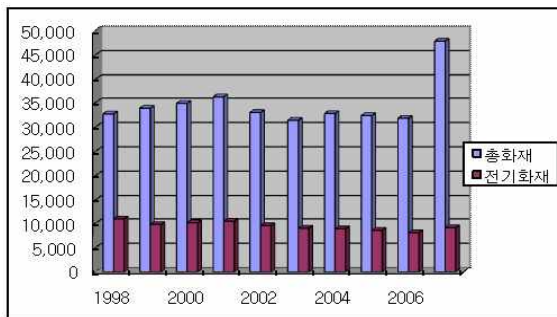


그림 1 최근 10년간 전체화재에 대한 전기화재의 비교분석  
Fig. 1 Relationship total fires and electric fires during the last ten years

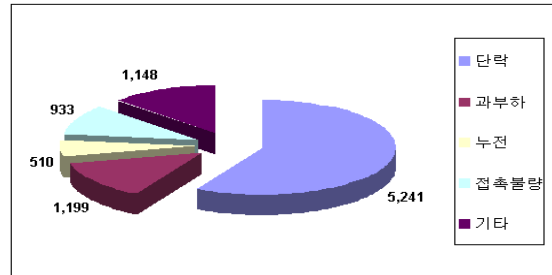


그림 2 2007년도 전기화재의 분석결과  
Fig. 2 Analysis results of electrical fires in 2007

따라서 단락사고와 과부하 사고가 거의 대다수 전기화재의 요인인 것을 알 수 있다. 특히 전기화재의 위험성은 이러한 1차적인 원인보다는 이들 사고에서 동반되는 아크(electric arc)나 스파크(spark)에 의한 주변 가연물질로 확대되는 2차적 영향에 의한 화재가 대다수이다.<sup>[3-6]</sup>

가정이나 산업현장 등의 저압 배전계통에 있어, 단락사고와 누전사고를 방지하기위해 배선용차단기 및 누전차단기를 사용하여 방지하도록 전기설비기술기준으로 정하고 있으며, 최근에 기준화된 “과부하검용 누전차단기(RCD: Residual Current protective Device)”의 설치가 대중화되어 있다.<sup>[7]</sup> 이들 RCD는 누전과 과전류사고를 감지하여 차단하는 장점은 있으나, 직접적인 전기화재의 위험요소인 단락 및 과부하사고에 의한 아크나 스파크 현상에 대한 차단기능은 거의 없는 것으로 분석된다.<sup>[8,9]</sup> 이것은 분전반에 적용되는 각종 차단기 및 RCD의 경우 정격차단시간이 30ms(국내, KSC 4613)로 정해져 있어, 더욱 짧은 폭의 레벨로 주기적으로 발생하는 아크나 스파크를 감지하지 못하기 때문이다. 그리고 이들 기존 차단기들의 동작 메커니즘이 과전류트립 전자(electromagnetic)방식이나 바이메탈(bimetal) 열동방식의 구조에 의해 동작되므로 그 동작속응성과 신뢰성에 문제점을 가진다.

이러한 문제점들을 개선하기위해 본 논문에서는 내구성과 속응성이 우수한 반도체 스위칭 소자와 고정밀 전류센서(리드스위치)를 이용한 “전기화재 방재장치(EFDPD: Electrical Fire Disaster Prevention Device)를 개발함으로써 저압 배전계통에서의 단락 및 과부하사고로 인한 전기재해를 방지하고자 한다. 고정밀 전류센서로 사용된 리드스위치는 각종 전기사고에서 수반되는 아크 및 스파크 전류에 의한 배전선로의 상승된 자속을 정밀 감지한 후, 자체 차단장치를 동작시키는 제어구조를 가진다. 다양한 동작특성 분석을 통해 제안한 EFDPD의 우수성을 입증하고, 기존 RCD의 빈번한

오동작과 비신뢰성, 저조한 응답특성으로 인한 각종 전기사고 및 전기화재를 방지하고자 한다.

