
누전, 아크, 과부하에 의한 전기화재 제어 시스템 보드의 구현

김병철* · 전중창**

The Implementation of the system-on-board controllable the electrical fires due to ground fault, arc fault and overload

Byungcheul Kim* · Joong-Chang Chun**

이 논문은 2009년도 경남과학기술대학교 기성회 연구비 지원에 의하여 연구되었음

요 약

누전, 아크 그리고 과부하로 인한 전기화재를 탐지하고 제어할 수 있는 시스템보드(system-on-board)를 구현하였다. 이를 위하여 화재방지제어 시스템 IC를 사용하였으며, 누설전류 검출을 위한 GF(ground fault)신호 검출회로, 아크(arc fault)신호 검출회로, 그리고 과전류가 발생할 경우 입력전압을 제어할 수 있는 과부하신호 검출회로를 설계하였다. GF신호 검출회로와 아크신호 검출회로는 누설전류와 아크신호에 각각 잘 동작하였으며, 과부하(overload)신호 검출회로는 노이즈나 부하변동에 따른 오동작 없이 과부하시에만 동작함을 확인하였다.

ABSTRACT

The system-on-board detectable and controllable the electrical fires due to ground fault(GF), arc fault and overload is implemented. The system IC for controlling and preventing the electrical fires is available to this system. The GF detection circuit for detecting the electrical leakage current, the arc fault detection circuit and the overload detection circuit controllable the input voltage for flowing the overload current are designed. The GF detection circuit and the arc fault detection circuit are good operated to the electrical leakage current and the arc signal, respectively. It is confirmed that the overload detection circuit has shown no erratic operation with the noise or the load variation and is only operated at the overload condition.

키워드

GF, Arc, Overload, System-on-Board, The Electrical Fires

Key word

접지결함, 아크, 과부하, 시스템보드, 전기화재

* 정회원 : 경남과학기술대학교 전자공학과

** 정회원 : 경남과학기술대학교 전자공학과(교신저자, jcchun@gntech.ac.kr)

접수일자 : 2010. 10. 01

심사완료일자 : 2011. 01. 17

I. 서 론

미국방화협회(NFPA)는 전기화재의 약 80%가 아크(arc fault)로 발생된다고 발표하였다. 이에 미국의 전기 안전규정(NEC)에 2002년 1월 1일 이후 신축되는 건물의 침실 배선에는 AFCI를 의무적으로 설치하도록 명문화하여 모든 가정의 전기회로에 아크차단기를 설치하도록 규정하였다. 우리나라는 배선용차단기 및 누전차단기를 사용하여 단락사고와 누전사고를 방지하도록 전기설비기술기준으로 정하고 있으며 최근에 기준화된 “과부하검용 누전차단기(RCD: residual current protective device)”의 설치가 대중화 되어있다[1]. RCD는 누전과 과전류 사고를 감지하여 차단하는 장점은 있으나 직접적인 전기화재의 위험요소인 단락 및 과부하 사고에 의한 아크나 스파크(spark) 현상에 대한 차단기능은 거의 없는 것으로 보고되고 있다[2~4]. 본 연구에서는 최초로 누전, 아크 그리고 과부하로 인한 전기화재를 동시에 탐지하고 제어할 수 있는 시스템보드(system-on-board)를 구현하였다. 이를 위하여 이전에 개발하였던 화재방지 제어 시스템 IC[5]를 사용하였으며, 누설전류 검출을 위한 GF(ground fault)신호 검출회로, 아크(arc fault)신호 검출회로, 그리고 과전류가 발생할 경우 입력전압을 제어할 수 있는 과부하신호 검출회로를 설계하였다.

II. 전기화재제어 시스템보드

그림 1에 누전, 아크 그리고 과부하로 인한 전기화재를 동시에 탐지하고 제어할 수 있는 시스템보드를 나타

내었다. 입력 Line은 HOT과 NEU를 통하여 전압이 인가되고, 출력 쪽 HOT과 NEU에 연결되어 있는 전원기기들의 동작 상태는 L1, L2, L3의 전류센서를 이용하여 검출한다. L1은 GF(ground fault)신호, L2는 아크신호, L3는 과부하(overload)신호를 검출한다. 3개의 전류센서로부터 검출된 각각의 신호들은 시스템 IC 내부블록에 설계된 신호 처리부를 거쳐 입력 HOT과 출력 HOT를 차단함으로써 가전기기의 전원을 차단시킬 수 있다.

