

C-14

저압 배선 선로의 순간 단락 사고시 전기 화재 예방에 관한 연구

이상호, 정원석, 김정숙, 신미영, 박정선*, 곽동걸**, 김풍래***
삼척대학교 방재기술전문대학원, 고려대학교 전기공학과 대학원*,
동해대학교 전기전자공학과**, 동화정밀***

A Study on the Prevention of Electrical Fire for the Momentary Short Circuit in Low Voltage Wiring

**Sang-Ho Lee, Won-Suk Jung, Jung-Sook Kim, Mi-Young Shin,
Jung-Sun Park*, Dong-Kurl Kwak**, Pung-Rai Kim*****

*The Professional Graduate School of Technology for Disaster Prevention,
Samcheok National University, Graduate School of Electrical Engineering, Korea University*,
Electrical and Eletronic Engineering of Donghae University**, Donghwa Precision****

1. 서론

전기화재예방을 위한 다각적인 노력에도 불구하고 생활수준 향상으로 가전기기의 대형화를 비롯한 다양한 부하의 급격한 증가로 인해 최근 10년(1993년~2002년)간 전체 화재 발생건수(295,497건) 가운데 전기화재 발생 건수가 102,560건 발생함으로써, 전기화재 점유율은 약 34.7%이고, 평균 증가율은 약 5.7%의 높은 비율을 나타내고 있으며, 또한 사망과 부상을 포함한 전체 인명피해는 4,038명이고, 총재산 피해는 491,807백만원이 발생하였다.¹⁾ 그리고 2002년의 전기화재 발생 현황을 중점적으로 살펴보면, 먼저 전체 전기화재 발생건수 11,202건 가운데 단락 사고와 과부하에 의한 전기화재가 9,612건 발생함으로써 86%의 매우 높은 비율을 차지하고 있는 실정이다.¹⁾

여기에 대응하기 위해, 현재 누전차단기(지락보호, 단락보호, 과부하보호겸용)와 배선용 차단기(NFB)등을 비롯한 각종 차단기 설치를 통하여 단락사고와 과부하에 의한 과전류 발생시 차단 기능을 부여함으로써, 전기화재의 발생을 억제하고 있으나, 차단기의 시험항목과 기준의 미비점에 기인한 구조적인 문제점으로 인해 여전히 미흡한 실정이다.²⁻⁴⁾

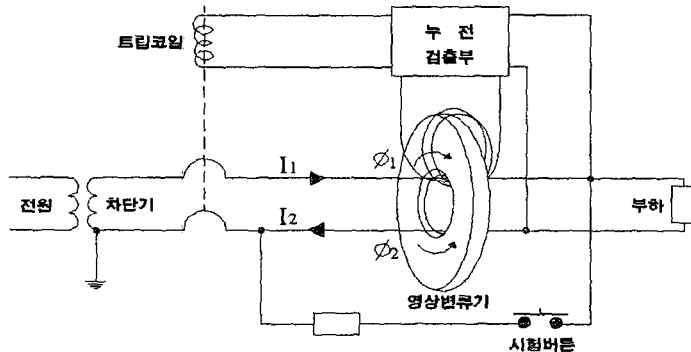
따라서, 본 논문에서는 저압 배선 선로의 순간단락사고 시 전기화재 예방을 위한 ELB의 보조 제어 장치 즉 EFPRD(Electrical Fire Prevention Relay Device)를 개발하여, 상기 순간단락사고 시 ELB의 동작 신뢰성을 제고시켜 스파크와 과열에 의한 전기화재를 억제 및 예방하고자 한다.

2. 누전차단기의 동작원리

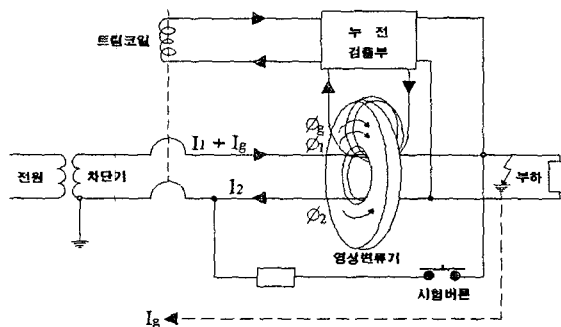
누전차단기는 지락검출장치, 트립장치, 개폐기구 등을 절연물 용기 안에 1조로 조립한 것으로 정의한다.⁵⁾ Fig. 1은 본 논문에서 사용된 단상식 누전차단기의 동작원리를 설명하기 위한 구성도이다. 그림1의 (a)는 누전사고 미 발생시(정상상태)의 회로를 보여주고 있으며, 즉 왕로전류 I_1 과 귀로전류 I_2 가 동일하기 때문에 I_1 에 의해 발생하는 자속 ϕ_1 과 I_2 에 의해 발생하는 자속 ϕ_2 가 같으므로 서로 상쇄되어 유기전압이 발생하지 않는다. 그리고 그림1의 (b)는 누전사고 발생시(누전상태)의 회로를 나타내고 있으며, 즉 누전사고 발생으로 인해 왕로전류 I_1 과 귀로전류 I_2 는 누설전류 I_g 만큼 오차가 발생하게 된다. 따라서 $I_1 + I_g$ 에 의해 발생하는 자속 $\phi_1 + \phi_g$ 와 I_2 에 의해 발생하는 자속 ϕ_2 가 동일하지 않기 때문에 유기전압이 발생하게 되며, 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = 4.44 f N \phi_g \quad [V] \quad (1)$$

여기서, ϕ_g 는 누설전류에 의한 자속이며, N 은 2차 권선수이고 f 는 주파수이다.



