

교류부하에서 발생하는 직렬 아크의 신속한 검출 방법에 관한 연구

김승열, 권완성, 변병주, 임종웅, 방선배*, 최규하
건국대학교 전기공학과 전력전자연구실(KOPEL), 한국전기안전공사*

A Study on Fast Detecting Technique of Series Arc in the AC Load

Seung Eul Kim, W.S. Kwon, B.J. Byen, J.W. Lim, S.B. Bang, G.H. Choe
Dept. of Electrical Eng., Konkuk Univ., KESCO*

국문요약

아크는 전기화재의 주요 원인 중 하나이며 전기 배선이나 설비 등에서 두 전극 사이의 기체를 통하여 방전되면서 빛과 열을 발산하는 현상이다. 본 논문에서는 UL 1699에서 규정하고 있는 직렬아크의 발생 조건에 따라 모의 아크 발생장치를 통하여 여러 가정용 부하에서 아크를 발생시키고 주파수 영역에서의 아크전류파형을 분석해 보고 신속한 아크 검출 방법을 연구하고자 한다.

1. 서론

다양한 전자제품의 사용으로 인해 전기에너지의 사용량이 높아지고 있는 반면에 그에 따른 전기화재는 증가하고 있는 추세이다. 그 중에서 아크는 전기화재의 주요 원인 중 하나이며 접촉 불량, 연결결함, 절연파괴, 부적절한 설치, 노화 및 손상 등에 의해 두 전극 사이의 기체를 통하여 방전되면서 빛과 열을 발산하는 현상이다. 지금까지 알려진 아크파형의 신호분석 방법은 시간영역, 주파수영역, 이산 웨이블릿 분석 등이 있다. 시간영역을 이용한 방법은 최대치 및 실효치의 변화를 통해 아크를 검출할 수 있으나 저항성 부하 등에서는 그 변화가 미소하여 한계가 있고, 주파수 영역을 이용한 방법은 고조파, 내부 고조파의 실효치 및 에너지 등을 통해 아크를 검출하지만 시간의 정보가 없고 스위치 등의 순간적인 켜지 등에서는 정확한 주파수 분석이 어려운 단점이 있다. 이산웨이블릿을 이용한 방법은 아크파형을 근사계수와 상세계수를 분해하여 최대치 및 실효치의 변화율로 아크를 검출할 수 있으나 파형의 특성에 따라 적합한 분해 레벨과 주파수 범위를 선정해야 하기 때문에 다양한 부하에서 정확히 검출하기에는 어려움이 있다.^[1] 본 논문에서는 교류 부하에서 모의 아크 발생장치를 통해 가정용 부하에서 아크 발생시 생기는 짝수차 고조파 중에서도 제 2고조파를 이용하여 직렬 아크의 신속한 검출 방법에 대한 연구를 하고자 한다.

2. 직렬아크의 검출법

2.1 직렬아크의 특성 및 검출

직렬아크는 단일 도체 선상에서 불완전한 연결부위에서 일어난다. 전압강하가 존재하며 전압과 전류의 파형에서 주파수 잡음을 볼 수 있다. 일반적인 직렬아크의 파형은 직사각형 모

양의 형태를 띠고 있으며, 평탄한 영전류구간이 생기는 것을 볼 수 있다. 직렬아크를 검출하기 위한 방법으로는 주파수를 분석해서 검출하는 방법과 전압과 전류의 위상차이를 분석하여 검출하는 방법, 전류의 피크치의 변화율을 분석하여 검출하는 방법, 그리고 영전류구간의 지속시간을 검출하는 방법이 있다. 이러한 검출방법들은 검출확률이 정확하다는 단점이 있지만 데이터를 처리하는 것에 있어서 오랜시간이 걸린다는 단점이 있어 실시간 처리에 어려운 점이 있다. 그래서 이 논문에서는 신속한 아크 검출방법 중의 하나로 제 2 고조파를 이용한 아크검출 방법을 적용하여 연구하고자 한다.

