

전등 부하 및 전동기 부하시 전기화재예방 제어장치의 동작 특성에 관한 연구

A Study on Dynamic Characteristics of Electrical Fire Prevention Control Devices with a lamp and a motor load

이상호*, 오홍석**
Sang-Ho Lee*, Hong-Seok Oh**

<Abstract>

Recently, the occurrences of electrical fire have been suppressed by an earth leakage breaker(ELB), a no fuse breaker(NFB) and a fuse in case of an earth leakage, a short circuit and an over current. But it is impossible for the ELB to break the circuit in the case of the failure of pressure contacts on connecting points and the momentary short circuit. Therefore, it is require to study the constructive problem of the ELB. In this paper, we have developed the auxiliary control device, electrical fire prevention control device(EFPCD), of the ELB. And we have tested the operation characteristics of the ELB according to the load(R, L). As a result of this experiment, we could prevent the electrical fire due to the spark and the overheat occurring in the failure of pressure contacts on connecting points and the momentary short circuit.

Key Words: electrical fire, momentary short circuit, ELB, EFPCD

1. 서 론

오늘날 전기화재 예방을 위한 지속적인 노력에도 불구하고 생활수준 향상으로 가전기기의 대형화를 비롯한 다양한 부하의 증가로 인해 최근 10년(1991년 ~2000년)간 전체 화재 발생건수 가운데 전기화재 점유율은 약 35.5%이고, 평균증가율은 9.0%의 높은 비율을 나타내고 있으며, 특히 2000년도의 전기화재 발생건수 11,796건 가운데 단락사고와 접촉·접촉불량사고가 8,910건이 발생함으로써 약75.5%를 차지

하고 있는 실정이다¹⁾.

여기에 대응하기 위해, 현재 고감도의 누전차단기(ELB)와 배선용차단기(NFB) 및 퓨즈(Fuse) 설치를 통하여 누전·단락사고와 과전류 발생시 차단기능을 부여함으로써, 전기화재의 발생을 억제하고 있으나, 매우 미흡한 실정이며, 특히 누전차단기는 일반적인 누전사고와 과전류 사고 발생시는 차단기능이 우수하지만 전기화재의 주요원인 즉, 순간단락사고와 접촉·접촉불량 사고 발생시는 구조적으로 차단이 불가능함으로써, 이에 대한 연구가 필요하

* 정회원 : 삼척대학교 소방방재공학과 부교수, 工博
245-711/강원도 삼척시 교동 산 253번지
** 정회원 : 삼척대학교 소방방재공학과 겸임교수, 工博

* Associate Professor, Dept. of Fire & Disaster Eng.
E-mail : shlee@samchok.ac.kr
** Part-time lecture, Dept. of Fire & Disaster Eng.
E-mail : ohhong@dreamwiz.com

다.²⁾⁻³⁾

따라서 본 논문에서는 상기의 상황에 기초해서 ELB의 구조적인 문제점을 제시하고자 하며, 또한 ELB의 보조제어장치 즉, 전기화재예방 제어장치(Electrical Fire Prevention Control Device : 이하 EFPCD라 칭한다.)를 개발하고, 부하에 따른 ELB의 완벽한 동작을 통하여 전기화재를 예방하고자 한다.

2. 누전차단기의 동작원리

ELB는 지락검출장치, 트립장치, 개폐기구 등을 절연물 용기 안에 1조로 조립한 것으로 정의한다. 그림1은 본 연구에서 사용된 단상식 ELB의 동작원리를 설명하기 위한 구성도이다.

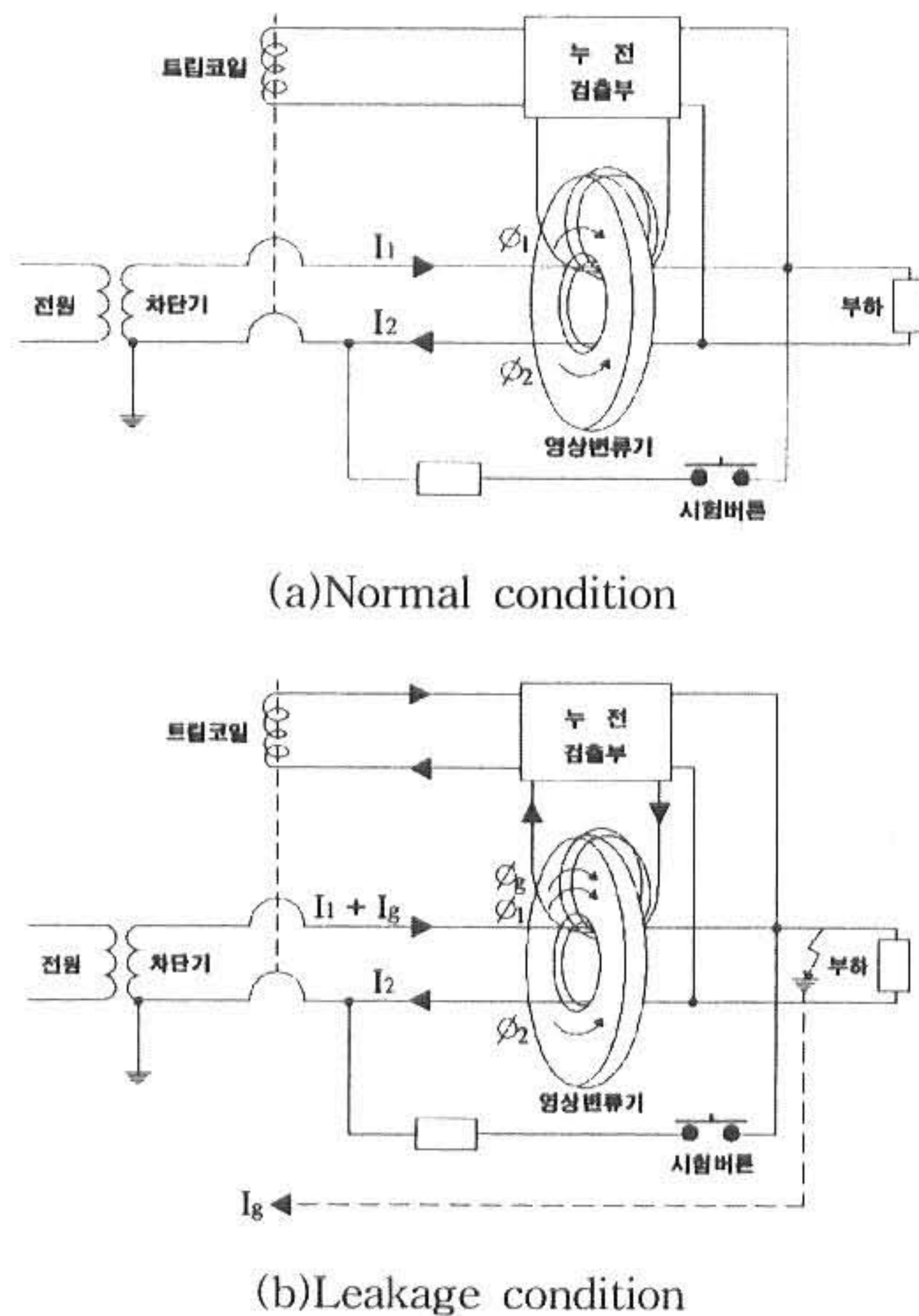


Fig. 1. The constructional figure of ELB

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 ϕ_1 과 I_2 에 의해 발생하는 자속 ϕ_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 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 발생하게되며, 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.

