

# 직병렬아크사고 예방을 위한 마이컴 알고리즘 설계에 관한 연구

최정규, 광동걸, 최신희, 정도영, 김대환\*  
 강원대학교, \*㈜부길전기

## A Study on Micom Algorithm Design for Prevention of Serial Parallel Arc Accident

Jung-Kyu Choi, Dong-Kurl Kwak, Shin-Hyeong Choi, Do-Young Jung, Dae-Hwan Kim\*  
 Kangwon National University, \*Bugil Electricity co.

### ABSTRACT

This paper studies on the development of an electric fire prevention system with the detection and alarm in case of parallel arc fault occurrence in low voltage distribution lines. The proposed detector has the characteristics of high speed operation responsibility and superior system reliability from composition using a large number of semiconductor devices. The line voltage is always feedback, and when an arc or a spark occurs, these are detected by the microcomputer. In addition, we design and develop algorithms using high speed and high precision microcomputer. A new conceptual control technique is adopted that RCD cuts-off by forming a forced short circuit between the phase voltage and ground in the event of an electrical accident. Some experimental tests of the proposed system also confirm practicality and the validity of the analytical results.

### 1. 서론

최근 기술의 발전으로 많은 편의시설이 늘어나고 있으며, 이들 편의시설의 대부분은 불특정다수인이 이용하는 다중이용시설이다. 다중이용시설은 화재 발생 시 대형 인명피해와 재산피해를 야기할 수 있기 때문에 법령상에서도 따로 분류하여 다루고 있으며 화재 발생 시 마스크에서도 중요하게 보도하고 있다. 또한 최근 전기의 사용량이 많아지면서 무분별한 기기의 사용과 노후된 건축물의 옥내외의 전기배선은 항상 전기사고의 위험에 노출되어 있는 상태로 이에 대한 해결방안이 시급한 상황이다.

소방청 국가화재정보센터의 2017년 화재현황통계에 따르면 표 1과 같이 총 화재건수 44,178건중 부주의로 인한 화재건수가 23,29건, 53.03%로 가장 많이 차지하고 있으며, 그 다음으로 전기적 요인으로 인한 화재건수가 9,264건, 20.97%로 차지하고 있어, 부주의로 인한 전기화재를 제외하고 전기적 요인으로 인한 사고가 가장 많이 발생하는 것을 알 수 있다.<sup>[1]</sup>

따라서 부주의로 인한 화재와 전기적 요인으로 인한 화재건수를 줄일 수 있다면 총 화재건수의 74%를 줄일 수 있는 상황이 된다. 부주의로 인한 사고는 많은 홍보가 필요하여 본 논문에서는 다루지 않도록 하고 두 번째로 많은 화재인 전기화재를 중점적으로 다루기로 한다.

표 1 국가화재정보센터의 2017 화재현황통계  
 Table 1 Statistics of the fires present state in 2017

total	accidental fire sort		natural cause	arson		unidentified
44,178	electricity	9,264	250	real fire	383	4,309
	machinery	4,489				
	chemistry	625				
	gas leakage	175				
	traffic accident	457		arson doubt	515	
	carelessness	23,429				
	others	282				

표 2 2017년 전기적요인의 발화원인별 화재현황 분석  
 Table 2 Analysis results of electrical fires in 2017

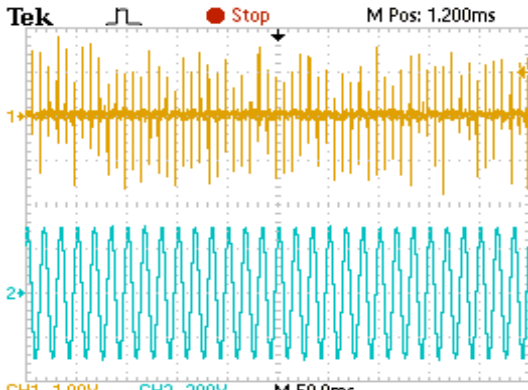
total	short circuit fault		leakage	over current	semi_connector	unidentified
9,264	contact badness	994	317	870	184	514
	insulation flame	2,362				
	pressure injury	582				
	line to line short	92				
	tracking	894				
	others	2,396				

