센서없는 AFCI 알고리즘 설계

AFCI algorithm design without sensor

반기종*, 최성대*, 윤광호**, 김상훈**, 남문현***, 김낙교***
Gi Jong Ban*, Choi Sung Dai*, Yoon Kwang** Ho, Sang-Hoon Kim**, Nam Moon Hyon***, Kim Lark Kyo***

Abstract - Arc Fault Current is an electric discharge which is occurred in two opposite electrode. In this paper, arc current control algorithm is designed for the interruption of arc fault current which is occurred in the low voltage network. This arc is one of the main causes of electric fire. General arc current sensor has troubles for detecting arc currents, thus we would like to propose the arc current detection method without current sensor.

In this paper, arc discharge currents within power lines are being detected through the arc current control algorithm.

Key Words : AFCI, current sensor, Arc algorithm

1. 서 론

본 논문에서 설계한 아크방전 전류 제어알고리즘은 일상적으로 많이 사용하는 정격전압 120V에서 250V, 정격전류 5-150A에서 발생하는 아크 방전 전류를 대상으로 하였다. 아크방전 전류는 전원선 및 중성선 사이에서 발생하는 병렬아크, 전원선이나 중성선 등이 단선 되거나 전기 기구에 느슨하게 연결되어 있는 경우에 발생하는 직렬 아크, 중성선과 접지 사이에서 발생하는 접지 아크로 구분한다. 이러한 아크는 전기 화재로 발전할 수 있는 원인으로 분석되어 있으며, 현재까지는 전기화재의 경우 누전에 의한 것으로 연구인식되어왔으며, 누전전류의 검출 및 차단에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔으며, 계속적으로 알고리즘이 변천되어 왔으나 전기로 인한 화재는 줄어들지 않고 있다. 국내에서는 아직까지 누전전류를 검출하는 장치가 일반적으로 사용되고 있으나, 미국등을 비롯한 북미지역에서는 최근에 와서 화재의 주요 원인이 아크방전 전류에 의한 것으로 판단하고 이에 따라 아크방전 전류를 차단할 수 있는 장치의 개발에 박차를 가하고 있다. 초창기 가정용에서 시작하여 현재는 에어컨등 개별 전기기기에 사용하도록 법규화 되어가고 있다. 기존의 알고리즘들은 전류 센서를 사용하여 아크방전 전류를 검출하는 방식을 취하고 있으나 여러 가지 문제점을 가지고 있다 [1][2]. 센서는 포화 특성을 가지므로 일정 양 이상에서는 동일한 성능을 나타내도록 하고 있다. 그러나 기존의 센서를 이용하여 아크 전류를 검출함으로써 여러 가지 전기 기기들을 사용할 때 발생하는 아크성 신호를 검출 하는데 한계점을 가지고 있으므로 센서를 사용하지 않고 아크방전 전류를 검출 할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 본 논문에서는 전원라인에 기생하는 신호를 필터링등의 알고리즘을 통하여 아크방전 전류를 검출 할 수 있도록 하였다.

저자 소개
* 반기종,최성대 : 建國大學 電氣工學科 博士課程
** 윤광호,김상훈 : 建國大學 電氣工學科 工博
*** 남문현,김낙교: 建國大學 電氣工學科 敎授 · 工博

2. AFCI 설계

전기 회로계에는 여러 가지 아크와 유사한 신호가 존재한다. 일반적으로 아날로그회로를 이용하여 아크전류 신호를 검출 할 때는 일회성 아크, 아크성 신호 및 전기 화재의 원인이 될 수 있는 아크신호를 구분하기가 쉽지 않다. 그러므로 아크방전 전류를 검출하고 제어를 위해서는 새로운 개념에서 제어기를 설계하여야 한다. 또한, 일반적으로 사용되어지는 램프, 전기 드릴, 진공 청소기등 각종 전기 기구에서 발생하는 아크 형태의 노이즈와 전기 도선에서 발생하는 아크방전 전류를 구분 할 수 있어야 한다.