전원장치가 노출된 가전기기, 콘센트, 욕실 등 감전되기 쉬운 환경에서 취급부주의로 인체의 한 부분으로 전류가 흐르기 시작하면, 인체에 쇼크를 주는 범위를 넘어서는 순간 L1에서 미약한 전류를 검출하여 시스템 IC 내부블록에 설계된 신호 처리부를 거쳐 GF 신호임을 확인하고 입력 HOT과 출력 HOT 사이를 차단시킴으로써 인체에 영향을 미치는 위험요소를 제거할 수 있다. 가전기기의 동작 상태에서 전원코드의 불량이나 노후화로 인하여 미약한 스파크가 발생되면 L2에서 이 신호를 검출하여 시스템 IC 내부블록에 설계된 신호 처리부를 거쳐 입력 HOT과 출력 HOT를 차단함으로써 가전기기의 전원을 차단시킬 수 있다. 마지막으로 출력 HOT에 연결된 가전기기들의 사용전류가 규정값 이상이 되면 코드에 열이 발생되거나 가전기기의 동작에 무리를 일으켜 화재 발생의 위험이 존재하기 때문에 최대 정격 전류 이상의 전류가 HOT에서 흐를 경우 전압공급을 중단시켜 위험요소를 제거시킬 수 있다. 이러한 위험요소 또는 화재 발생 가능성으로 인하여 HOT 전압이 차단되었을 경우 사용자가 어떤 원인으로 전원이 차단되었는지 알 수 없기 때문에 계속해서 위험한 환경 속에서 사용하게 된다. 일반적으로 사용되고 있는 차단기는 전원차단 기능만을

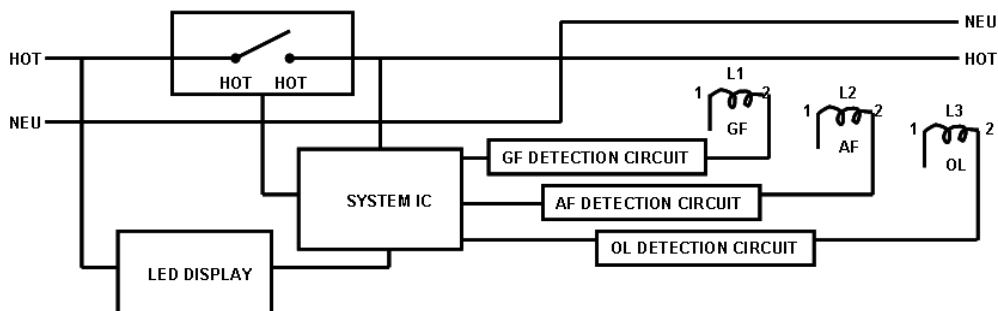


그림 1. 전기화재제어 시스템보드의 구성

Fig. 1 The configuration of the system-on-board controllible the electrical fires