3. 누전차단기의 시험항목 및 기준

Table 1. the test items and criterion of ELB

시험번호	시험항목	단위	기준치
1	누전트립 동작성능	감도전류	mA 15 이상 30 이하
		동작시간	초 0.03 이내
2	동작기구 성능	-	이상 없을 것
3	과전류 트립시험	200%	분 2이내 R T
		125%	
4	테스트 장치시험	외관	이상없고 즉시 동작할 것
		감도전류	mA 15 이상 30 이하
5	과부하 개폐 시험	-	180A에서 시험하였을 때 기계적 지장이 없을 것
6	개폐내구 성능 시험	-	정격부하전류로 6000회 시험하였을 때 전기적, 기계적 지장이 없을 것
7	개폐 후 시험	감도전류	mA 15 이상 30 이하
		과전류 트립시험	분 2이내 R T
			125% - 60 이내
8	단락차단 시험	성능	- 각 부에 이상 없을 것
		절연저항	MΩ 0.5 이상
		내전압	- 차단전압의 2배에 견딜 것
		과전류	분 2이내 R T
9	절연저항	성능	MΩ 5 이상
		감도전류	mA 15 이상 30 이하
10	내전압	성능	V 1500에서 1분간 견딜 것
		감도전류	mA 15 이상 30 이하

Table 1은 한국산업규격(Korea Industrial Standards : KS규격)에 따른 누전차단기의 시험항목 및 기준을 나타내고 있다.

Table 1의 누전차단기 시험항목 및 기준을 분석한 결과, 전기화재의 주원인으로 평가되고 있는 접속·접촉불량과 순간단락에 관한 시험항목과 기준이 제외되어 있음을 알 수 있다. 따라서 현재의 누전차단기는 배선선로의 접속·접촉불량사고와 순간단락 사고시 차단이 불가능함으로써, 이에 대한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

4. 전기화재예방 제어시스템

Fig. 2는 EFPCD를 이용한 전기화재예방 제어시스템의 블록다이어그램을 보여주고 있으며, 또한 EFPCD는 기존의 ELB가 설치되어있는 전기 배선선로의 종단에 설치한다.

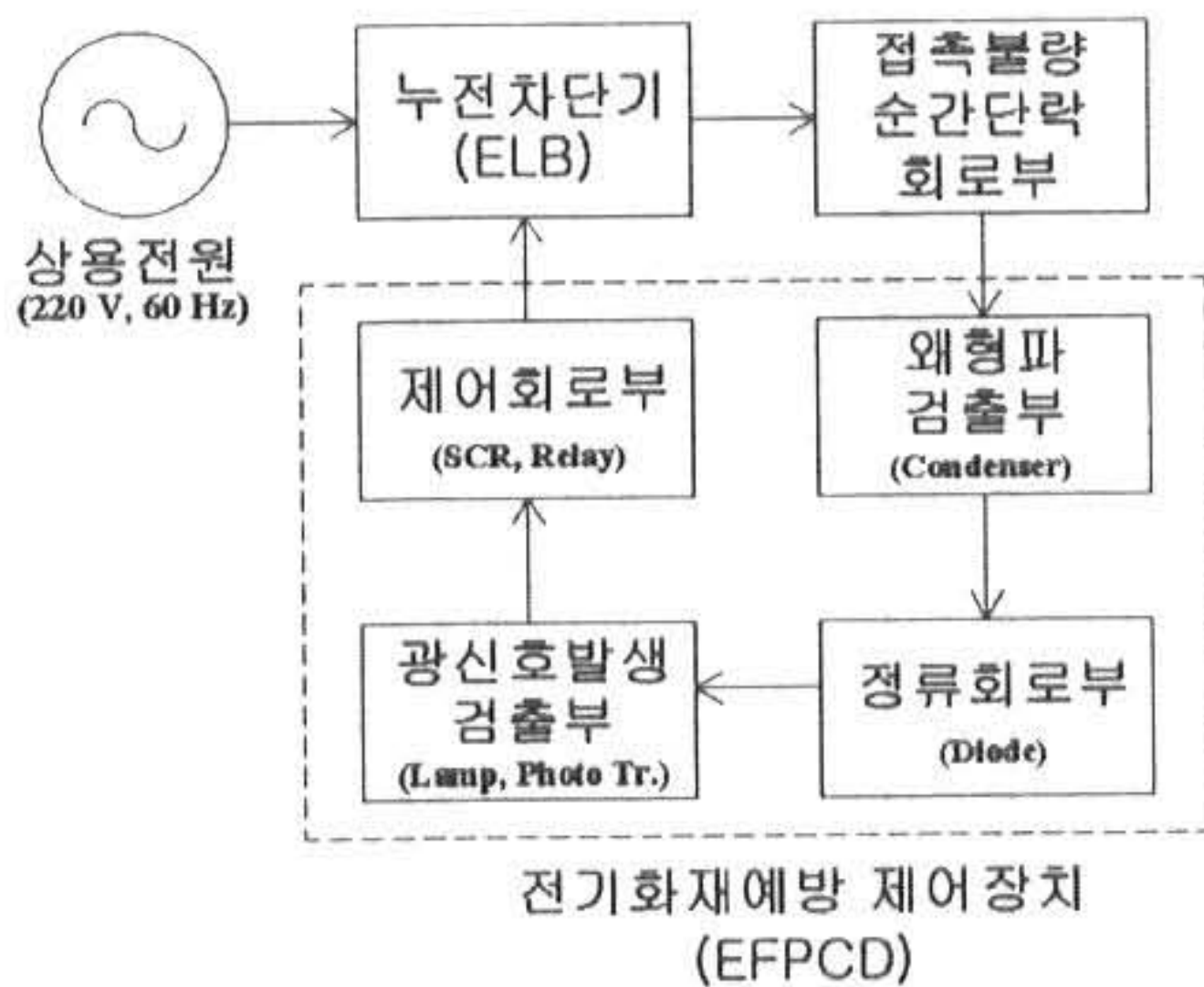


Fig. 2. The block diagram of EFPCD system

그리고 동작원리는 상용전원(AC 220V, 60Hz)이 ELB를 통하여 전기 배선선로에 공급하고 있을 때 배선선로 접속점의 접속·접촉불량과 순간단락으로 인해 발생하는 왜형파 신호가 입력시, 왜형파 검출회로에서는 입력전압이 급격하게 변화하면 전류가 급상승하는 콘덴서 특성에 의해 전류가 발생하게 된다. 이때 발생전류는 전파정류회로를 경유하게 되며, 또한 광신호 발생

(Lamp) 및 광신호 검출(Photo Tr.)이 가능하게 된다.

