

Arc 검출용 필터의 구현

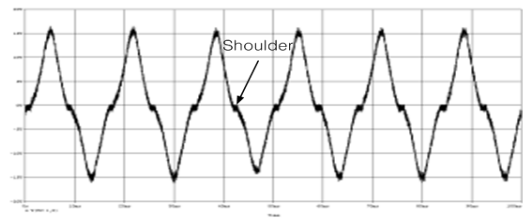
이규민, 백원현*, 이학범, 방선배**, 박종연
 강원대학교, 강원지방 중소기업청*, 전기안전연구원**

Implementation of Arc detection Filter

Kyu-Min Lee, won-Hyen Back*, Hack-Bum Lee, Sun-Bae Bang**, chong-Yeon Pack
 Kangwon National University, Gangwon Riginal office of SMBA*, Electrical safety Research Institute KESCO**

Abstract - 전기화재의 원인인 아크 신호는 전류 돌입형, 비선형 및 전류 단속형 부하들의 정상상태와 유사한 전류파형을 갖는다. 이러한 부하들에서 아크를 정확하게 검출하기 위해서는 아크 유무를 정확히 판단 할 수 있는 시스템이 필요하며 이러한 시스템에서 아크검출을 정확히 하는 필터가 중요하다. 본 논문에서는 UL1699의 직렬 아크 발생장치로 아크를 발생시키고 시간 및 주파수 영역에서 아크 전류파형을 분석하였다. 분석결과 아크전류파형은 시간영역에서는 영점전류의 처짐 현상(shoulder)이 발생하고 주파수영역에서는 60Hz의 고조파 성분을 제외한 전대역의 주파수에 걸쳐서 스펙트럼이 증가하였다. 본 논문에서 제시된 아크 검출용 필터는 이러한 특징들 중 주파수 영역의 특징을 검출한다.

림의 크기가 전체적으로 증가됨을 확인하였다.

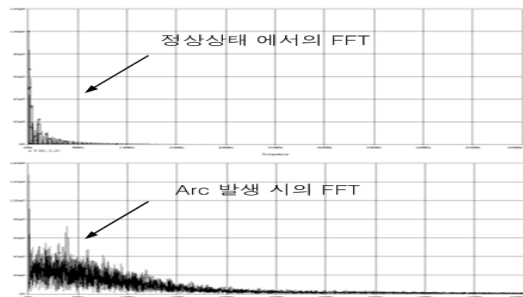


〈그림 2〉 직렬아크 발생 시 전류파형

1. 서 론

전기화재는 과전류와 누전 이외에 전선이나 전기기구의 접촉불량, 절연 손상, 설치과실, 작동오류, 고온에 의한 전선의 열화, 노화 및 손상 등의 전기사고에 의하여 발생될 수 있다. 이러한 전기사고는 아크나 스파크를 야기하여 화재로 연결될 수 있다.[1][2] 아크는 전기가 두 전극 사이에서 기체를 통하여 방전하면서 빛과 열을 발산하는 현상이다. 아크 차단기 (AFCI : Arc Fault Circuit Interrupt)는 아크 발생을 검출하고 회로를 자동적으로 차단하여 전기화재를 예방하는 장치이다. 미국은 UL1699[3] 규정에 의거하여 1999년부터 분전반에 아크 차단기의 설치를 의무화하고 있다. 국내의 경우에 아크 차단기의 규격과 설치에 대한 법적인 규정이 없으나 최근에 이르러 아크 차단기 규정에 대한 논의가 시도되고 있다.

아크 발생은 전류 크기와 파형의 변동을 수반하게 되며[4][5] 아크 차단기는 이러한 전류의 변동 특징을 검출하여 회로를 차단하여야 한다. 아크 전류는 전류 돌입형, 비선형 및 전류 단속형 부하 등의 정상동작과 유사한 전류를 생성하기 때문에 아크 유무를 정확히 판단하기 위해서는 아크 필터의 설계가 중요하다. 본 논문에서는 UL1699의 직렬 아크를 발생시켜 이를 분석하였으며, 아크를 검출하는 필터를 설계하여 아크의 검출하였다.

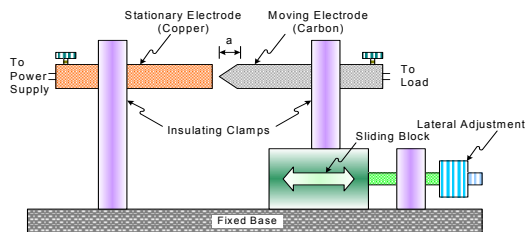


〈그림 3〉 직렬아크 발생 시 주파수 스펙트럼

2. 본 론

2.1 아크발생장치

직렬 아크를 발생시키는 실험 장비들은 UL1699 규정에 기술되어 있다. 직렬아크 발생 장치는 그림 1과 같이 구리와 탄소봉 재료의 이동전극과 고정전극의 간격을 조절하여 직렬아크를 발생시킨다. 직렬 아크 발생 장치의 아크 발생 시험은 전원과 부하를 직렬로 결선하고 아크를 발생시켜 전류파형을 측정하였다. 부하는 드릴, 청소기, 선풍기, 정수기, SMPS, 텀스텐 램프 등을 사용하였다.