전기적 요인으로 인한 화재사고의 발화원인별 화재건수를 분석하면 표 2와 같이 단락으로 인한 화재사고가 7,320건, 79.02%로 가장 많이 차지하고 있음을 알 수 있다.<sup>[2]</sup> 전기적 요인으로 인한 화재사고는 누전·지락, 과부하/과전류, 기타를 제외한 대부분은 전기의 단락이나 단선으로 인하여 발생한다. 이런 전기 아크나 스파크는 주변 가연물로 확대되어 전기화재를 일으켜 전기화재를 발생시키는 것으로 확인되었다. 따라서 본 논문에서는 마이컴을 이용하여 아크나 스파크 발생 시 전기를 차단하는 감지법을 설계하고 다양한 동작특성 시뮬레이터를 통하여 그 타당성과 실용성을 입증한다.

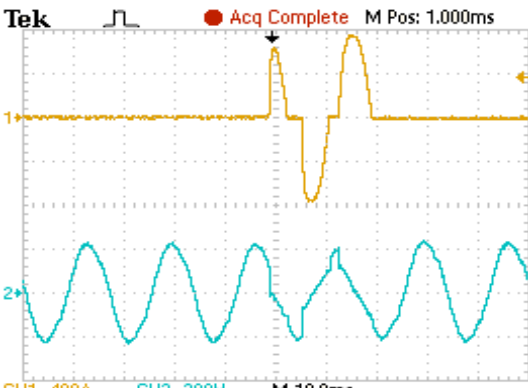
## 2. 마이컴을 이용한 아크감지회로 설계

### 2.1 아크에 대한 기존 RCD의 동작특성 분석

전기화재의 예방을 위하여 국내에서는 배전선로에 배전용차단기(MCCB), 누전차단기(ELB)를 설치하여 전기화재를 방지하도록 전기설비기술기준으로 정하고 있다. 최근에는 과부하검용 누전차단기(RCD)의 설치가 대중화되어 있다. RCD는 누전과 과전류 사고의 차단성능은 우수하나 전기화재의 대부분의 원인인 아크나 스파크에 대한 차단 성능은 그림 1과 같이 거의 없는 것으로 분석되었다.



(a) 직렬아크 사고에 대한 RCD 동작특성 파형



(b) 병렬아크 사고에 대한 RCD 동작특성 파형

그림 1 직렬 및 병렬 아크사고에 대한 RCD 동작특성 파형  
Fig. 1 Operation characteristic waveforms of RCD for serial and parallel arc accidents

그림 1과 같이 RCD의 동작특성에서 그림 1(a)는 직렬아크가 최대 1.9Vpk가 발생하고 있지만 RCD는 동작하지 않는 결과이며, 그림 1(b)는 병렬아크가 최대 760Apk로 상당히 높은 아크전류가 발생하였음에도 불구하고 RCD가 동작하지 않는 결과를 보여준다. 이는 RCDs의 정격차단시간이 30ms로 정해져 있어 이보다 짧은 폭의 아크나 스파크에 대해서 차단 동작이 불가능한 이유로 분석되었다.

### 2.2 아크사고 예방을 위한 마이컴 설계

상기의 RCD의 동작 특성과 같이 배전선로에 RCD의 설치만으로 전기화재를 예방하기 어렵다는 것으로 분석되었다. 따라서 본 논문에서는 전기화재의 주된 요인인 아크사고가 발생하

였을 때 그 아크 신호를 감지하고, 접지 측으로 강제적인 단락 회로를 형성시켜, 즉 RCD의 우수한 동작 특성인 누전 상태를 인위적으로 구성하여 RCD를 트립시켜 배전계통을 보호하는 알고리즘을 구성하였다. 회로 토폴로지는 마이컴과 다양한 반도체 소자들을 사용하여 동작 속응성과 신뢰성을 확보하였다.