최종적으로, 제어회로부의 SCR과 릴레이 동작을 통하여 기존의 ELB가 신속히 차단되도록 제어신호를 제공하는 보조제어장치이다.

5. 실험 및 분석

사진1은 전기화재예방 제어실험장치를 나타내고 있다. 본 논문에서는 접속·접촉불량 및 순간단락시 정확한 파형 측정 및 분석을 위해 메모리 오실로스코프(THS 720P, USA)와 응용소프트웨어(WaveStar ver2.4, USA)를 이용하였다.

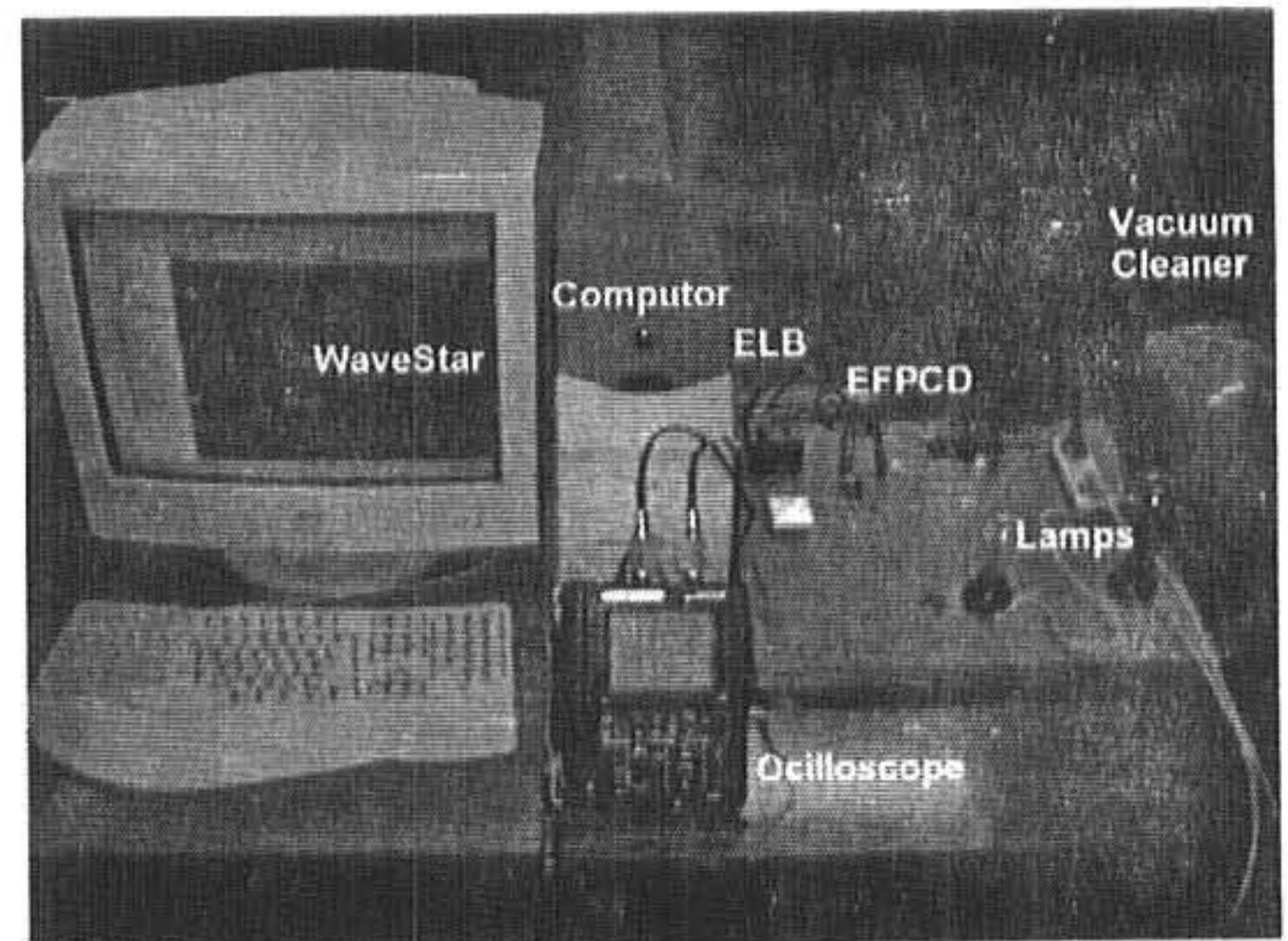
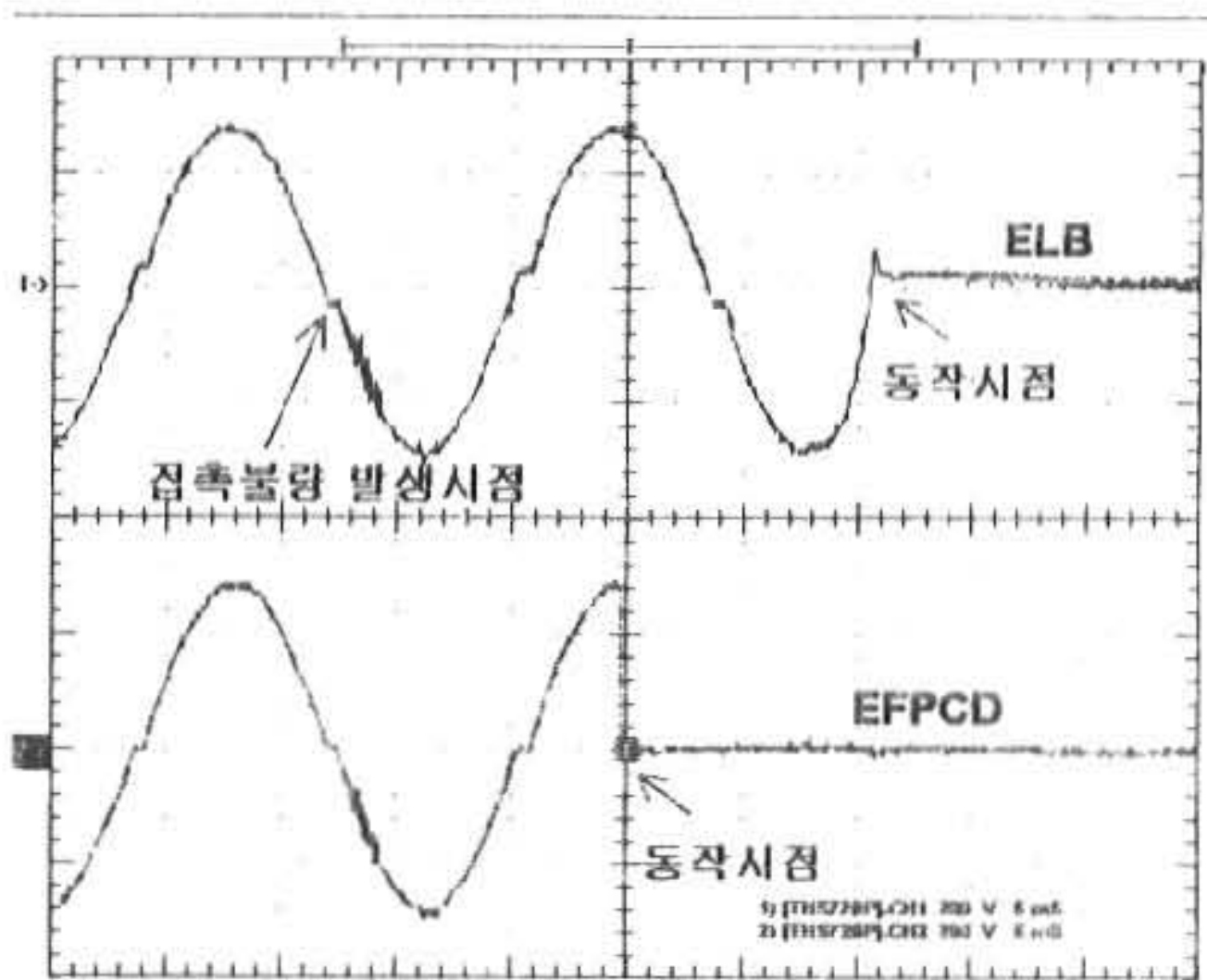
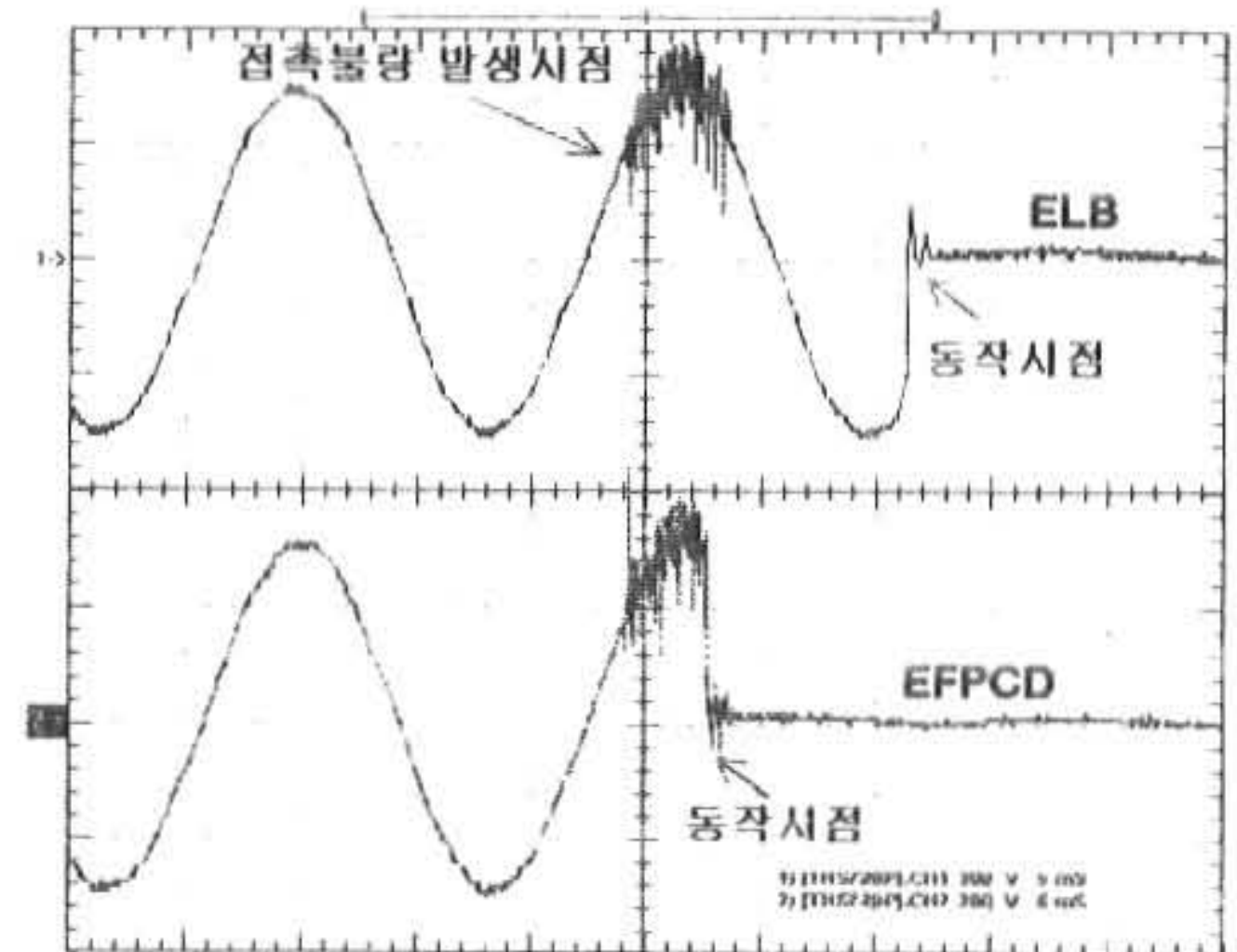