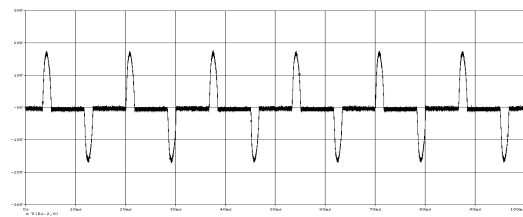


〈그림 1〉 직렬아크 발생장치

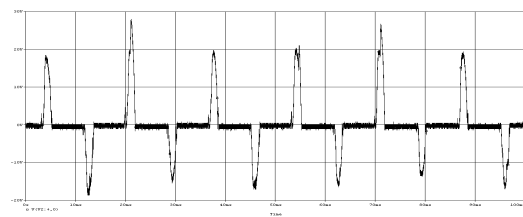
2.2 아크신호 분석

직렬 아크에 발생에 따른 청소기의 전류 파형을 측정하였다. 실험 결과 그림 2와 같이 아크 발생 시 전류의 영점에서 미세한 처짐 현상 즉 shoulder가 나타났으며, 그림 3에서와 같이 아크 발생 시 주파수 스펙트

직렬아크 발생 시에 시간영역에서 발생하는 영점에서의 미세한 처짐 현상(shoulder 발생)은 드릴, 청소기, 선풍기는 동일하게 나타난다. 그러나 SMPS, 정수기와 같은 비선형 부하들은 그림 4와 같이 정상적인 동작에서도 영점에서의 처짐 현상이 발생하기 때문에 처짐 현상만으로 아크를 판단하기 어렵다. 그래서 본 논문에서는 아크 발생 시 주파수 영역에서 항상 발생하는 고주파 성분을 검출하는 필터를 설계하려 한다.



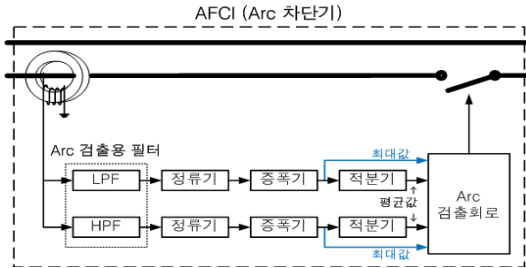
〈그림 4〉 정상상태일 때 SMPS의 전류파형



〈그림 5〉 아크 발생 시 SMPS의 전류파형

2.3 아크 차단기

본 논문에서 사용하는 아크 차단기의 블록다이어그램은 그림 6과 같다. 그림에서 나타낸 것처럼 트랜스포머를 사용하여 전류를 검출하며, 검출된 전류는 LPF와 HPF를 사용하여 고주파 성분과 저주파 성분을 필터링 한다. 필터링 된 신호는 정류기, 증폭기 그리고 적분기를 거쳐 고주파 성분과 저주파 성분의 최댓값과 평균값을 검출한다. 4개의 신호를 검출하는 이유는 전력선에 포함되는 많은 종류의 아크와 과전류에 의한 오동작을 줄이고 위해서이다. 아크 검출회로는 검출된 신호의 최댓값이 평균값보다 일정시간동안 지속되면 회로를 차단한다.

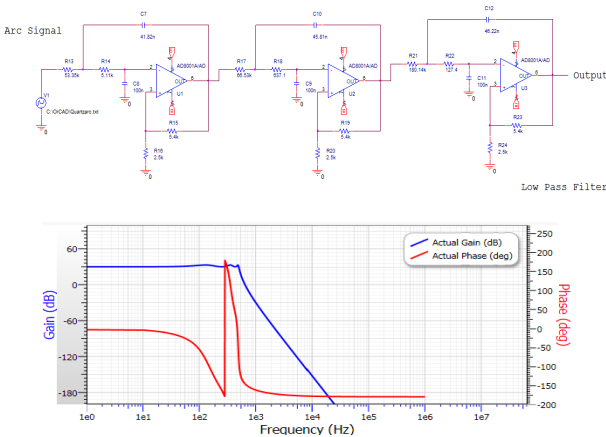


〈그림 6〉 아크차단기의 블록다이어그램

2.4 아크 검출용 필터

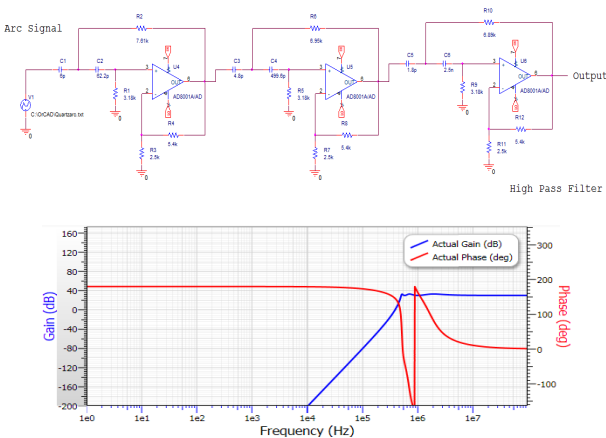
아크 검출용 필터는 위에서 언급했듯이 LFP와 HFP로 구성되어 있다. 두 가지 필터 모두 Sallen Key 구조를 사용하였으며 Quality Factor가 높은 Chebyshev로 설계하였다.