2.2 제 2 고조파검출 실험방법

직렬 아크 발생기는 UL1699에서 규정하고 있는 장치로서 구리로 된 고정전극과 탄소 흑연으로 된 이동전극으로 구성된 장치로써 고정전극을 전원측, 이동전극을 부하측에 연결하고 전원을 인가하여 아크가 발생할 때 까지 이동전극의 조절장치를 이용하여 주 전극을 이동하였다. 아크발생시 생기는 전압·전류를 측정을 위하여 그림1과 같이 회로를 구성하였다. 총 16회의 아크 발생 실험을 한 뒤 데이터를 FFT분석을 하여 신속한 아크 검출을 위하여 제 2 고조파를 만을 사용하여 아크를 검출하는 방법을 사용한다.

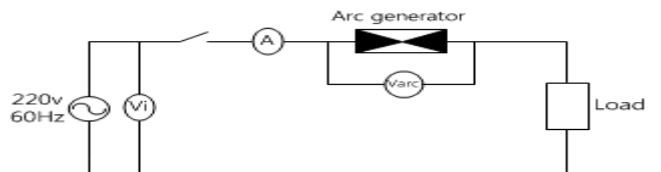


그림 1 아크 발생회로

Fig. 1 Arc generating circuit

3. 제 2 고조파 검출법의 특성

3.1 가정용 교류부하의 아크특성

본 논문에서는 교류부하에서의 가정용 부하기기의 직렬아크 발생시 주파수 영역에서의 특성을 분석하고자 하는 것이 목적이므로 가정용 기기 비선형 부하 3종과 선형부하 1종 총 4종류를 대상으로 분석을 하였다. 비선형 부하 중 역률개선회로(PFC : Power factor correction)가 포함 되어 있지 않은 컴퓨터와 텔레비전을 선택하였고, PFC가 포함된 부하로는 냉장고를 선택하였다. 선형부하는 저항성 부하인 히터를 선택 하였다.

1) 컴퓨터와 텔레비전의 아크전류 및 FFT 분석

비선형 부하인 컴퓨터와 텔레비전의 아크전류 및 FFT 파형은 그림 2와 같으며 아크발생시 영전류 구간에서의 잡음이 많이 발생하였고, 기본파의 짝수차수에서 고조파가 발생하는 특징이 있다.

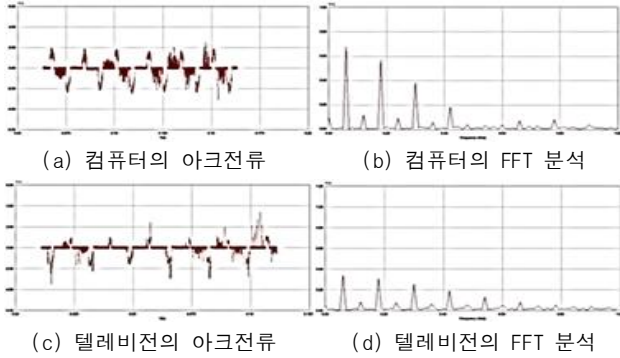


그림 2 컴퓨터/텔레비전 아크전류 및 FFT 분석
Fig. 2 Arc current and FFT analysis of computer/TV

2) 냉장고 아크전류 및 FFT 분석

입력측에 연결된 PFC에 의해 역률과 전류의 왜곡이 개선되는 냉장고의 아크전류 및 FFT 파형은 그림 3 (a), (b) 와 같고 아크 발생시 정상 전류에서 볼 수 없었던 영전류 구간이 발생하고, 파형의 왜곡이 불규칙하며 잡음이 많이 생기는 특징이 있고 짝수차수에 고조파가 생기는 것을 알 수 있다.