Photo. 1. Experimental device for the electrical fire prevention

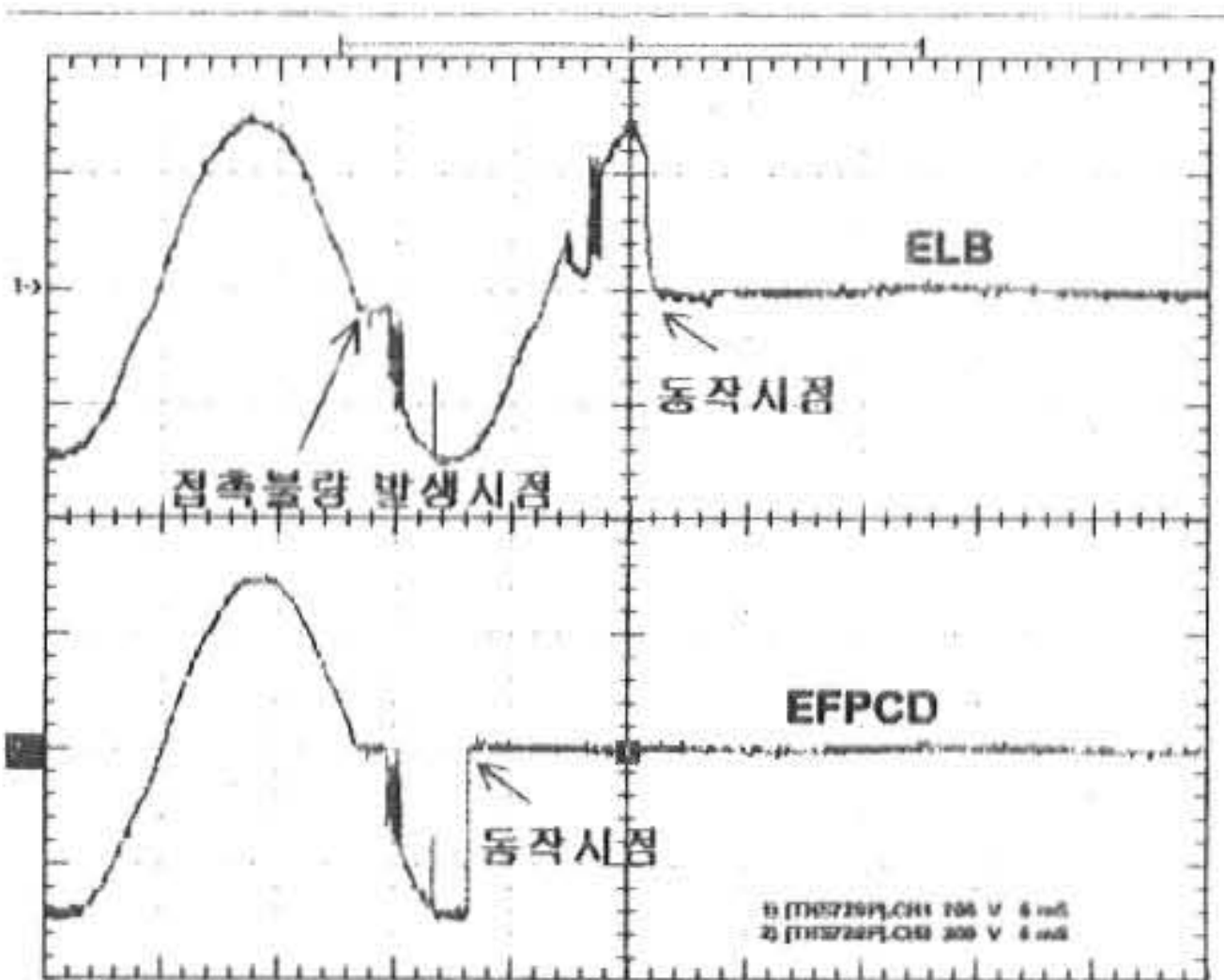
Fig. 3과 4는 부하에 따른 배선선로 접속점의 접속·접촉 불량으로 인한 ELB와 EFPCD의 동작전압 파형을 각각 나타내고 있으며, Fig. 3의 (a)와 (b)는 저항 부하로써 전동부하 사용시이고, Fig. 4의 (a)와 (b)는 인덕턴스 부하로써 전동기부하 사용시 측정된 파형이다. 측정결과를 분석하면, Fig. 3의 (a)는 접촉불량 발생시점으로부터 약 12.5[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 11.5[ms] 후에 ELB가 동작하였다. Fig. 3의 (b)는 접촉불량 발생시점으로부터 약 5.2[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 8.4[ms] 후에 ELB가 동작하였다.