## 2. 기존 RCD의 동작성능 분석

### 2.1 전기아크 및 스파크의 고찰

전기화재에 주요소인 전기아크와 스파크의 발생과 온도특성을 살펴보면, 이들 아크와 스파크의 발생은 전도도체가 단선(breaking of wire) 또는 순간단락(circuit short)될 경우나 절연된 두 전극사이의 상승된 전계로 인한 절연파괴의 경우 그리고 도체의 접촉·접촉불량의 경우에 발생하는 불꽃방전(spark discharge) 현상으로써, 일반적으로 아크는 연속적인 불꽃방전에 대한 용어이며, 스파크는 일시적 또는 불연속적 불꽃방전을 의미한다. 아크나 스파크는 매우 짧은 시간에 매우 큰 값의 전기에너지를 가지고 있으며, 대부분 불꽃방전은 전기에너지를 열에너지로 소모되는 특징이 있다. 아크발생시 아크전류가 가지는 온도를 측정해보면, 그림 3과 같은 온도특성을 보인다.<sup>[6]</sup> 전도성 도체로써 많이 사용되는 동(copper)의 용융온도가 1083°C이며 알루미늄이 660°C인 점을 고려하면, 아크나 스파크 발생시 도체의 고열로 인한 피복이나 주위에 발화물질로의 화재사고 위험성은 클 것으로 예측된다.

미국방화협회(NFPA)의 발표에 의하면 전기화재의 약 80%가 아크로 인해 발생되었다고 보고하고 있으며, 이에 미국의 전기안전규정(NEC)에는 2002년 1월 1일 이후 신축되는 모든 건물의 침실 배선에는 아크차단기(AFCI; Arc Fault Circuit Interrupter)를 의무적으로 설치하도록 명문화하여 모든 가정의 전기회로에 아크차단기를 설치하도록 규정하고 있다. 우리나라의 경우 아크에 대한 정부나 소방관련기관의 관련 법규나 규정

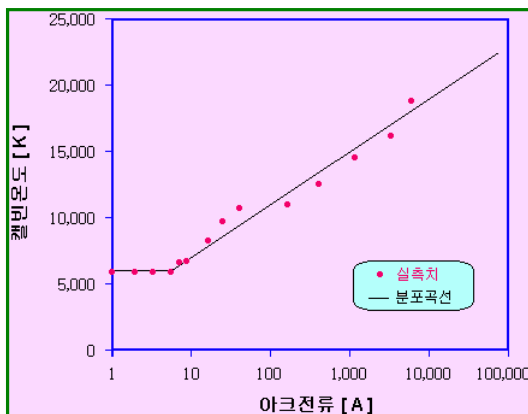


그림 3 전기아크의 온도특성  
Fig. 3 Temperature characteristic of an electric arc

이 없어 사용자 스스로 전기화재 예방을 위해 노력해야 하는 실정으로 아쉬운 점이 있다.

### 2.2 RCD의 주요 특성분석

가정이나 산업현장 등 교류 600V이하의 저압배전계통에는 과부하사고와 누전사고를 방지하기위해 과부하검용 누전차단기(RCD)를 설치하도록 되어있다. RCD는 기존의 누전차단기에 과부하사고를 검출 차단하는 제어회로부를 추가한 구조로써, 누전은 물론 배전계통의 과전류사고에 대해서도 보호기능을 가지게 된다. 표 1은 주택 분전반용 저압 배전선로에 사용되는 RCD의 주요 사양을 나타낸다.<sup>[7]</sup>

RCD의 내부구조는 지락검출장치, 트립장치, 개폐기구로 구성되어 있다. 그림 4는 RCD의 지락전류 검출에 대한 개략도를 나타낸다. 정상상태에서는 그림 4(a)와 같이 유입전류  $I_1$ 에 의한 자속과 유출전류  $I_2$ 에 의한 자속이 같게 되어 자속( $\varphi L$ )의 상쇄로 인한 누전검출부가 동작하지 않으나, 계통 이상시에는 그림 4(b)와 같이 영상변류기의 유입 및 유출전류가 지락전류( $I_g$ )만큼 차이를 발생하고 이에 따른 자속 불균형으로 인한 누전검출부에 유도전압이 발생한다. 발생된 유도전압은 누전검출부와 연결된 차단기 트립코일에 전류를 흘려 보내어 차단기를 동작시키는 제어알고리즘을 가진다.