(a)Normal condition



(b)Leakage condition

Fig. 1. The constructional figure of ELB

3. 전기화재발생 및 예방

Fig. 2는 전기화재 발생 메커니즘을 나타내는 블록 다이어그램을 나타내고 있다.

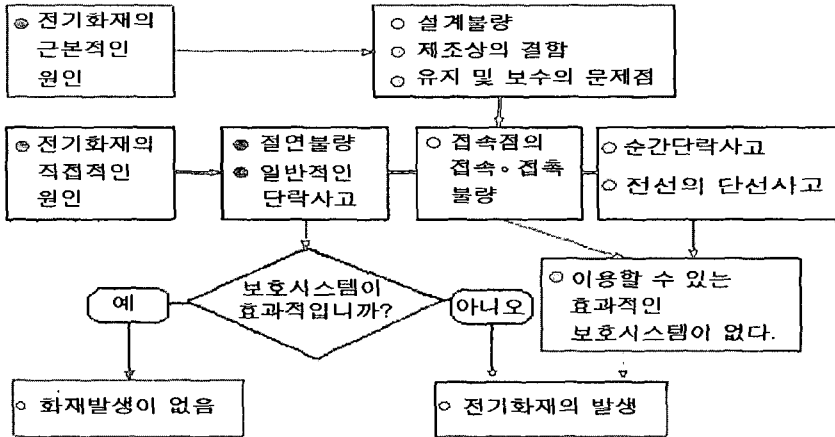


Fig. 2. The mechanisms of electrical fire

4. ELB의 보조 제어 장치(EFPRD)

Fig. 3은 저압 배선 선로의 순간 단락사고 시 전기화재 억제와 예방을 위한 ELB의 보조 제어 장치 즉 EFPRD의 블록다이하 그림을 나타내고 있다.

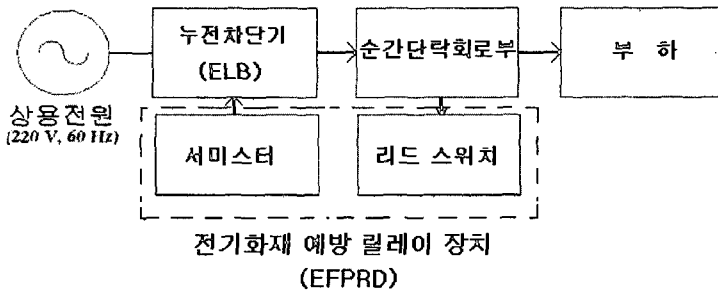


Fig. 3. The block diagram of EFPRD system

EFPRD는 기존 ELB의 출력단에 설치하며, 동작과정을 살펴보면 먼저 상용전원(220V, 60Hz)이 ELB를 통하여 전기 배선 선로에 공급하고 있을 때 배선선로의 순간단락사고로

인해 순간적으로 급격히 증가하는 전류에 의해 리드 스위치가 동작하게 된다. 이때 발생된 동작신호는 서어미스터를 경유하여 기존의 ELB가 신속히 차단되도록 최적의 제어신호를 제공하는 보조 제어 장치이다.

5. 실험 및 분석

Fig. 4는 EFPRD의 성능 분석 블록다이어그램을 나타내고 있으며, Photo 1은 실제 전기 화재 예방 릴레이 실험 장치를 보여 주고 있다.

그리고 본 연구에서는 배선선로의 인위적인 순간단락사고 시 정확한 파형 측정 및 분석을 위해 메모리 오실로스코프(THS 720P, USA)와 응용소프트웨어(WaveStar ver. 2.4, USA)를 이용하였다.