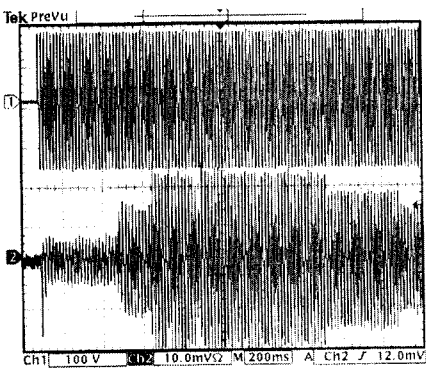
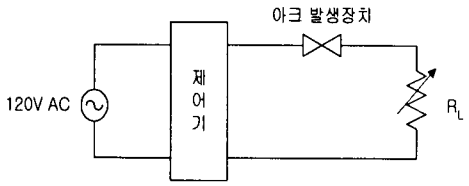


그림 5 형광등의 기동시 출력파형
Fig. 1 Start tip current Characteristics of fluorescent lamp

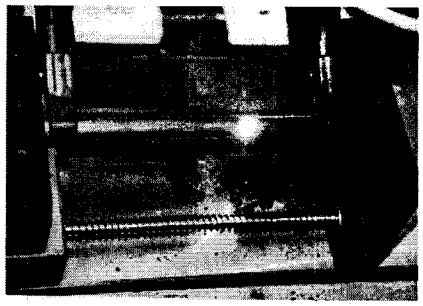
그림 1은 형광등의 기동시 전압과 전류의 특성을 보여준다.

본 논문에서 제안한 아크고장전류차단 알고리즘은 이러한 전기 기구에서 발생하는 노이즈와 전기 도선에서 발생한 아크 전류를 분류하여 전기 도선에서 발생하는 아크 전류만을 검출 차단할 수 있는 제어기를 설계하였다. 기존에는 전류센서를 이용하여 아크고장 전류를 검출하였으나 여기에서는 전류센서를 배제하고 전기도선에 존재하는 아크고장 전류를 검출할 수 있도록 하였다.

그림 2(a),(b)는 아크고장 전류를 인위적으로 발생시키기 위한 장치의 구성을 보여준다. 장치의 규격은 UL1699를 이용하여 설계하였다.



(a)



(b)

그림 2 아크 발생 장치(UL1699 규정)

Fig. 2 Arc generator (UL1699)

아크고장전류 차단 제어기는 전류가 인입되는 입력부와 차단부, 아크전류를 검출하는 검출부 및 신호를 처리하는 처리부로 구성되어 있다. 그림 3은 아크고장 전류 제어기의 전체 구성도를 나타낸다.

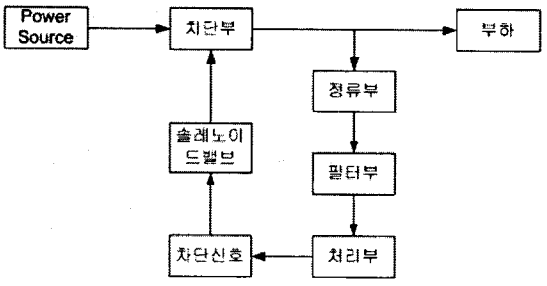


그림 3 아크 전류 제어기 블록도

Fig. 3 Blockdiagram of arc current controller

입력부는 전원 소스를 공급하는 부분이고, 전류 차단부는 아크전류이 발생하면 전류 검출부와 처리부를 거쳐서 부하와 전원 소스를 분리 시키는 역할을 한다. 아크 검출부분은 기존에 CT를 사용하여 전류를 검출 하던 방식에서 소스 전류를 전파 정류하고 레벨을 낮추어 프로세서에서 사용할 수 있는 5V 레벨을 만든다.