표 1 RCD의 주요 사양  
Table 1 Principal specification of RCD

정격전압 [V]	110/220	정격차단 전류 [kA]	1.5/2.5
정격전류 [A]	15/30	정격감도 전류 [mA]	15/30
동작시간 [sec]	0.03	Trip 방식	전자식/열동식
보호기능	누전·과부하 검용	취득규격	KSC 4613

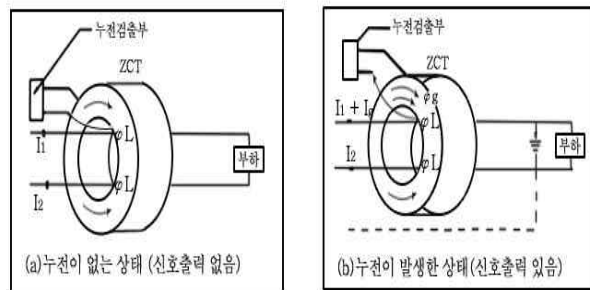


그림 4 RCD의 지락전류 검출에 관한 개략도  
Fig. 4 Summary diagrams of ground current detection in RCD

이러한 RCD들의 지락검출장치로 사용되는 영상변류기(ZCT; Zero Current Transformer)는 고정밀로 제작되어 누전 및 지락사고에 대해 그 신뢰성이 우수하며 표 1과 같이 정격감도전류가 15mA/30mA로 정해져 사용된다.

전기화재의 주요 요인이 되는 단락 및 과부하사고에 대한 기존 RCD의 차단 특성곡선을 그림 5에 나타낸다.<sup>[7]</sup> 단락사고의 일례로써, 상승된 고장전류가 정격전류의 약 200~500%에 대한 차단동작 속도가 평균 약 15초~2초로 매우 지연된 응답특성을 가진다.

이것은 단락사고나 과부하사고에 의한 아크 및 스파크 전류에 대해 차단 보호범위와 응답속도가 저조한 것으로 각종 전기재해의 원인으로 된다. 더욱이 배전선로에 사용되는 RCD들은 옥내 전기공급 분전반 인입선에 설치되어 있어 복잡한 배전시스템의 부하측 종단과의 내선거리가 길다. 대부분의 단락이나 과부하로 인한 전기재해가 부하단에서 발생하는 것을 감안할 때, 차단장치와의 선로거리가 먼 경우 선로저항의 증가에 따른 차단기의 정확한 감지가 미미하여 오동작의 요인이 된다. 그리고 단락사고 및 과부하사고에 대한 이들 RCD들의 동작 메커니즘을 살펴보면, 과전류 트립 전자방식이나 바이메탈 열동방식의 구조에 의해 동작되므로 배전선로가 길어질 경우 그 동작 속응성과 신뢰성에 문제점을 가진다. 그 결과 기존 RCD들은 단락 및 과부하사고에 의한 많은 전기화재 및 전기재해의 피해사태들이 증대되고 있다.

상기의 분석검토들로부터, 기존 RCD들은 지락(접지) 사고에 대해서는 매우 우수한 동작성능을 가지지만, 전기재해와 관련된 단락 및 과부하사고에서 수반되는 아크나 스파크 현상에 대해 빈번한 오동작과 비신뢰성, 저조한 응답특성을 가지는 것으로 분석된다.

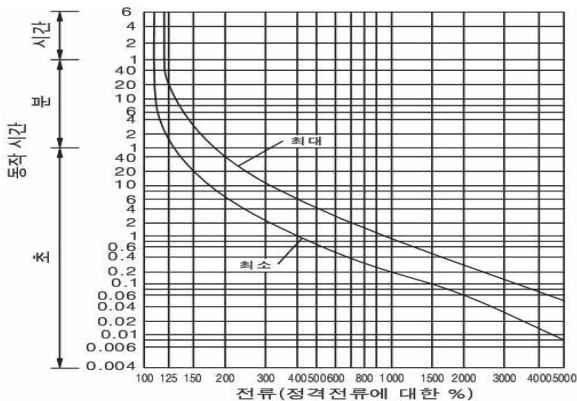


그림 5 RCD의 동작특성 곡선  
Fig. 5 Operating characteristic curves of RCD

### 2.3 기존 RCD의 동작특성 및 검토

전기화재의 주요 요인이 되는 단락사고나 과부하사고에 대해 기존 RCD의 동작성능을 분석하기 위하여 그림 6에 성능분석 블록도를 나타낸다. 실측에 사용된 RCD는 한국산업규격(KS C 4613)에 준하여 제작된 인증제품으로, 단상 2선식 110/220V, 정격전류 30A, 정격감도전류 30mA, 정격동작시간 30ms의 과부하검용 고감도형 누전차단기를 사용하였다.