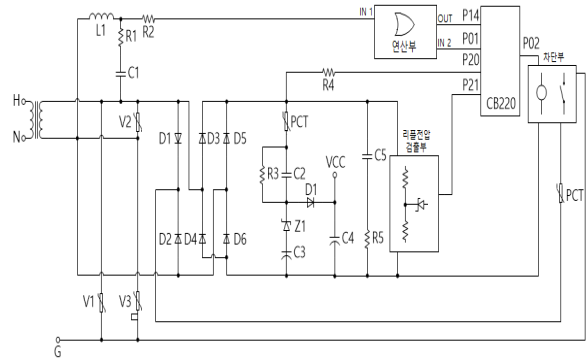


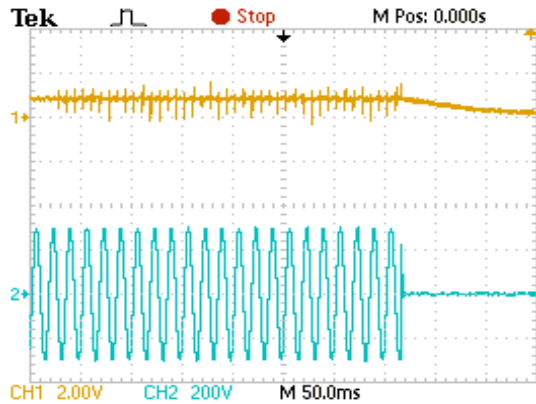
그림 2 마이컴을 이용한 아크사고 감지 회로도  
Fig. 2 Arc faults detection circuit for using micom.

제안한 장치는 전원부, 고역 필터부, 연산부, 검출부, 차단부로 구성된다. 직렬아크가 발생하였을 경우의 동작원리를 살펴보면, 먼저 고역 필터부를 통해서 10kHz 이상의 고주파신호만 추출하고, 이 신호와 P01에서 출력되는 Enabled신호를 OR 논리회로를 통해 출력을 얻어 마이컴 P14번의 고속카운터로 아크 파형을 검출한다. Enabled는 AC신호를 상승 엣지에서 동기화하여 약 2ms정도의 Enabled신호를 발생한다. 그 이유는 직렬 아크파형은 0°에서 30° 사이에서 주로 발생하기 때문이다.<sup>[3]</sup> 또한 고속카운터에서 읽어들인 값이 500ms 이내에 200개 이상이면 아크사고가 발생한 것으로 인식하게 된다. 즉, 고속카운터는 500ms마다 리셋하고, 1주기(16.7ms)의 0°~30° 사이에서 아크 신호를 카운터하여 200개의 신호가 들어오면 차단부에서 계통을 차단시키고 아크 신호가 200개 이하이면 카운터를 다시 리셋하여 초기화 상태를 유지하는 알고리즘을 가진다. 500ms의 리셋 시간을 둔 이유는 스위치나 다른 릴레이 접점이 작동 할 때에도 아크나 스파크가 발생하므로 제안한 감지장치의 오동작을 방지하기 위해서이다.

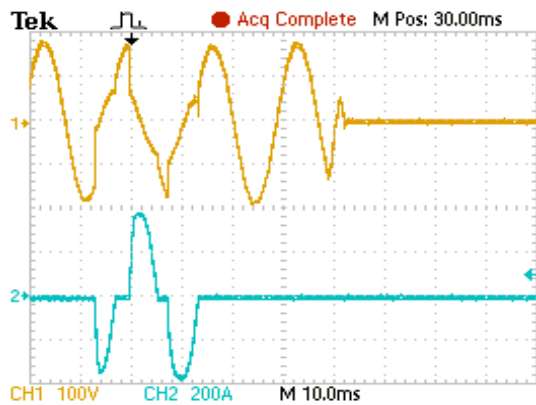
그리고 병렬아크의 경우에는 C5와 R5에서 형성된 리플전압을 계속 감지하고 있다가 병렬아크가 발생하여 리플전압이 전압 강하를 일으키면 P21번에 0V의 신호가 들어오게 된다. 이때 마이컴에서 약 10ms의 지연 시간을 가진 후 만약 P21번의 신호가 0V이면 마이컴이 차단부에서 전기를 차단할 수 있도록 설계되었고, 반대로 신호가 들어오게 되면 리셋하여 초기화 정상상태를 유지한다. 그 이유는 선로전압이 안정적인 공급이 되지 않는 경우 오작동을 방지하기 위해서이다.