낮아진 레벨의 전류 소스는 필터부를 거치고 아크방전 전류를 증폭시켜서 프로세서에 제공한다. 프로세서에서는 증폭된 아크방전 전류를 처리하고, 차단부에 보낼 차단 신호를 발생한다. 이 차단 신호는 차단부의 솔레노이드 밸브를 동작시키고, 이와 함께 부하의 전류가 차단되는 구조를 갖는다.

그림 4는 아크 방전 전류를 검출하고 처리하는 부분을 나타낸다. 전원 라인에 포함되어 있는 아크방전 전류 파형을 검출하고 일정한 레벨의 신호를 만들기 위한 과정을 거친다.

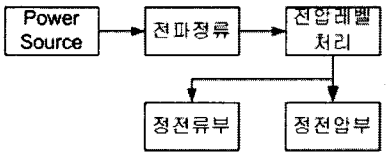


그림 4 아크 방전 전류 검출부

Fig. 4 Current detection part of arc discharge

3. 실험결과 및 고찰

본 논문에서는 3장에서 제시한 아크고장전류 차단 제어 알고리즘을 설계하여 실제 현상과 동일한 환경 조건에서 아크방전 전류를 인가하여 실험을 하였다.

아크방전 전류는 5A ~ 150A 까지의 범위를 가지도록 하였다. 그림 11은 120A의 load를 인가했을 때 두 전극 사이에서 나타나는 아크방전 전류와 전압 파형을 나타낸다. 아크고장 전류가 발생한 시간은 90ms이며 제어기가 적용되기 전의 기존 제어기를 이용하여 검출된 파형이다. 여기서는 아크방전 전류가 발생함에도 불구하고 아크고장 전류를 검출하지 못하므로 부하전류 차단되지 않음을 보여준다. UL1699의 규정에서는 아크 고장 전류가 발생하고 연속적으로 고장전류가 나타날 경우 각각의 부하 정격에 따라 전류 차단 시간을 다르게 규정하고 있다. 부하가 5A일경우에는 1sec 이내에 부하전류를 차단하도록 규정하고 있으며 10A일 경우 0.4sec, 정격부하를 가질 경우 0.28sec의 규정으로 되어 있고, 150%의 과부하일 경우에는 0.16sec 이내에 부하 전류를 차단하여야 한다.

그림 11의 경우에는 24개 이상의 아크 방전 전류 신호가 발행하여도 부하 전류가 차단 되지 않음을 보여준다.

그림 12는 본 논문에서 제안한 아크방전전류 제어기를 이용하여 검출한 전류, 전압 파형을 나타낸다. 그림에서는 60ms에서 부하 전류를 차단 하였다. 실험에 사용한 부하전류는 5~100A 까지는 저항 부하를 이용하였고, 100A 이상에서는 전기 도선을 사용하였다.

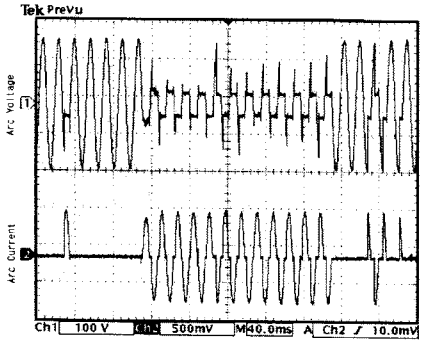


그림 11 아크방전 검출기 적용전의 전류 전압 파형
Fig. 11 Current & Voltage characteristics of conventional interrupter

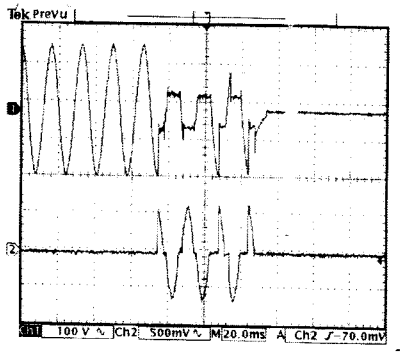


그림 12 제안한 아크방전 검출기에 의한 아크 전류, 전압 파형
Fig. 12 Current & Voltage Characteristics of proposed arc controller