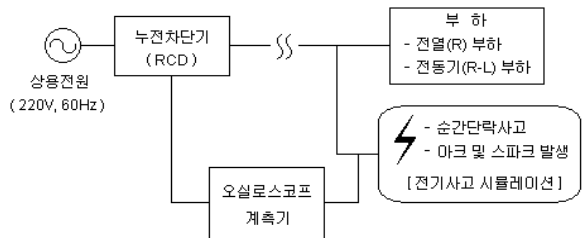
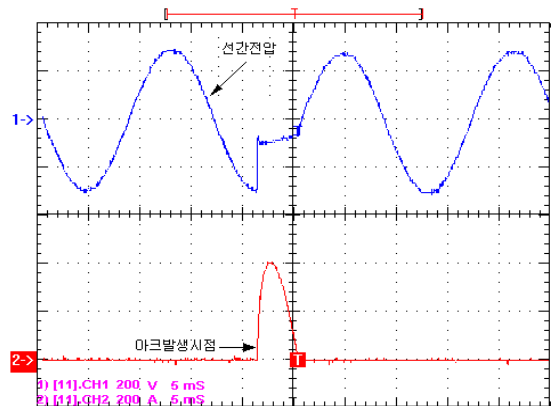
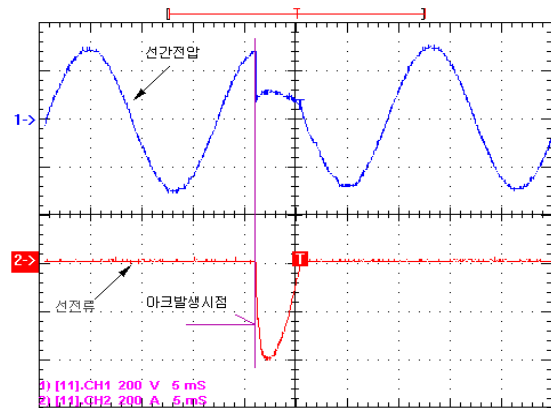


그림 6 RCD의 성능분석 블록도  
Fig. 6 Block diagram for performance analysis of RCD



(a) Case 1



(b) Case 2

그림 7 기존 RCD의 특성파형  
Fig. 7 Performance waveforms of conventional RCD

그림 7 (a), (b)는 단락사고에 의한 아크전류 발생에 대한 RCD의 동작유무를 확인하기위한 분석과형으로써 인위적인 사고발생 시뮬레이터를 통해 측정된 결과이다. 본 실험을 위한 인위적인 아크발생 시뮬레이터는 AC 220V 선간에 탄소저항(색저항) 6.8kΩ/0.25W를 순간 단락시켜 저항체의 순간적인 파손에 의해 발생하는 불꽃방전으로 유도하였다. 그림 7 (a)의 RCD의 성능분석결과에서 순간단락 아크전류(최대치 400A, 아크 폭 4ms)의 매우 큰 전류가 흘렀으나 RCD의 차단이 불가능함을 보인다. 또한 그림 7 (b)에서도 아크전류(최대치 400A, 아크 폭 5ms)의 사고전류가 흘렀으나, 순간전압의 왜곡만 나타날 뿐 RCD는 동작되지 않았다. 이것은 RCD의 차단동작시간(30ms)보다 더욱 짧은 폭의 아크전류에 대해 차단이 불가능한 것을 알 수 있다. 또한 전기사고에 대한 이상(고장)전류를 분석해보면, 이상전류의 순시최대치는 크나 그 실효치가 적으며, 생성 주기가 매우 짧아 RCD의 차단기능이 상실되는 결과를 가져온다. 이는 저압 배전계통에 사용되는 차단기들은 제어방식이 열동식 또는 전자식 구조로 설계되어 열동식의 경우 이상전류의 실효치가 적으면 발열량 ( $H = 0.24 I^2 R t$ )이 적어 차단동작이 실패되고, 전자식의 경우 이상전류의 주기가 짧으면 트립 코일의 여자가 불가능하여 차단기능이 상실되는 원인이다.