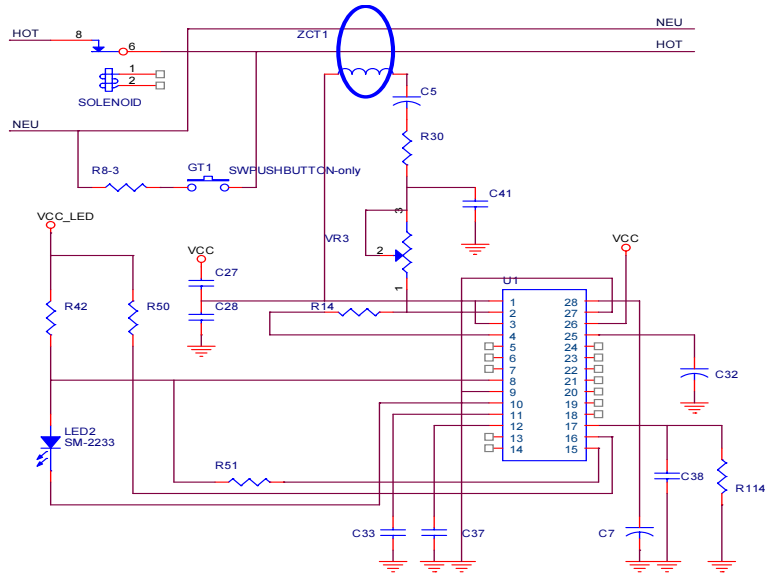


그림 2. GF 신호검출회로
Fig. 2 The GF detection circuit

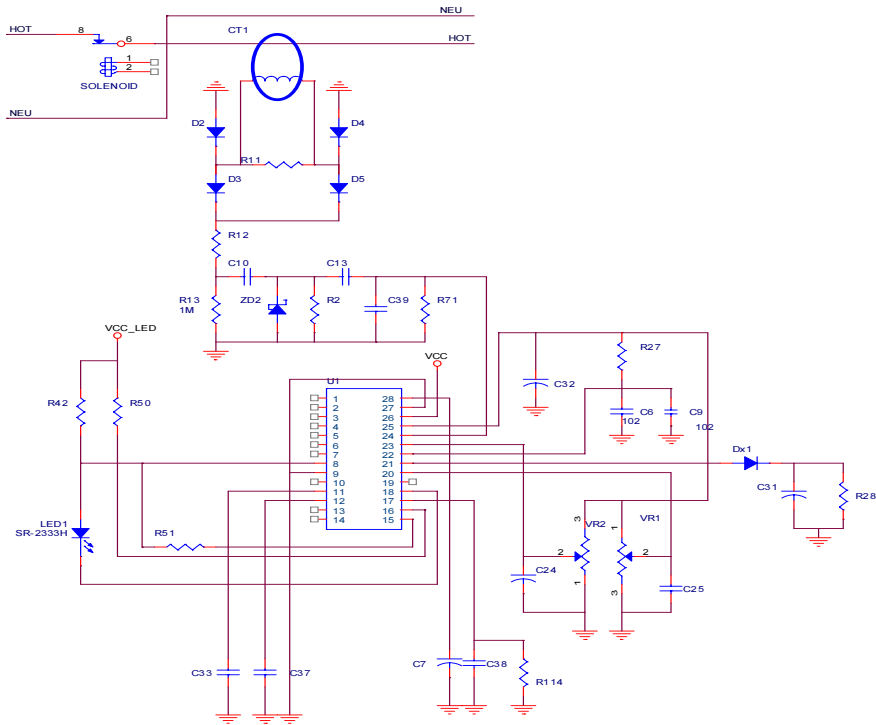


그림 3. 아크신호 검출회로
Fig. 3 The arc fault detection circuit

갖고 있지만, 본 연구에서 구현한 전기화재 제어 시스템 보드는 누전, 아크 그리고 과부하로 인한 전기화재를 동시에 탐지하고 제어할 수 있는 장점을 가지고 있다. 전원 차단 후에도 LED 전용전원을 이용하여 누전, 아크 그리고 과부하를 각각 표시하는 3개의 LED가 지속적으로 동작하기 때문에 전원차단의 원인이 누전인지, 아크인지 아니면 과부하인지를 사용자에게 알려주어 화재원인을 제거할 수 있도록 해주기 때문에 전기화재를 근본적으로 차단할 수 있다.