그림 7는 설계된 LPF를 나타낸다. 500Hz의 차단주파수를 가지며, Gain은 30dB, 통과대역 리플은 3dB로 고정하고 필터를 설계하였다.



〈그림 7〉 아크검출용 LPF 회로도 및 특성곡선

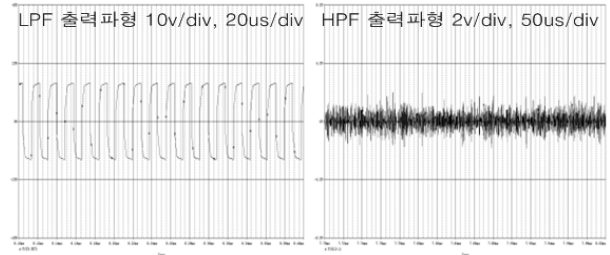
그림 8은 설계된 HPF를 나타낸다. 전력선 통신과 같은 통신 신호의 (400KHz) 영향을 받지 않도록 500KHz로 차단주파수를 구현하였으며, Gain은 30dB, 통과대역 리플은 3dB로 고정하고 필터를 설계하였다.



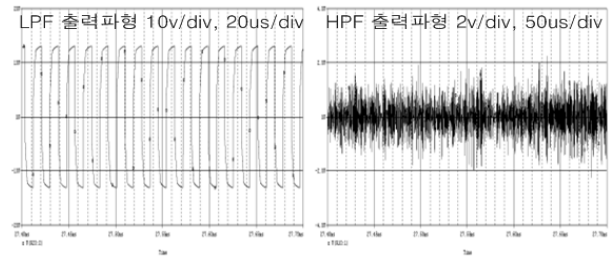
〈그림 8〉 아크검출용 HPF 회로도 및 특성곡선

2.5 아크 검출 시험

그림 9와 10은 정상상태와 아크 발생 시의 필터 출력전압이다. 아크 발생 시에 고조파 성분이 더 많이 발생하기 때문에 필터의 출력이 증가함을 확인할 수 있다.



〈그림 9〉 정상상태일 때 필터출력



〈그림 10〉아크 발생 시 필터출력

3. 결 론

본 논문에서는 UL1699의 직렬 아크발생 장치를 사용하여 다양한 부하에 대하여 아크를 발생시키고 아크 전류파형을 분석하였다. 직렬 아크 발생 시 시간영역에서는 영점의 처짐 현상이 발생하였으며, 주파수 영역에서는 60Hz의 고조파 성분을 제외한 전대역의 주파수의 크기가 증가하였다. 그러나 시간영역에서의 영점의 처짐 현상은 비선형 부하들의 정상상태에서도 나타나기 때문에 주파수 영역의 특징을 사용하여 아크를 검출하는 방법이 보다 용이할 수 있다.

본 논문의 아크 검출용 필터는 주파수영역의 특징을 사용하며, 아크 발생을 정확하게 판단하기 위해 LPF와 HPF를 구성하여 평균값과 최댓값을 검출한다. 필터는 Sallen Key 구조의 Chebyshev 필터를 사용하였으며, 실험 결과 아크발생 시 필터 출력의 크기가 증가함을 확인하였다.

"본 연구는 지식경제부 기술혁신사업의 전력원천기술개발사업 연구결과로 수행되었음" (2010T100100750)

참 고 문 헌

- [1] J.J. Shea, "Conditions for Series Arcing Phenomena in PVC Wiring", IEEE Trans. on Components and Packaging Technologies, Vol.30, Issue 3, Sept, pp.532-539, 2007년
- [2] 최충석, 김동우, 김영석, 이기연, "고감도형 누전차단기 접점의 스위칭에 따른 아크 비산 특징", 한국화재소방학회 논문지, Vol.19, No.2, pp.75-80, 2005년
- [3] UL standard for safety for Arc-Fault Interrupters, "UL1699", First Ed., Feb. 26, 1999년
- [4] 김창중, 노용호, "전기 화재 요인으로서의 스파크 신호 특성 분석", 한국조명전기설비학회, 추계학술대회, pp.55-59, 1997
- [5] W. Wang, S. Liu, and J.E. Jones, "Flux Cored Arc Welding : Arc Processing and Metal Transfer Characterization", Welding Journal, Vol.74, NO.11., pp.369-377, 1995년