### 3. 제안한 고속 고정밀의 전기화재 방재장치

#### 3.1 회로구성 및 동작원리

본 논문에서는 전기화재의 요인이 되는 단락 및 과부하사고에 의한 아크나 스파크를 감지하여 자체 차단기를 동작시키는 제어장치를 개발하여 기존 RCD의 문제점을 개선하고자 한다. 단상 저압 배전계통에 대한 제안한 EFDPD를 그림 8에 나타낸다.

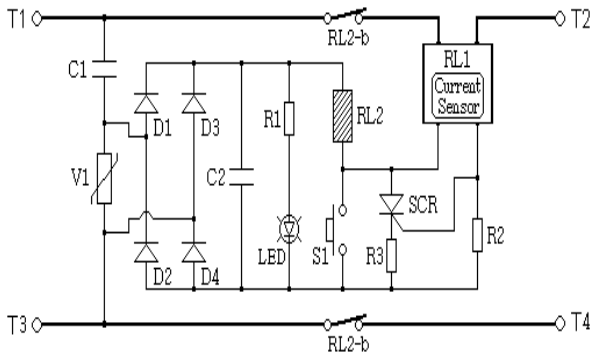


그림 8 제안한 EFDPD의 회로구성  
Fig. 8 Circuit configuration of proposed EFDPD

제안한 EFDPD는 내구성과 속응성이 우수한 전력용 릴레이(SSR), SCR, 파워 다이오드 등 반도체 스위칭 소자들과 고정밀 전류센서인 리드스위치(reed switch)를 사용하여 구성된다.

제안한 EFDPD는 그림 8과 같이 전원공급 입력단자 T1과 T3 및 부하 출력단자 T2와 T4에 구성되고, 내부회로는 EFDPD의 직류전원 공급을 위한 분압용 커패시터 C1, 써지(surge)보호용 배리스터(varistor) V1, 정류용 브릿지 다이오드 D1~D4, 평활용 커패시터 C2, 이상전류를 검출하는 고정밀 전류센서용 리드스위치 RL1, 사고 발생시 자체 차단용 전력용 릴레이 RL2와 전력용 릴레이를 구동시키기 위한 SCR, EFDPD의 동작유무 시험과 초기화를 위한 리셋스위치 S1로 구성된다. 또한 제어시스템의 전원공급은 표시등(LED)에 의해 확인할 수 있다.

제안한 EFDPD의 동작원리를 살펴보면, 초기상태로 브릿지 다이오드를 통하여 직류전원이 제어시스템에 공급되고 있으며 정상상태의 경우, 선로의 낮은 자속으로 인한 리드스위치의 내부접점이 오프(off) 상태로 되어 반도체 스위치 SCR 또한 오프로써, 통상적인 입력전원이 부하단으로 공급되는 정상상태를 유지한다. 그러나 단락사고 및 과부하사고에 의한 아크나 스파크 등의 이상전류가 발생할 경우, 높은 전류값에 의해 리드스위치 RL1의 코일에 사고전류값에 상응한 큰 자속이 발생하여 리드스위치 접점이 온(on)된다. 이에 의해 반도체 스위치 SCR이 온되고 전력용 릴레이 RL2가 여자(excitation)된다. RL2의 동작으로 인해 릴레이 접점 RL2-b가 턴-오프하고 부하단을 격리시켜 계통을 보호하게 되는 일련의 제어원리를 가진다.

제안한 EFDPD의 주요 소자로 사용된 고정밀 전류센서용 리드스위치의 구조를 그림 9에 나타낸다. 리드스witch는 선로전류의 크기에 대한 자속을 검출하여 특정치 이상의 자속에 대해 접점을 동작시키는 구조이며, 스위치의 응답속도가 수 μs~수 ms로 매우 양호한 특성을 가진다.