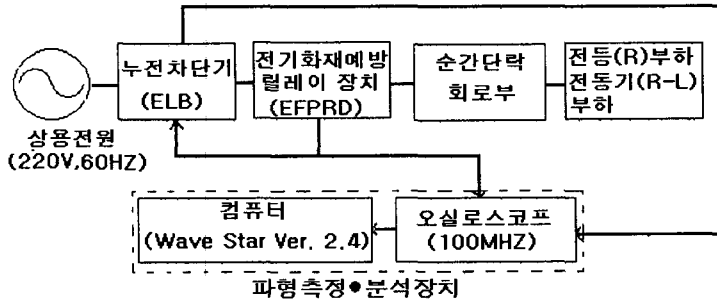


Fig. 4 The block diagram for analysis of EFPRD

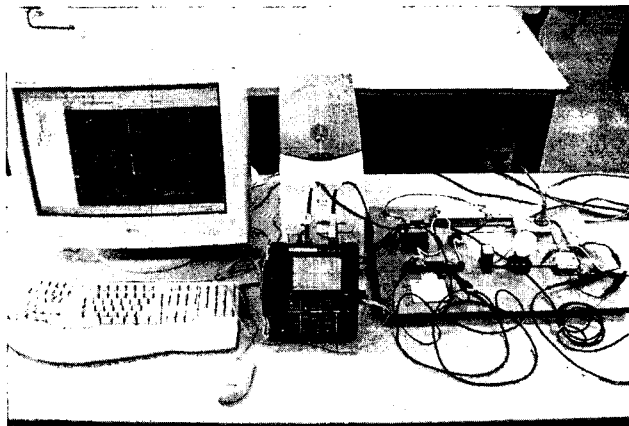
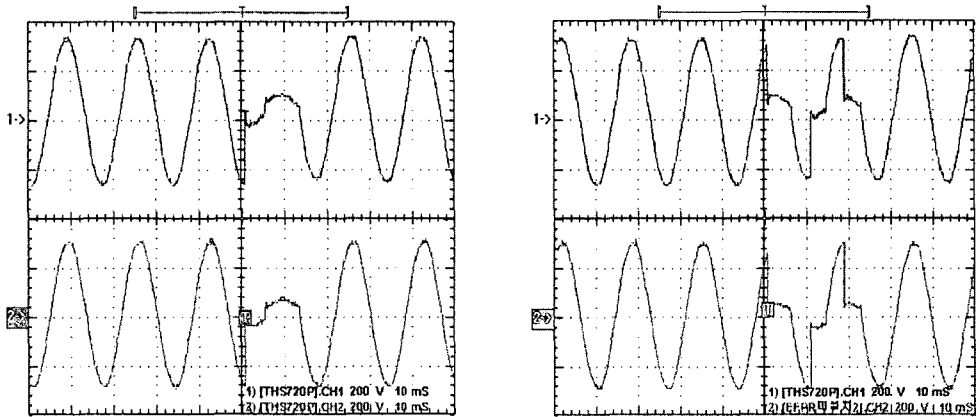


Photo 1. Experimental device for the electrical fire prevention relay.

Fig. 5의 (a)와 (b)는 현재 설치된 누전차단기의 성능 분석을 수행하기 위해, 인위적인 순간단락사고 시 누전차단기 출력 양단과 부하 양단의 전압 파형을 각각 나타내고 있다.

분석 결과, 누전차단기는 순간단락사고 시 약 13[ms] 동안의 스파크(Spark)가 발생하였으나 차단이 불가능함을 알 수 있었다.

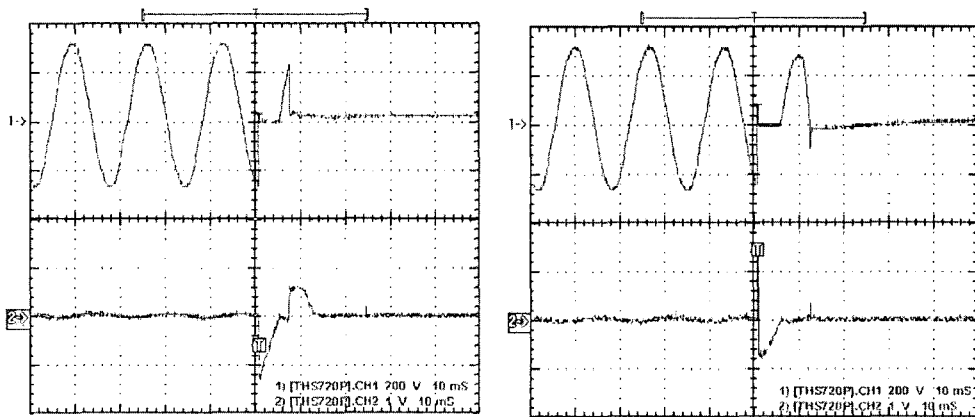
Fig. 6의 (a)와 (b)는 개발된 EFPRD 설치 후 인위적인 순간단락사고 시 누전차단기 양단과 부하 전류에 의한 전압 파형을 각각 나타내고 있다. 분석결과, 누전차단기는 순간단락사고 시 각각 약 7[ms]와 11[ms]후에 동작하였다. 상기의 실험 결과를 종합적으로 분석하면, 현재의 누전차단기는 순간단락사고 발생시 차단이 불가능하였으나 누전차단기의 보조제어장치 즉 EFPRD 설치 시 신속한 차단이 가능함으로써, 개발된 EFPRD의 우수성을 알 수 있었다.



(a) Voltage waveform(I)

(b) Voltage waveform(II)

Fig. 5.The voltage waveform for the momentary short circuit without EFPRD



(a) Voltage waveform(I)

(b) Voltage waveform(II)

Fig. 6. The voltage waveform for the momentary short circuit with EFPRD