또한 설계한 아크방전 전류 제어기는 병렬성 아크방전인 경우 아크방전 전류 파형이 UL1699의 규정인 8개의 반파가 발생하기 이전에 부하에 전달되는 전류를 차단할 수 있었다

표 1는 제안한 제어 알고리즘에 의한 아크고장전류 차단 시간을 나타낸다. 아크고장 전류 차단 실험 결과 제어알고리즘을 적용하기 전에는 아크고장 전류가 지속적으로 발생을 하여도 부하로 유입되는 아크 전류를 차단할 수 없었다. 그러나 본 논문에서 제안한 제어 알고리즘을 적용하여 실험을 한 경우에는 UL에서 규정한 시간내에 모두 아크 전류를 차단하는 것을 확인하였다.

표 1 제어기에 의한 아크차단 시간
Table 1 Interruption time of arc controller

제어기	반파(개)	전류차단시간
Arc 방전 전류제어기	3-8	30-66ms

4. 결 론

본 아크 고장 전류 제어기에서는 기존 전류 제어기가 가지고 있지 않은 아크고장 전류에 대한 제어를 할 수 있는 검출, 제어기 설계를 통하여, 일반적인 환경에서 사용되는 저전류, 저전압의 전원에서 발생하는 아크 전류를 제어하였으며, 아크 고장 전류가 발생할 수 있는 여러 가지 환경에서의 아크방전 전류 제어 실험을 통하여, 전기 배선상에서 이루어지는 이상 전류를 제어할 수 있다.

본 논문을 통하여 산업용의 대전류 및 기타 산업에서의 전기로 인한 재해를 줄일 수 있는 방법으로 발전할 수 있다. 본 실험에서, 기존 전류 제어기의 경우에 아크고장전류가 연속적으로 발생해도 아크방전 전류에 대한 검출 및 제어가 불가능 하였으나 본 논문에서 제시한 제어기를 이용 하였을 때 아크방전 전류의 차단시간은 20ms ~ 0.5s 이내에 아크고장 전류를 차단시킴으로 전류제어기의 성능을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] W. Wang. S. Liu and J. E. Jones "Flux cored arc welding : Arc signals processing and metal transfer characterization", Welding Journal, Vol. 74. pp. 369-377, No. 11, 1995

[2] H. Nomura, Y. Sugitani :"Automatic Real-time Bead Height Control with Arc Sensor(Report2)", Quarterly Journal of the Japan Welding Society, Vol.4, pp. 24-30. No. 3, 1988

[3] 한국전기연구소, " 개폐장치 설계기술 개발을 위한 대전류 아크 특성에 관한 연구", 1991. 7. 12

[4] 김상현, 김해조, 마대영, 신태민, " 방전가공기용 액체 절연재료의 아크 방전 특성 연구", The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. Vol. 8, No. 5, pp. 564-571, 1995

[5] 이세헌, " 아크 용접에 있어서의 아크의 특성과 응용", 대한 용접학회, 제 10권, 1호, pp. 7-11, 1992. 3.

[6] Underwriters Laboratories Inc. UL1699 ISBN 0-7629-0401-1 "Arc-Fault Circuit-Interrupters", December 1, 2000.

[7] NEC(National Electric Code) : Article 210-Branch Circuits 210-12, (1999 Editiossn)

[8] 반기종, 김정완, 김천연, 김동섭. " Device and method for detecting arc fault", United States patent, No. US6,556,397 B2 Apr. 29, 2003

[9] 김천연, 반기종, 김동섭. "아크 결함 검출 장치", 대한민국특허청 , No. 10-0434664, 2004. 5. 25.