1. GF 신호검출 회로

GF 신호를 검출하기 위한 회로를 그림 2에 나타내었다. 센서 입력부, 신호처리부, 그리고 LED 출력회로로 구성되어 있다. 콘센트에서 누설신호가 발생하였을 경우, 센서입력부는 영상변류기(ZCT: zero current transformer)를 이용하여 두선간의 전류차에 의해 발생된 신호를 검출할 수 있다. 이러한 신호는 C5에 의해 dc offset 전압이 제거된 순수한 신호만이 검출된다. 이때 R30과 C41을 이용하여 불필요한 노이즈 성분을 제거한다. 이러한 GF신호는 감도를 결정하는 가변저항 VR3과 Feedback 저항 R14를 이용하여 증폭하며, 증폭도는 R14/VR3으로 결정된다. 대부분 규정에 의해 누설전류값이 결정되어 있으므로, 테스트 버튼에 연결된 저항은 그에 맞추어 15K로 설정하였다. 테스트 버튼을 누르면 순간 누설전류가 발생되고, 이때 차단기가 트립되며, 누설전류가 발생함을 LED로 확인하였다.

2. 아크신호 검출회로

그림 3은 아크신호를 검출하기 위한 회로이다. 센서 입력부와 노이즈 제거부, 입력신호 검출부, 그리고 출력신호부로 구성된다. 센서입력부에서는 CT1을 이용하여 신호를 검출하고 60Hz에 따라 발생하는 신호를 검출하기 위해 정류다이오드 D2, D3, D4, D5를 이용하여 신호가 생성된다. R12와 R13에 의해 감쇄된 신호는 C10, ZD2를 통하여 DC 신호 제거 및 순간적인 노이즈에 의한 큰 신호가 제거된다. 또한 R2, C13, C39, R71에 의해 고조파 노이즈가 제거된다. 이렇게 만들어진 신호는 외부 가변저항 VR2에 의해 특정전압 이상에서만 반응하며 시스템 IC 내부로 입력된다. 함수발생기로 5V 이상의 전압을 발생시켜 주파수별로 검출회로를 시험하였다.

그림 4는 시스템 IC 내부로 입력되는 신호에 대한 검출 신호 파형이다. 이러한 신호는 IC 내부에 있는 신호정형 회로에 의해 일정한 듀티신호로 출력됨을 확인할 수 있다.

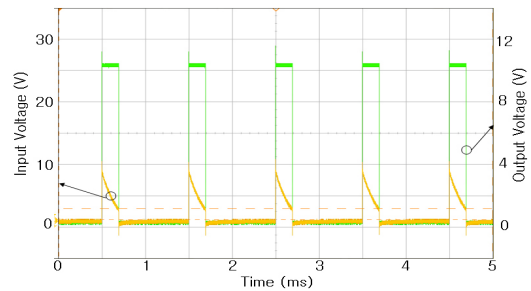


그림 4. 입력신호에 대한 출력신호
Fig. 4 The Input signal vs the output signal

그림 5는 입력신호에 대한 아크신호 출력전압을 측정 한 결과이다. 아크신호는 없고 노이즈만 섞여있는 입력 신호에서는 출력신호가 나타나지 않음을 보여주고 있다.