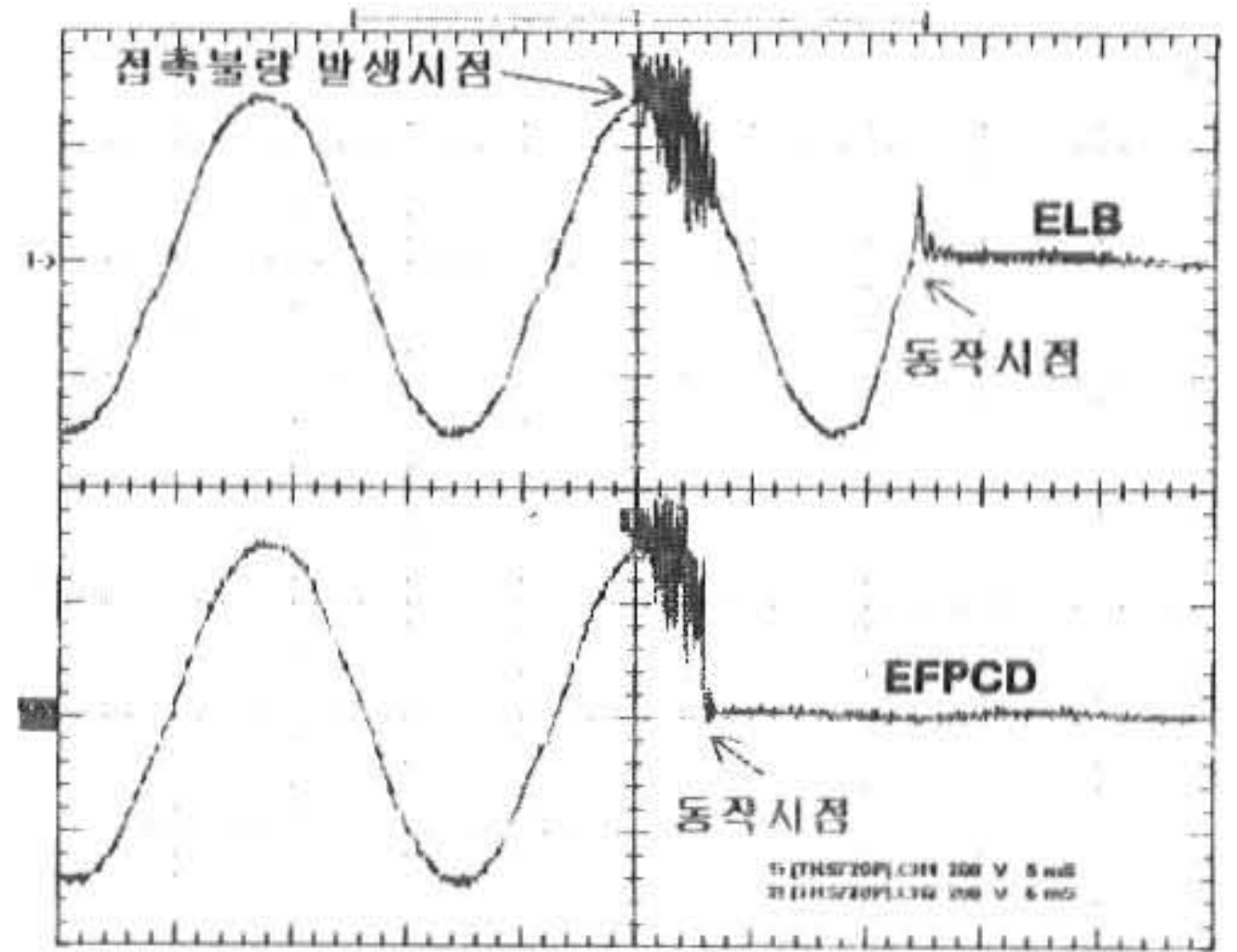
(a) voltage waveform(I) in R-load



(a) voltage waveform(I) in L-load



(b) voltage waveform(II) in R-load



(b) voltage waveform(II) in L-load

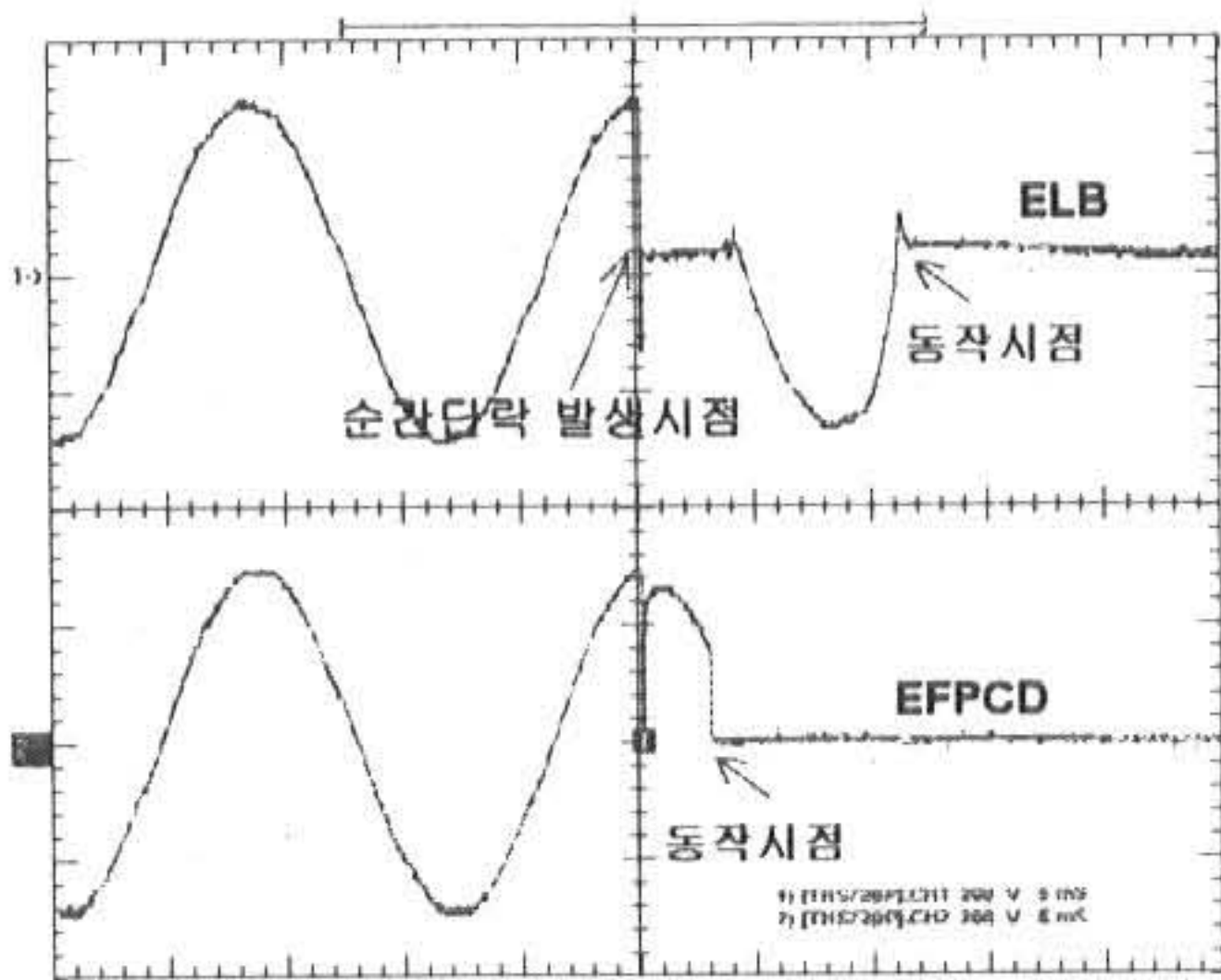
Fig. 3. The voltage waveform for the failures of pressure contacts in R-load