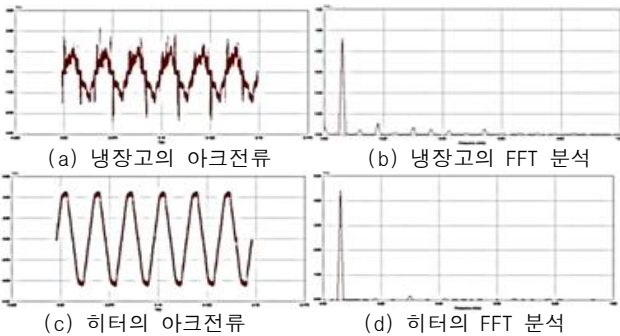


그림 3 냉장고/히터 아크전류 및 FFT 분석
Fig. 3 Arc current and FFT analysis of refrigerator/heater

3) 히터 아크전류 및 FFT 분석

저항성 부하인 히터의 아크전류 및 FFT 파형은 그림 3 (c), (d)와 같고 아크 발생시 영전류 구간이 나타나긴 했지만 잡음이 나타나지 않는 특징이 보였으며, 따라서 교류의 파형이 거의 변하지 않았으므로 짝수차수에서 고조파가 다른 가정용 부하와는 달리 거의 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

4) 실험결과 및 검토

실험 결과 직렬 아크 발생시 부하에서 짝수차 고조파가 생기는 것을 알 수 있다. 짝수차 고조파별 성분 분석은 그림 4와 같다. 그림 4에서 저차 고조파들 중에서 아크 검출 기준을 80%로 정했을 경우 제 2 고조파를 이용하여 아크를 검출하는 방법이 4 고조파, 6 고조파에 비해 더 높은 확률로 아크를 검출 할 수 있다는 것을 알

수 있다. 그림 5는 지금까지 실험한 데이터들을 종합적으로 분석하여 제 2 고조파를 통해 아크의 검출율을 나타낸 그래프이다. 여기서 전열부하의 경우 제 2 고조파가 거의 나타나지 않으므로 제2고조파를 통해서 검출하기가 어렵다. 따라서 그림 5와 같이 두 가지 경우로 나타내 보았다. 전열부하를 포함했을 경우보다 전열부하를 포함하지 않았을 경우에 아크의 검출확률이 높아지는 것을 확인 할 수 있다. .

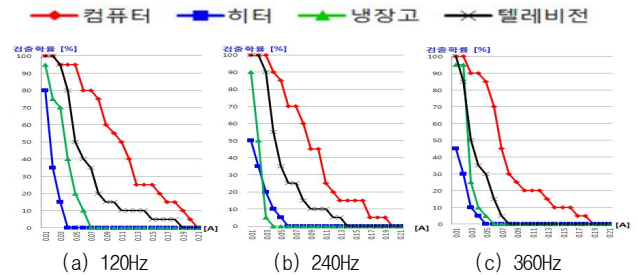


그림 4 짝수차 고조파 성분 분석
Fig. 4 even harmonic analysis



그림 5 실험결과
Fig. 5 Experimental result

4. 결 론

본 논문에서는 교류부하에서 발생하는 직렬아크 검출을 위한 주파수 분석을 해보았다. 실험을 해본 결과 PFC가 없는 비선형 부하에서는 아크 발생시 짝수차 고조파가 발생하고, PFC회로와 저항성 부하에서는 짝수차 고조파가 발생하지만 정상상태와 비교 하여 차이가 크게 없다는 것을 확인하였다. 이러한 분석결과를 토대로 아크검출에 있어서 짝수차 고조파 중에서 제 2 고조파가 중요한 요소로 작용할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서 아크 발생시 부하에 대한 제 2 고조파 검출 알고리즘을 적용하여 아크 검출 장치에 적용 한다면 신속하게 아크검출이 이루어 질것이며, 전기 화재에 예방에 큰 도움이 될 것이다. 그러나 이 연구에서는 교류에 관한 아크에 대한 특성을 다루었으므로 추후에 본 연구에서 다루지 않은 직류에서 아크의 특성도 연구되어야 한다.

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.
(No 2010T100100750)

참 고 문 헌

[1] 권완성, 최수경, 방선배, 김종민, 최규하 “직렬아크 파형 분석 및 검출 알고리즘” 전력전자 학술대회, July, 2009
[2] George D. Gregory, Gray W. Scott, “The Arc Fault Circuit Interrupter : An Emerging Product”, IEEE Transactions on Industry Applications, VOL. 34, NO. 5, September/October 1998.