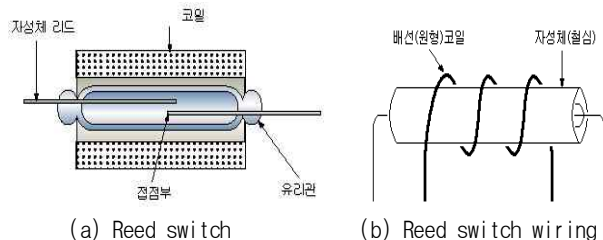


그림 9 리드스위치의 구조  
Fig. 9 Construction of reed switch

리드스위치의 내부자속은 배선코일의 권선수, 전류, 철심의 크기와 투자율에 의해 정해진다. 자속의 세기는 식 (1)의 비오-사바르(Biot-Savart) 법칙을 이용하여 구할 수 있다.

$$d\mathbf{H} = \frac{Idl \sin\theta}{4\pi r^2} [AT/m] \quad (1)$$

여기서,  $d\mathbf{H}$ 는 자계의 세기,  $I$ 는 선로의 전류,  $dl$ 은 도체의 미소길이,  $r$ 는 임의의 한 점과의 거리,  $\theta$ 는 전류의 방향과 임의의 한점과 이루는 각도이다. 위 식을 이용하여 리드스위치의 자계의 세기는 다음 식으로 구해진다.

$$\begin{aligned} \mathbf{H} &= \int_0^{2\pi a} \frac{NI dl \sin\theta}{4\pi a^2} = \frac{NI}{4\pi a^2} \int_0^{2\pi a} dl \\ &= \frac{NI}{2a} [AT/m] \end{aligned} \quad (2)$$

여기서,  $N$ 는 권선수이고  $a$ 는 원형코일의 반경이다. 또한 리드스위치의 자속밀도  $\mathbf{B}$ 는 다음으로 주어진다.

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H} = \frac{\mu NI}{2a} [\text{Wb/m}^2] \quad (3)$$

여기서,  $\mu$ 는 투자율(permeability)이다. 만약 자성체 내부의 매질이 공기인 경우 공기의 투자율  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [\text{H/m}]$ 로 주어진다. 위 식들을 이용하여 이상전류의 크기에 따른 리드스위치의 선정과 감도전류 설정 및 배선코일의 권선수를 결정할 수 있다.

### 3.2 제안한 EFDPD의 동작특성 분석

제안한 EFDPD에 사용된 소자들의 회로정수를 표 2에 주어진다. 리드스위치는 외부 자계의 간섭을 없애기 위해 원통형 PVC 자성체를 적용시켰고, 리드스위치의 감도전류 설정값은 이상전류의 크기를 감안하여 약 250AT을 기준하고 2.5[turn]으로 설계하였다.

표 2 제안한 EFDPD의 회로정수  
Table 2 Circuit parameters of proposed EFDPD

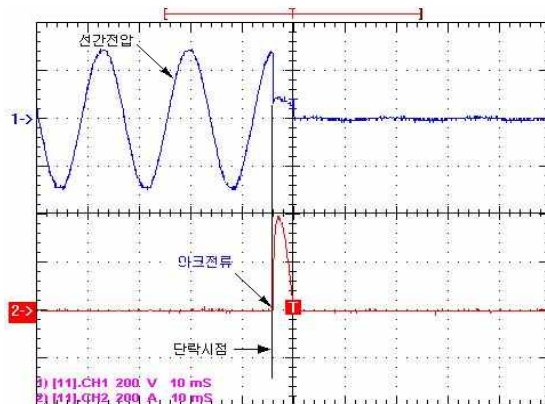
공급전압	AC220V / 60Hz	커패시터 C2	220 $\mu$ F/50V 전해질
커패시터 C1	470nF / AC250V	리드스위치 RL1	200~250AT
배리스터 V1	33V, 30W	전력용 릴레이 RL2	24V, 40A
다이오드 D1~D4	V <sub>rr</sub> =600V, 50W	반도체 스위치 SCR	60V, 1A

그리고 화재의 위험성이 저조한 유도성 부하의 개폐 시나 뇌임펄스 써지(충격파) 등 주기가 2ms이하의 속류성 전기신호에 대해서 RCD의 오동작을 방지하기 위해 전력용 릴레이의 동작시간이 3ms~5ms인 소자로 선정하였다.