Fig. 4. The voltage waveform for the failures of pressure contacts in L-load

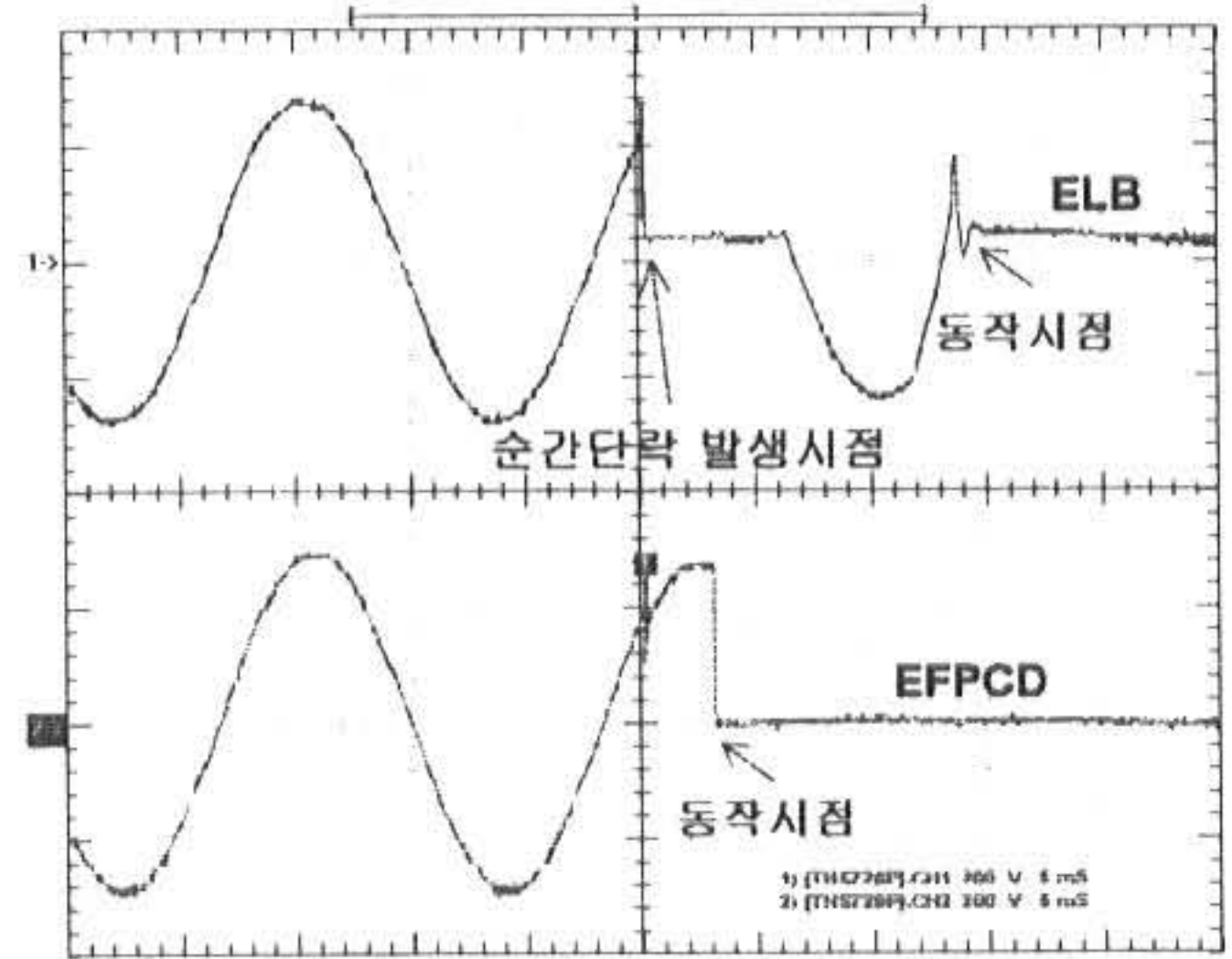
Fig. 4의 (a)는 접촉불량 발생시점으로부터 약 4.2[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 9.5[ms] 후에 ELB가 동작하였다. Fig. 4의 (b)는 접촉불량 발생시점으로부터 약 3.2[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 9.4[ms] 후에 ELB가 동작하였다.