## 3. 실험결과 및 검토

제안한 마이컴을 이용한 아크 감지장치의 동작특성을 분석하기 위하여, 직렬아크 및 병렬아크의 모의실험(시뮬레이터)을 통하여 실시하였다. 그림 3은 각종 아크사고에 대한 제안한 아크 감지장치의 동작특성 파형을 나타낸다. 그림 3(a)는 직렬아크 사고에 대한 동작특성이고, 그림 3(b)는 병렬아크 사고에 대한 동작특성을 나타낸다.



(a) 직렬아크 사고에 대한 동작특성 파형



(b) 병렬아크 사고에 대한 동작특성 파형

그림 3 직렬 및 병렬아크 사고에 대한 동작특성 파형  
Fig. 3 Operation characteristic waveforms for serial and parallel arc accidents

제한한 아크 감지장치의 시뮬레이터를 통한 동작특성 분석에서 그림 3(a)는 직렬아크가 최대 1.2Vpk로 지속적으로 발생한 후 약 340ms만에 RCD가 차단 동작 하는 것을 알 수 있으며, 그림 3(b)는 병렬아크가 최대 390Apk가 발생 후 약 50ms만에 RCD가 차단 동작을 하는 것으로 확인 되었다. 한국산업표준 (KS C 4613)에서 차단기 작동시간을 30ms로 정하고 있으나 제한한 알고리즘의 동작 시간과 기존 RCD의 작동시간이 중복되어 조금 늦은 동작을 하고 있으나 아크와 스파크로 인한 화재는 한 번의 아크나 스파크로 발생하는 것이 아니라 지속적으로 발생 시 주변 가연물에 불씨가 생겨 화재로 발달하는 것이기 때문에 전기화재 발생 전 전기를 차단하여 2차적인 아크 사고를 방지한다. 따라서 주변가연물에 발화가 되는 것을 막을 수 있을 것으로 기대된다.

### 3. 결 론

다중이용업소, 공공기관 및 일반가정 등에서 사용하는 220V의 저압 배선선로에서 발생하는 전기화재의 주요요인인 아크사고에 대한 화재사고를 감소시키기 위하여, 본 논문에서는 직렬아크와 병렬아크 신호를 동시에 감지할 수 있는 마이컴 알고리즘을 제안하였다. 기존에 사용되는 RCD는 누전사고나 단락사고에는 유용하나 전기화재의 직접적인 원인인 아크나 스파크 사고에 대한 감지가 불가능한 단점이 있었으나, 제안한 감지장

치는 아크사고 시뮬레이터를 통하여 그 실용성을 입증하였다. 또한 제한한 감지장치는 마이컴과 다수의 반도체소자로 구성되어 속응성과 신뢰성이 확보되었고, 소형·경량으로 제작이 가능하여 전기분전반은 물론 각종 전기기구, 전자제품 등에 설치가 용이하여, 아크사고로 인한 전기화재로부터 인명피해와 재산피해를 보호할 수 있을 것으로 기대된다.

- 본 연구는 2018년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단 현장맞춤형 이공계 인재양성 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017H1D8A1028271).
- 또한, 본 연구는 중소벤처기업부에서 지원하는 2018년도 산학연협력기술개발사업의 연구수행으로 인한 결과물임.

### 참 고 문 헌

- [1] 소방청, “국가화재정보센터 발화요인별 화재현황통계”, 2017
- [2] 소방청, “국가화재정보센터 전기적 요인에 의한 화재현황통계”, 2017
- [3] The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 62, No. 8, pp. 1184~1191, 2013