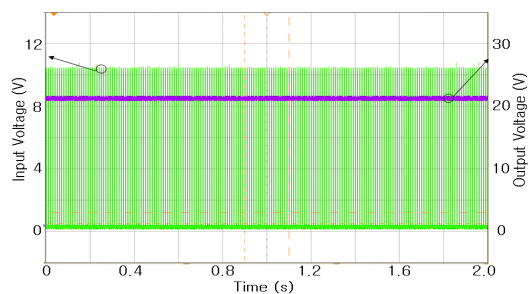


그림 5. 입력신호에 대한 출력신호
Fig. 5 The Input signal vs the output signal

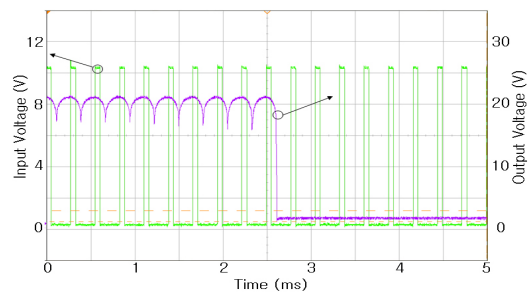


그림 6. 입력신호에 대한 출력신호
Fig. 6 The Input signal vs the output signal

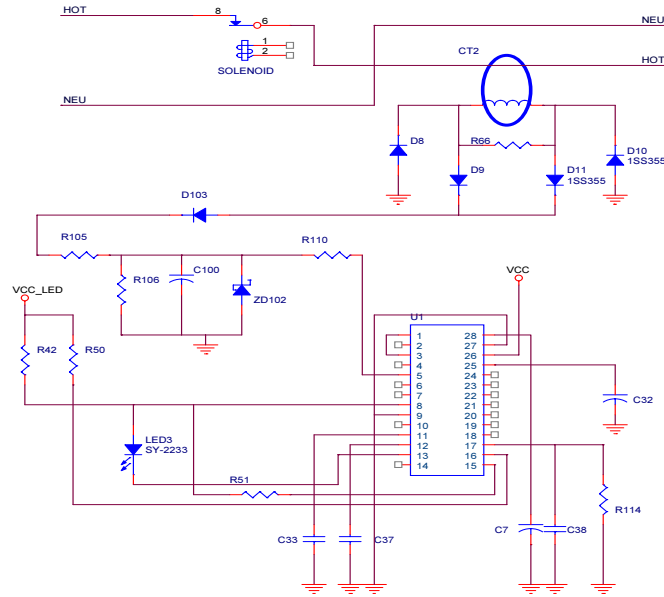


그림 7. 과부하신호 검출회로
Fig. 7 The overload detection circuit

그림 6은 입력신호에 대한 아크신호 출력전압을 측정 한 결과이다. 입력신호에서 아크신호가 유입되면 그림 4와 같은 신호파형이 생성되고 연속적으로 입력신호가 유입되어 누적되면 최종적으로 출력 SCR과 출력 LED가 동작됨을 보여주고 있다.

3. 과부하신호 검출회로

과부하신호 검출회로는 부하측에서 사용자의 부주의로 인한 과전류 또는 노후화에 의한 전선피복의 합선으로 과전류가 발생할 경우 입력전압을 제어함으로써 화재를 적절히 방지할 수 있다. 그림 7에 과부하신호를 검출하기 위한 회로를 나타내었다. CT2를 이용하여 부하로 흐르는 전류를 검출한다. 이때 발생된 신호는 교류신호 60 Hz를 기준으로 하나씩 발생되며, 이러한 신호를 극대화하기위해 다이오드 D8, D9, D10, D11을 이용하여 양과 정류한다. 저항 R66은 CT2의 감도를 조정하기 위해 사용되었다. 이 신호는 D103을 통하여 한쪽방향으로 진행되며, 저항 R105와 R106을 통하여 신호가 감쇄된다. 이때 콘덴서 C100과 ZD102를 통하여 순간적인 노이즈와 큰 신호는 제거된다. 그림 8은 부하가 없을 경우, 입력신호에 대한 출력신호를 나타낸 것이다. 최종전압은

2.06 V를 나타내고 있다. 이것은 시스템 IC 내부적으로 정전압회로를 이용하여 2.1 V 정도의 기준전압을 출력하고 있으며, 비교전압에서 노이즈 등의 영향을 최소화하기 위하여 미리 일정 전압을 인가한다.

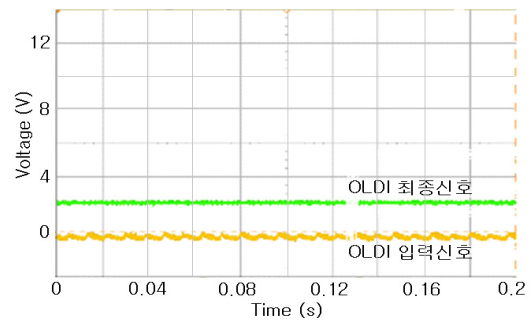


그림 8. 대기상태의 신호
Fig. 8 The standby signal

그림 9는 220 V, 900 W의 부하를 인가하였을 경우, 입력신호에 대한 출력신호를 나타낸 것이다. 입력신호는 60 Hz에 맞추어 약 3 V의 전압이 발생함을 알 수 있으며, 그때 출력전압은 변동이 거의 없음을 알 수 있다.