측정결과를 분석하면, Fig.5의 (a)는 순간 단락 발생시점으로부터 약 3.2[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 9.4[ms] 후에 ELB가 동작하였다. Fig.5의 (b)는 순간 단락 발생시점으로부터 약 2.8[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 9.5[ms] 후에 ELB가 동작하였다. Fig. 6의 (a)는 순간 단락 발생시점으로부터 약 3.2[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 9.8[ms] 후에 ELB가 동작하였다. Fig. 6의 (b)는 순간 단락 발생시점으로부터 약 3.3[ms] 경과한 후에 EFPCD가 동작하였으며, EFPCD 동작후 약 10.1[ms] 후에 ELB가 동작하였다.

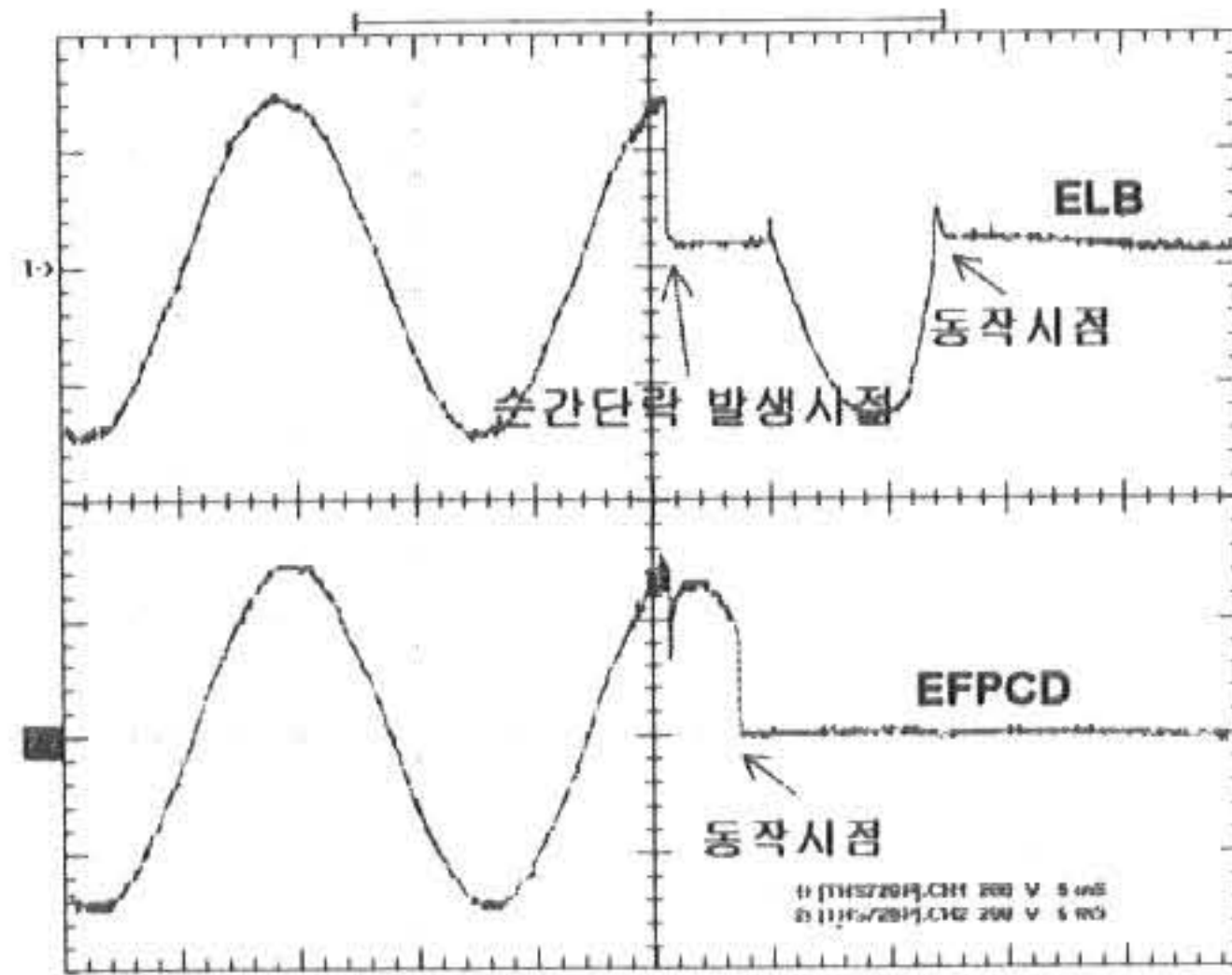
그리고 Fig. 5와 그림6은 부하에 따른 배선선로의 순간단락으로 인한 ELB와 EFPCD의 동작 전압파형을 각각 나타내고 있으며, Fig. 5의 (a)와 (b)는 저항 부하로써 전동부하 사용시이고, Fig. 6의 (a)와 (b)는 인덕턴스 부하로써 전동기부하 사용시 측정한 파형이다.