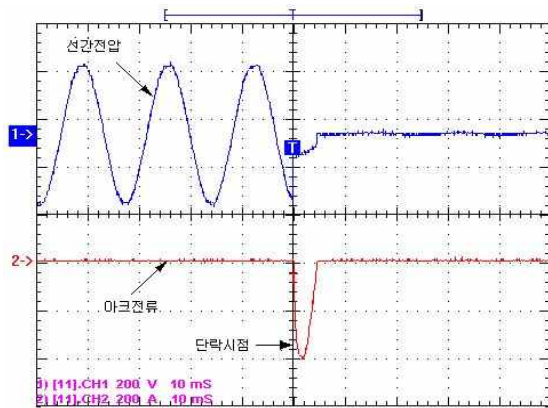
그림 10은 제작한 EFDPD의 외형도를 나타낸다. 회로구성이 간단하여 소형·경량으로 제작되고 설치의 용이한 장점이 있다. 또한 제안한 EFDPD는 기술적 제어원리가 간단하며 반도체 소자와 리드스위치의 고속 고정밀 응답특성을 이용한 구조로 설계되어 신뢰성이 증대된다. 그림 11과 그림 12는 순간 단락사고에 대해 제안한 EFDPD의 동작성능을 확인하기 위한 분석 파형으로써 인위적인 사고발생 시뮬레이터를 통해 측정된 결과이다. 본 실험을 위한 인위적인 단락사고에 의한 아크발생 시뮬레이터는 상기 기준 RCD 성능분석에서 사용한 것과 같이 AC 220V 선간에 탄소저항(색저항) 6.8k $\Omega$ /0.25W를 순간 단락시켜 저항체의 순간적인 파손에 의해 발생하는 불꽃방전으로 유도하였다.



그림 10 제작한 EFDPD의 외형도  
Fig. 10 Photograph of manufactured EFDPD



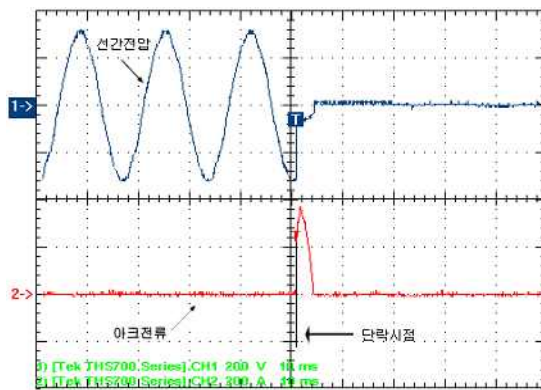
(a) Case 1



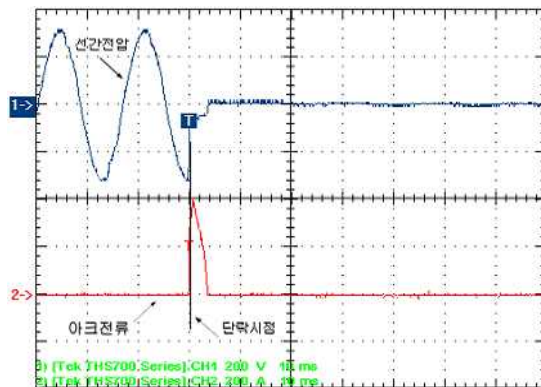
(b) Case 2

그림 11 제안한 EFDPD의 특성파형 (저항 부하)

Fig. 11 Performance waveforms of proposed EFDPD (Load:R)



(a) Case 1



(b) Case 2

그림 12 제안한 EFDPD의 특성파형 (전동기 부하)

Fig. 12 Performance waveforms of proposed EFDPD (Load : Motor)