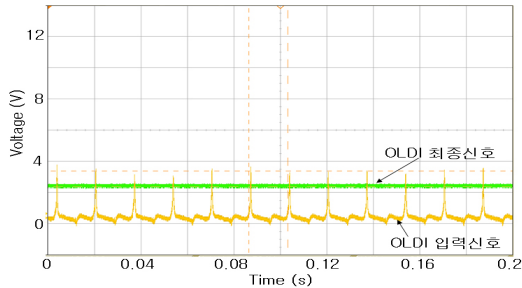


그림 9. 900 W 부하
Fig. 9 900 W load

그림 10은 220 V, 2700 W의 과부하를 인가하였을 경우, 입력신호에 대한 출력신호를 나타낸 것이다.

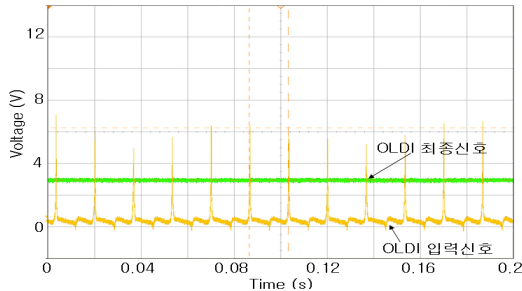


그림 10. 2700 W 부하
Fig. 10 2700 W load

입력신호는 약 5.87 V의 전압이 인가되었으며, 이때 출력전압은 2.56 V로 조금씩 상승함을 알 수 있다. 따라서 노이즈나 부하변동에 따른 오동작 없이 과부하시에만 동작함을 알 수 있다.

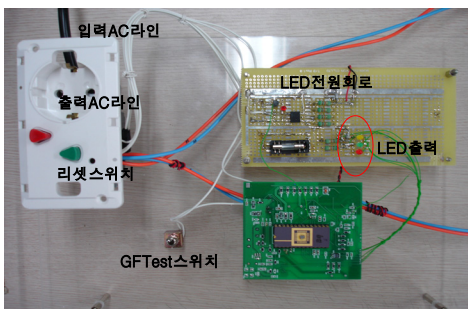


그림 11. 전기화재제어 시스템보드
Fig. 11 The system-on-board controllable the electrical fires

그림 11에 제작된 전기화재제어 시스템보드를 나타내었다. 시스템 IC, 검출회로 그리고 전원차단회로가 포함된 PCB와 LED회로로 구성되어있다.

III. 결 론

본 연구에서는 최초로 화재방지제어 시스템 IC를 사용하여 누전, 아크 그리고 과부하로 인한 전기화재를 동시에 탐지하고 제어할 수 있는 시스템보드를 구현하였다. GF신호 검출회로와 아크신호 검출회로는 누설전류와 아크신호에 각각 잘 동작하였으며, 과부하신호 검출회로는 노이즈나 부하변동에 따른 오동작 없이 과부하시에만 동작함을 확인하였다.

참고문헌

- [1] (주)제일전기공업, (주)LS산전, “누전차단기 및 배선용차단기 기술자료”, 2006.
- [2] 이상일, 유재근, 박종찬, 최규하, “차단기류 오동작 분석을 위한 전원왜형장치 설계 및 개발”, 전력전자학회 논문지, Vol. 11, No. 5, pp. 480~488, 2006.
- [3] 광동걸, 정도영, 신미영, “아크 및 스파크 재해에 대한 누전차단기 트립을 위한 보조제어 전기안전장치에 관한 연구”, 한국화재소방학회논문지, Vol. 20, No. 1, pp. 71~76, 2006.
- [4] 광동걸, “반도체 스위칭 소자를 이용한 고속 고정밀의 전기화재 방재장치”, 전력전자학회 논문지, Vol. 14, No. 5, pp. 423~430, 2009.
- [5] 김병철, “화재방지제어 시스템 IC,” 한국해양정보통신학회논문지, Vol. 13, No. 4, pp. 737~746, 2009.

김병철(Byungcheul Kim)

한국해양정보통신학회 논문지
제13권4호 참조

전중창(Joong-Chang Chun)

한국해양정보통신학회 논문지
제12권6호 참조