(a) voltage waveform(I) in L-load



(b) voltage waveform(II) in L-load



(b) voltage waveform(II) in R-load

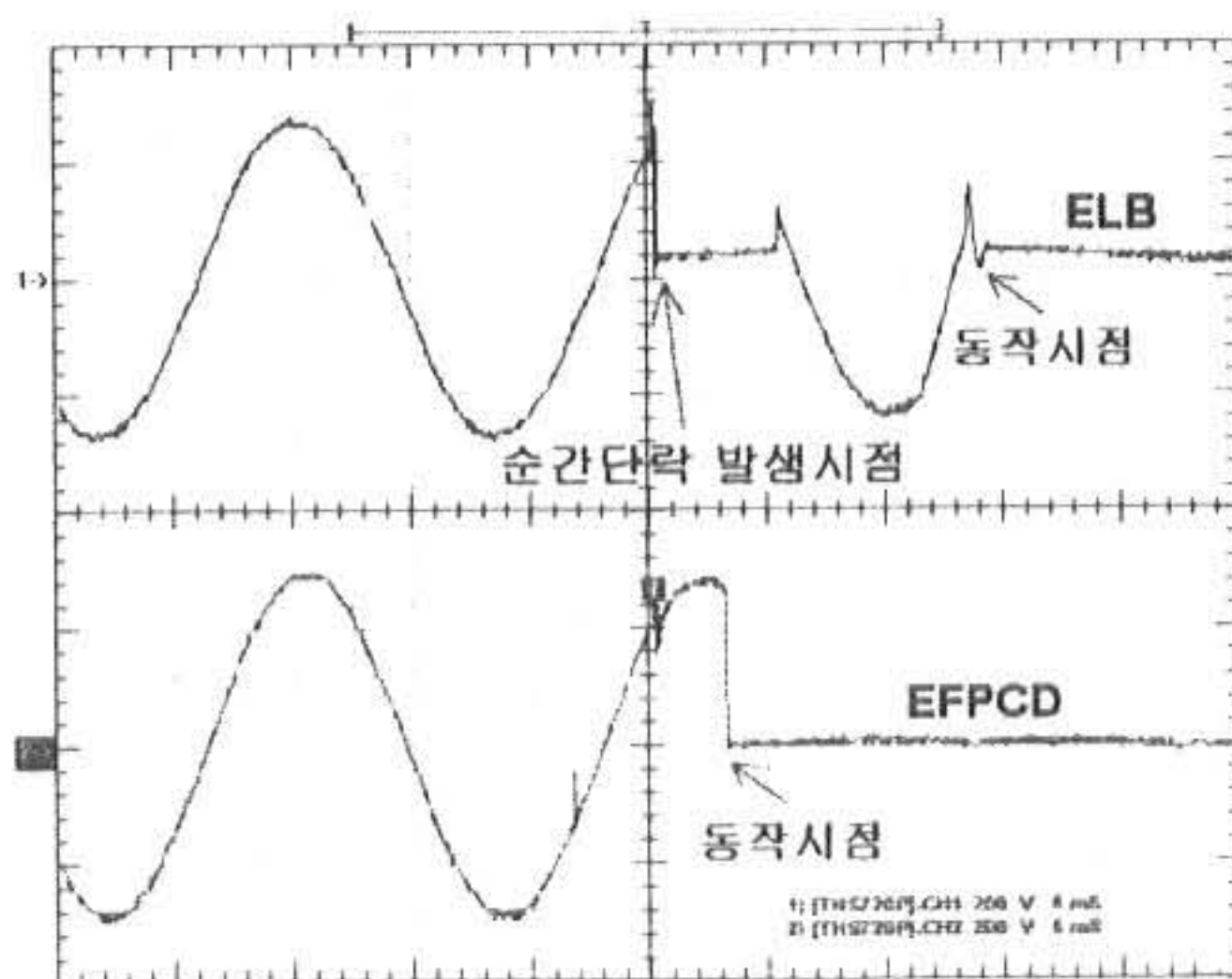
Fig. 5. The voltage waveform for the momentary short circuit in R-load

Fig. 6. The voltage waveform for the momentary short circuit in L-load

6. 결론

본 논문에서는 전기화재 예방을 위해 ELB의 보조제어장치인 EFPCD 개발을 통하여, 부하에 따른 배선선로 접속점의 접속·접촉불량과 순간 단락시 EFPCD와 ELB의 동작특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 전동부하로 인한 배선선로 접속점의 접속·접촉불량 발생시, EFPCD는 각각 12.5[ms]와 5.2[ms] 경과한 후 동작하였으며, 또한 ELB는 EFPCD가 동작한 후 각각 11.5[ms]와 8.4[ms] 경과한 후 즉시 차단됨으로써 정상적인 동작을 확인하였다.
- 2) 전동기부하로 인한 배선선로 접속점의 접속·접촉불량 발생시, EFPCD는 각각 4.2[ms]와 3.2[ms] 경과한 후 동작하였으며, 또한 ELB는 EFPCD가 동작한 후 각각 9.5[ms]와 9.4[ms] 경과한 후 즉시 차단됨으로써 정상적인 동작을 확인하였다.
- 3) 전동부하로 인한 배선선로 순간 단락 발생시, EFPCD는 각각 3.2[ms]와 2.8[ms] 경과한 후 동작하였으며, 또한 ELB는 EFPCD가 동작한 후 각각 9.4[ms]와 9.5[ms] 경과한 후 즉시 차단됨으로써 정상적인 동작을 확보하였다.
- 4) 전동기부하로 인한 배선선로 순간 단락 발생시, EFPCD는 각각 3.2[ms]와 3.3[ms] 경과한



(a) voltage waveform(I) in L-load

후 동작하였으며, 또한 ELB는 EFPCD가 동작한 후 각각 9.8[ms]와 10.1[ms] 경과한 후 즉시 차단됨으로써 정상적인 동작을 확보하였다.

상기 연구결과 개발된 EFPCD는 전기화재 예방 설비로써, 배선선로 접속점의 접속·접촉불량과 순간 단락 사고시 스파크와 접속·접촉점의 과열로 인한 전기화재 예방에 기여할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 행정자치부, 소방행정자료 및 통계(2001).
- 2) 이상호, 오홍석, 김풍래, “전기화재 예방에 관한 연구”, 한국화재소방학회 춘계학술대회 논문집, pp.133~137, 2002.
- 3) 김창중, “전기화재 징후검출 장치의 적용 및 테스트회로의 구성”, 한국 조명·전기설비학회, 제15권, 제6호, 2001.12.
- 4) 육유경, “최신 디지털 누전 경보기(ELD) 소개와 누전으로 인한 재해 예방대책”, 한국화재소방학회지, 제2권, 제1·2호, 2001. 6.
- 5) 박용환, 양승용, “단면결합 전선에서의 화재 발생 메카니즘 연구”, 한국화재소방학회 추계학술대회 논문집, pp.61~67, 2001.
- 6) 이의평, etc., “電氣溶融痕에 의한 火災 原因 鑑定法에 관한 연구”, 한국화재소방학회 추계학술대회 논문집, pp.100~108, 2001.
- 7) ROBERT A. YEREANCE, “ELECTRICAL FIRE ANALYSIS”, THOMAS, pp17~31, 1995.
- 8) John E. Traister, Terry Kennedy, “Low Voltage Wiring : Security/Fire Alarm Systems”, McGraw-Hill, pp.199~212, 2002.

(2002년 5월 22일 접수, 2002년 8월 20일 채택)