

## 저압배선 선로의 단선사고 발생시 전기화재예방 제어장치(EFPCD)의 동작 특성에 관한 연구

### A Study on Dynamic Characteristics of EFPCD for Conductor Breaks in Low Voltage Wiring

이상호<sup>†</sup> · 신미영 · 이경호\*

Sang-Ho Lee<sup>†</sup> · Mi-Young Shin · Kyung-Ho Lee\*

삼척대학교 방재기술전문대학원, \*영남대학교 전기공학과 대학원  
(2004. 7. 7. 접수/2004. 9. 1. 채택)

#### 요 약

현재 저압 배선 선로에 있어서 단선 사고로 인해 발생하는 스파크와 열은 전기화재의 주요 원인이 되고 있다. 또한 단선사고 시 발생하는 전류는 일종의 썬지(Surge) 전류가 되어 통신, 가전제품, 컴퓨터 그리고 각종 측정기기의 소손 및 고장을 일으키며, 특히 단선사고는 다양한 안전점검 시 발견이 매우 어려운 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 누전차단기(Earth Leakage Breaker)의 보조 제어장치, 즉 전기화재예방 제어장치(Electrical Fire Prevention Control Device)를 개발하여, 상기 단선사고 시 누전차단기의 동작신뢰성을 제고시켜, 스파크 및 열에 의한 전기화재를 예방하고자 한다.

#### ABSTRACT

Recently, the spark and the overheat due to in the conductor breaks have been the major causes of electrical fire in low voltage wiring. Also, because in these cases the current is a surge one, the losses and faults of a communication, a home appliances, a computer and a measuring instrument may occur. Especially, in such cases, we are very difficult to detect the condition of the conductor breaks. In this paper, we have developed an auxiliary control device, the electrical fire prevention control device (EFPCD), of an earth leakage breaker (ELB). And we can prevent the electrical fire caused by the spark and the overheat occurring in the conductor breaks with the EFPCD.

**Keywords :** Spark, Electrical fire, Conductor breaks, ELB, EFPCD

## 1. 서 론

전기화재예방을 위한 다각적인 노력에도 불구하고 생활 수준 향상으로 가전기기의 대형화를 비롯한 다양한 부하의 증가로 인해 최근 10년(1993년~2002년)간 전체 화재 발생건수(295,497건) 가운데 전기화재 발생건수가 102,560건 발생함으로써, 전기화재 점유율은 약 34.7%이고, 평균 증가율은 5.7%의 높은 비율을 나타내고 있으며, 또한 사망과 부상을 포함한 전체 인명피해는 4,038명이고, 총재산 피해액은 491,807백만원이 발생하였다.<sup>1)</sup> 여기에 대응하기 위해, 현재 설치된 고감도

의 다양한 누전차단기(Earth Leakage Breaker, ELB)와 배선용차단기(No Fuse Breaker, NFB)를 비롯한 각종 보호 장치는 부하회로에서 누전과 과전류 발생 시 회로를 차단하는 기능을 가지고 있지만, 저압배선계통에 있어서 단선 사고 시는 누전차단기나 배선용차단기의 시험항목과 기준을 비롯한 다양한 구조적인 문제점으로 인해 회로 차단이 불가능함을 알 수 있다.<sup>2)</sup> 먼저 누전차단기와 배선용차단기의 시험항목 및 기준을 살펴보면, 단선에 관한 시험항목과 기준이 제외되어 있음을 알 수 있다. 따라서 이에 대한 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있으나 여전히 미흡한 실정이다.<sup>2,3)</sup> 그리고 저압배선계통에 있어서 단선 사고 시 발생하는 스파크와 열은 절연물의 용착과 탄화현상을 발생하여

<sup>†</sup> E-mail: shlee@samcheok.ac.kr

전기화재의 주요 원인이 되고 있다. 또한 이때 발생한 전류는 일종의 썬지(Surge) 전류가 되어 통신, 가전제품, 컴퓨터 그리고 각종 측정기기의 소손 및 고장을 일으키는 원인이 된다. 특히 단선 사고는 다양한 현상을 나타내어 안전점검 시 발견이 매우 어려운 실정이다.<sup>4)</sup> 따라서, 본 논문에서는 ELB의 보조 제어장치, 즉 전기화재예방 제어장치(Electrical Fire Prevention Control Device : 이하 EFPCD이라 함)를 개발하여, 상기 단선 사고 시 ELB의 동작신뢰성을 제고시켜 스파크와 과열에 의한 전기화재를 예방하고자 한다.