그림 11은 부하단에 저항 부하(전열기)를 연결한 상태에서 사고 시뮬레이터를 실행한 경우의 선간전압과

아크전류에 대한 동작파형을 나타내며, 그림 12는 전동기 부하를 연결한 경우의 특성파형이다. 상기 각각의 경우 순간단락전류 최대치 약 380~400A, 주기 5~7ms의 임펄스성 아크전류에 대한 분석파형으로 네 경우 모두 제안한 제어장치의 고속, 고정밀로 계통을 차단시키는 우수한 동작특성을 보였다. 이때 아크전류에 대한 순간 불꽃온도는 약 2,500~3,700°C로 측정되었다. 동일조건에서 측정한 상기 기존의 RCD와 제안한 EFDPD의 동작특성 분석결과를 검토하면, 기존 RCD의 경우 전기화재의 요인이 되는 단락 및 과부하사고에 의한 아크 및 스파크성 전류에 대해 동작불능과 비신뢰성을 보였으나, 제안한 EFDPD는 여러 차례의 사고 시뮬레이터를 실행한 결과 모두 양호한 차단동작과 높은 신뢰성을 보였다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 저압 배전계통의 전기화재의 주요원인이 되는 단락 및 과부하사고, 선로노후 및 접속·접촉 불량에 의한 아크 및 스파크발생에 대해 기존의 차단기로는 차단이 불가능한 문제점을 해결하기위한 전기화재 방재장치를 개발하여 제안하였다.

제안한 전기화재 방재장치는 기존의 저압 배선용 차단기들에 이용되는 전자식 또는 열동식의 제어 메커니즘과는 달리 내구성과 속응성이 우수한 반도체 스위칭 소자 (전력용 SSR, SCR, 파워 다이오드 등)를 이용하여 구현하였으며, 이상전류의 검출에는 고정밀의 응답특성과 내구력이 우수한 리드스위치를 사용하여 제어장치의 신뢰성을 증가시켰다. 또한 제안한 전기화재 방재장치는 여러 차례의 사고발생 시뮬레이터에 의한 실측분석을 통해 그 실용성이 입증되었으며, 제어장치의 구조와 제어방식이 반도체 스위칭 소자들의 사용으로 인해 소형·경량의 설계제작이 가능하였고 이에 따른 제작비용의 감소와 설치의 용이한 장점이 부여되었고 고속 고신뢰성의 특징이 주어졌다. 이러한 실용성으로 인해 제안한 방재장치는 매입형 콘센터나 외부의 멀티콘센터 또는 각종 전기전자기기 및 통신기기 등에 적용되어 각종 전기사고를 예방할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 행정자치부, "2007년도 화재통계연보", 2007.
- [2] 한국전기안전공사, "전기화재 통계분석", 2008.
- [3] B. C. H. Steele, "Electronic Ceramics", Elsevier Applied Science, pp. 29, 1991.

- [4] 새턴정보통신 부설연구소, “부하별 아크, 스파크 사고 데이터 및 분석 보고서”, 2002.
- [5] R. N. Anderson, “What Came First? The Arc Bead or the Fire?”, EC&M 100, pp. 20-21, 2001.
- [6] V. Babrauskas, “Fire due to Electric Arcing : Can ‘Cause’ Beads Be Distinguished from ‘Victim’ Beads by Physical or Chemical Testing?”, Fire and Materials 2003, Interscience Communications Ltd., pp. 189-201, 2003.
- [7] (주)제일전기공업, (주)LS산전, “누전차단기 및 배선용차단기 기술자료”, 2006.
- [8] 이상익, 유재근, 박종찬, 최규하, “차단기류 오동작 분석을 위한 전원왜형장치 설계 및 개발”, *전력전자학회 논문지*, Vol. 11, No. 5, pp. 480-488, 2006.
- [9] 광동걸, 정도영, 신미영, “아크 및 스파크 재해에 대한 누전차단기 트립을 위한 보조제어 전기안전장치에 관한 연구” *한국화재소방학회논문지*, Vol. 20, No. 1, pp. 71-76, 2006.

## 저 자 소 개



### **곽동걸(郭東杰)**

1964년 11월 11일생. 1990년 경남대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1991년 한국전기연구원 기술원. 1997년 거창기능대학 전기계측제어과 전임강사. 1998년~2007년 한중대 전기전자공학과 조교수. 2007년~현재 강원대 방재전문대학원 조교수. 당 학회 협력이사.