### 2. 누전차단기의 동작원리

누전차단기는 지락검출장치, 트립장치, 개폐기구 등을 절연물 용기 안에 1조로 조립한 것으로 정의한다.<sup>5)</sup> Fig. 1은 본 논문에서 사용된 단상식 누전차단기의 동작원리를 설명하기 위한 구성도이다. Fig. 1의 (a)는 누전사고 미 발생시(정상상태)의 회로를 보여주고 있으며, 즉 왕로전류  $I_1$ 과 귀로전류  $I_2$ 가 동일하기 때문에  $I_1$ 에 의해 발생하는 자속  $\phi_1$ 과  $I_2$ 에 의해 발생하는 자속  $\phi_2$ 가 같으므로 서로 상쇄되어 유기전압이 발생하지 않는다. 그리고 Fig. 1의 (b)는 누전사고 발생시(누전상태)의 회로를 나타내고 있으며, 즉 누전사고 발생으로 인해 왕로전류  $I_1$ 과 귀로전류  $I_2$ 는 누설전류  $I_g$ 만큼 오

차가 발생하게 된다. 따라서  $I_1 + I_g$ 에 의해 발생하는 자속  $\phi_1 + \phi_g$ 와  $I_2$ 에 의해 발생하는 자속  $\phi_2$ 가 동일하지 않기 때문에 유기전압이 발생하게되며, 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = 4.44 f N \phi_g \quad [V] \tag{1}$$

여기서,  $\phi_g$ 는 누설전류에 의한 자속이며, N은 2차 권선수이고 f는 주파수이다.

### 3. 전기화재 발생 및 예방

Fig. 2는 전기화재 발생메카니즘을 나타내는 블록 다이어그램을 보여주고 있다.

전기화재의 근본적인 원인은 설계불량, 제조상의 결함, 유지 및 보수상의 문제점이고, 전기화재의 직접적인 원인은 일반적인 단락사고, 절연불량, 접속점의 접속·접촉불량, 전선의 단선 사고 등으로 나타낼 수 있다. 그리고 전기화재의 직접적인 원인 가운데 일반적인 단락사고 발생시는 기존의 누전차단기와 배선용차단기 및 퓨즈(Fuse) 등으로 화재예방이 어느 정도 가능하지만, 전선의 단선 사고 및 접속점의 접속·접촉불량으로 인한 전기화재는 예방이 거의 불가능한 실정이다. 여기에 대응하기위해, 본 방재설비실험실에서는 전기화재 예방을 위한 선행 연구로써 순간 단락사고와 접속점의 접속·접촉불량사고시 EFPCD의 동작특성에 관해 연구를 수행한 결과 매우 우수함을 입증하였다.<sup>6)</sup> 따라서 본 연구에서는 상기의 문제점 가운데 최근 심각한 문제점으로 지적되고 있는 저압배선선로의 단선 사고 발생시 EFPCD의 동작특성에 관해 중점적으로 연구하고자 한다.

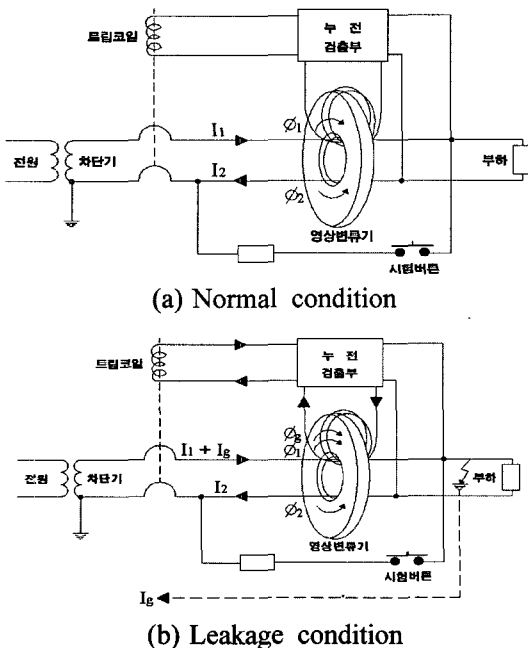


Fig. 1. The constructional figure of ELB.

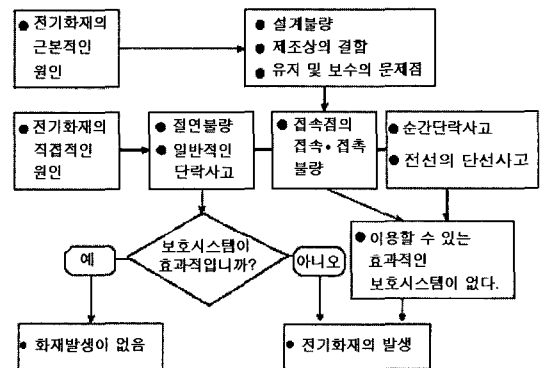


Fig. 2. The mechanisms of electrical fire.

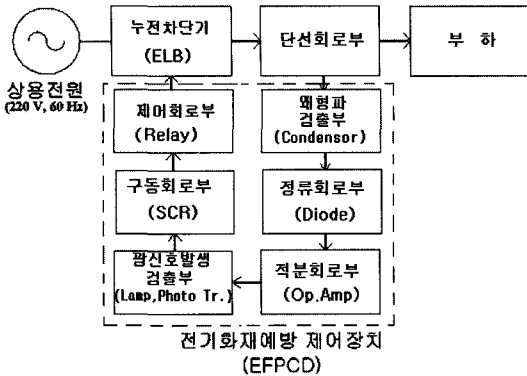


Fig. 3. The block diagram of EFPCD system.

### 4. 전기화재예방 제어장치

Fig. 3은 전기화재예방 제어장치의 블록다이아그램을 보여주고 있다.

EFPCD는 기존의 ELB가 설치되어 있는 저압 배선 선로의 종단에 설치하며, 동작과정을 살펴보면, 먼저 상용전원(220 V, 60 Hz)이 ELB를 통하여 전기 배선선로에 공급하고 있을 때 배선선로의 전선 단선사고로 인해 발생하는 왜형파 신호가 입력 시, 왜형파 검출회로 즉 입력전압이 급격하게 변화하면 전류가 급상승하는 콘덴서 특성에 의해 전류가 발생하게 되며, 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$i = c \frac{dv}{dt} \tag{2}$$

여기서,  $i$  = 전류[A],  $c$  = 콘덴서[F],  $v$  = 전압[V]이다.

그리고 식 (2)의 발생전류( $i$ )는 전과정류회로와 적분회로 및 광신호 발생·검출회로를 경유하게 되며, 최종적으로 구동회로부의 SCR과 제어회로부의 릴레이 동작을 통하여 기존의 ELB가 신속히 차단되도록 최적의 제어신호를 제공하는 보조제어장치이다.

### 5. 실험 및 분석

Fig. 4는 EFPCD의 성능분석 블록다이아그램을 나타내고 있으며, Photo 1은 실제 전기화재예방 제어실험장치를 보여주고 있다. 그리고 본 연구에서는 배선선로의 단선사고 시 정확한 파형측정 및 분석을 위해 메모리 오실로스코프(THS 720P, USA)와 응용소프트웨어(WaveStar ver 2.4, USA)를 이용하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 각각 전등(R)부하시와 전동기(R-L)부하시 저압 배

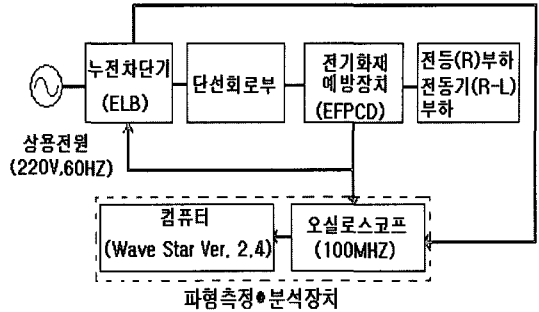


Fig. 4. The block diagram for analysis of EFPCD.

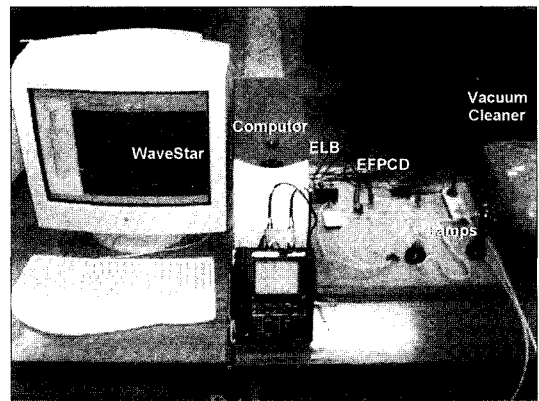


Photo 1. Experimental device for the electrical fire prevention.

선선로의 단선 사고로 인한 ELB와 EFPCD의 동작 전압파형을 나타내고 있다. 그리고 Fig. 5와 Fig. 6에서 ELB와 EFPCD의 동작전압파형을 살펴보면, 배선선로의 단선 사고로 인하여 전원양단의 입력파형이 왜형파가 됨으로 해서 EFPCD가 차단 제어신호를 발생하고, 차단 제어신호에 의하여 ELB가 정상적으로 동작됨을 실험결과를 통하여 알 수 있었다.

실험결과를 분석하면, 먼저 전등(R)부하시 즉 Fig. 5의 (a)와 같이 단선 사고 발생시점으로부터 약 3.5 ms 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 9 ms 후에 ELB가 동작하였다. Fig. 5의 (b)에서는 단선 사고 발생시점으로부터 약 3 ms 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 7 ms 후에 ELB가 동작하였다. 그리고 전동기(R-L)부하시 즉 Fig. 6의 (a)와 같이 단선 사고 발생시점으로부터 약 3.5 ms 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 8.5 ms 후에 ELB가 동작하였다. Fig. 5의 (b)에서는 단선 사고 발생시점으로부터 약 3 ms 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 9 ms 후에

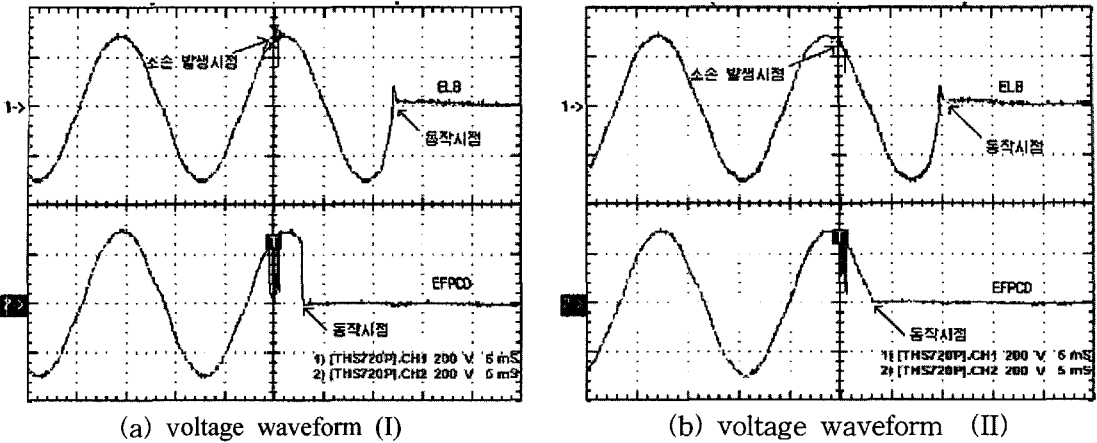


Fig. 5. The voltage waveform of ELB & EFPCD for conductor breaks in R load.

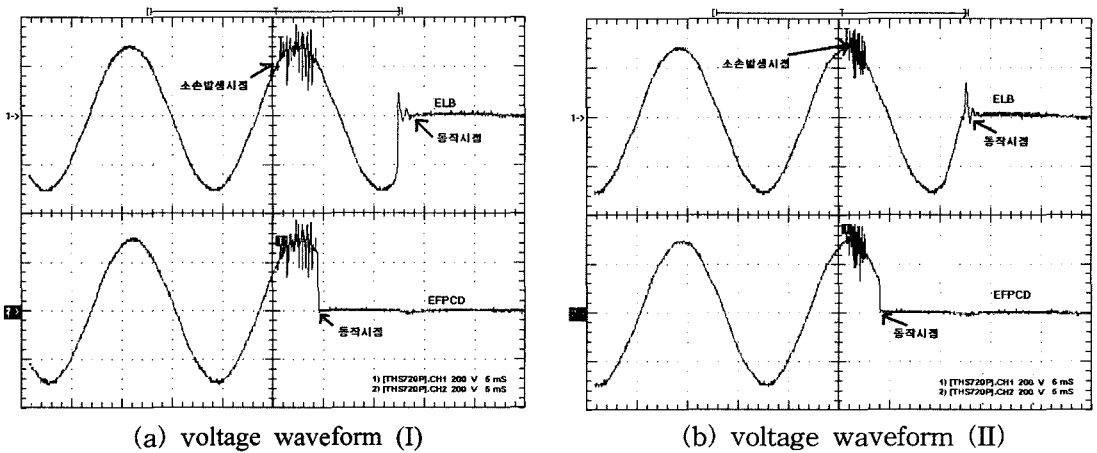


Fig. 6. The voltage waveform of ELB & EFPCD for conductor breaks in R-L load.

ELB가 동작하였다. 상기의 실험 결과를 종합적으로 분석한 결과, 개발된 EFPCD는 저압 배선 선로의 단선 사고 발생시 기존의 ELB를 수 ms 정도의 매우 짧은 시간에 신속하고 정확하게 정상 차단시킴으로써 동작 특성의 우수성을 확인할 수 있었으며, 최종적으로 전기화재 예방 설비 즉 ELB의 동작 신뢰성을 증가시킬 수 있었다.

### 6. 결 론

본 연구에서는 ELB의 동작신뢰성 제고를 통해 전기화재를 예방하기 위한 ELB의 보조제어장치인 EFPCD를 개발하였으며, 저압 배선선로의 단선 사고로 인한 EFPCD와 ELB의 동작특성 실험을 한 결과, 다음과 같

은 결론을 얻었다.

1. 배선선로의 전동(R)부하에서 단선 사고 발생 시 EFPCD는 각각 3.5ms와 3ms 경과한 후 동작하였으며, 또한 ELB는 EFPCD가 동작한 후 각각 9ms와 7ms 경과한 후 즉시 차단됨으로써 정상적인 동작을 확인하였다.

2. 배선선로의 전동기(R-L)부하에서 단선 사고 발생 시 EFPCD는 각각 3.5ms와 3ms 경과한 후 동작하였으며, 또한 ELB는 EFPCD가 동작한 후 각각 8.5ms와 9ms 경과한 후 즉시 차단됨으로써 역시 정상적인 동작을 확인하였다.

3. 연구결과 개발된 EFPCD는 기 설치된 ELB의 동작신뢰성을 제고한 전기화재예방 설비로써, 배선선로의 단선 사고로 인해 발생하는 스파크와 과열의 억제

를 통하여 전기화재로 인한 인명 및 재산피해의 최소화에 기여할 것으로 사료된다.

4. 특히 개발된 EFPCD를 송전선로 차단시스템에 응용 시 송전선로 단선 사고로 인한 산불화재를 비롯한 다양한 화재 예방 기술에 매우 중요한 기초 자료가 될 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 산업자원부, 전기화재통계분석(2003).
2. 이상호, “전기화재의 발생원인 및 분석”, 한국화재소방학회지, 제17권, 제2호, pp.1-5(2003).
3. 문 식, 김용식, 이춘하, 오규형, “누전차단기의 특성분석”, 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp.62-66 (2002).
4. 육유경, “최신 디지털 누전 경보기(ELD) 소개와 누전으로 인한 재해 예방대책”, 한국화재소방학회지, 제2권, 제1,2호, pp.25-30(2001).
5. KS C4613 : 누전차단기(1994).
6. 이상호, “전기화재 예방을 위한 EFPCD 동작 특성에 관한 연구”, 제16권, 한국화재소방학회지, 제3호, pp.8-11(2002).
7. 김창중, “전기화재 징후검출 장치의 적용 및 테스트회로의 구성”, 한국 조명·전기 설비학회, 제15권, 제6호, pp.21-28(2001).
8. Robert A. Yereance, “Elect-Rical Fire Analysis”, pp.17-31, THOMAS(1995).
9. John E. Traister, Terry Kennedy, “Low Voltage Wiring : Security/Fire Alarm Systems”, pp.199-212, McGraw-Hill(2002).