

인버터 시스템에 미치는 아크의 영향 분석

서현욱, 변병주, 임종웅, 김승열, 이영진, 권완성, 최규하
건국대학교 전력전자 연구실

The analysis of PWM inverter at arcing state

Hyun Uk Seo, B.J. Byun, J.U. Lim, S.Y. Kim, Y.J Lee, Y.S Kwon, G.H Choe
Power Electronics Lab., Konkuk Univ.

Abstract

Arc is very serious problem in different electric fields because arc is the cause of electrical fire. In the power electronics, arc give a bad impact in power quality and reliability. Therefore, in order to effectively prevent the possible damages of arc fault, this paper studies arc characteristic in power electronic system.

1. 서론

최근 신재생에너지의 보급과 용량확대에 따라 전력전자 장비의 보급이 크게 확대되고 있다. 그리고 이미 초기에 보급되어진 것은 그 기한이 10여년이 지나고 있다. 전력전자 기술은 이런 시대적 흐름에 맞추어 활발한 연구가 진행되고 있으며 그 분야는 주로 전력의 제어성과 신뢰성 전력품질 등에 맞추어 연구가 되어지고 있다. 그리고 그러한 요소를 향상시키기 위하여 내부적 요소인 제어방법, 운용알고리즘, 트플로지 등을 통하여 개선시키기 위하여 연구하여왔다. 하지만 외부적 요인에 의한 외란인 아크에 의한 연구는 크게 이루어진바가 없다. 아크는 전극의 부분적인 증발과 함께 절연 개체를 통한 전기의 지속적인 빛의 방출로 정의된다. 즉 전기적 방전을 말하는데, 아크의 중심부에는 5,000~15,000[°C]에까지 이르는 줄열(Joule's heat)이 발생하게 된다^[1]. 이러한 이유로 보통 아크를 용접, 번개 등에서 유발되는 강한 빛 등의 외형적 현상으로 판단하는 연구가 많이 진행되었지만, 하지만, 부속설비의 노후화나 도선의 지속적인 꺾임 등으로 인하여 아크가 회로 내 주로 선로 내부에서 단선 직전이나 접촉 불량에 놓이면 절연체 내부의 현상인 만큼 강한 빛이 나타나지 않은 채 아크가 발생하는 경우도 많다. 특히 회로내의 아크는 그 동작상 기계적 스위치의 임의적이며 불규칙적인 작동으로 간주할 수 있다.

본 논문에서는 전력전자 장치에서 PWM 인버터에 대하여 실험을 통한 아크의 영향에 대하여 검증해보고자 한다. PWM 인버터는 다양한 신재생 에너지를 상용에서 사용하는 교류전원으로 전환 가능하다는 장점을 가지고 있어서 점점 사용분야가 늘어나고 있으며 대표적으로 automatic voltage regulators (AVR) 와 uninterruptible power supplies (UPS) 등에서 쓰이는 대표적인 토폴로지로서 일반적으로 대용량으로 설치되고 또한 한번 설치 시 특별한 문제가 발생하지 않는 이상 반영구적으로 사용하는 장비이기 때문에 아크에 대한 검토가 매우 중요하다 할 수 있다.

2. 아크의 실험적 배경

아크에는 발생 형태에 따라서 직렬아크, 병렬아크, 접지아크 3가지로 나누어진다. 여기서 병렬아크와 접지아크는 전기 회로에서 단락과 같은 효과를 보이며 특징으로는 높은 전류가 흐르며 많은 열이 발생하여 화재의 위험성이 가장 크다는 것을 들 수 있다.^[2] 하지만 단락회로와 같은 특징을 갖기 때문에 이미 전력전자 장치에서는 이를 보안하고 방지하기 위한 여러 연구와 기술들이 존재한다. 반면 직렬아크는 에너지도 전달될 뿐만 아니라 선이나 회로 안에서 발생 시 밖으로 나타나는 게 거의 없기 때문에 매우 위험하다 할 수 있다. 그래서 본 논문에서는 병렬아크와, 접지아크에 대하여 논문에서 제외하고 직렬아크에 대하여 실험을 진행하고자 한다.

2.1 직렬 아크의 차단특성

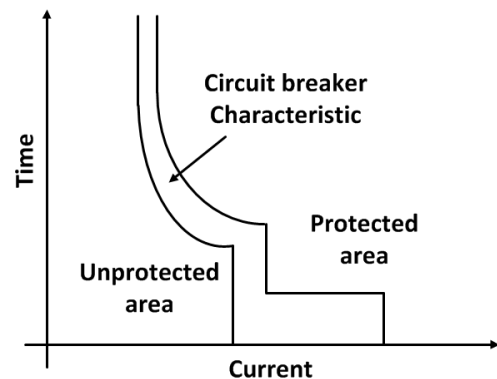


그림 1 일반적인 회로차단기의 차단특성
Fig 1 Typical characteristic of circuit breaker

직렬 아크는 주로 선의 지속적인 힘이나 꺾임으로 인하여 선이 단선의 징후가 보일 때 나타난다. 직렬아크에서 발생하는 주파수는 그림 2와 같이 기존의 차단기가 차단할 수 없는 영역(unprotected area)에 놓이게 되어 차단되지 못하고 회로 및 부하에 악영향을 미치게 된다.^[3]

직렬 연결된 도선에서 나타나는 접촉성 직렬 아크의 주요특성으로 그림3과 같이 대체로 순간적인 임펄스 파형으로 다양한 형태의 주파수를 가지면서도 주로 고주파에 의해 고열을 발생하며 전선의 열화에 큰 영향을 미치게 되는 것을 들 수 있

다. 이 때문에 아크 발생부에서의 전압강하가 유발되고, 순시 전압과 전류파형에 고주파 노이즈가 나타나서 전력 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 나아가서 부하의 요구를 충족시키지 못하여 출력 성능을 크게 저감시키면서 회로 전체에 큰 영향을 미치게 된다.

3. 아크의 실험적 분석

3.1 실험 대상 회로

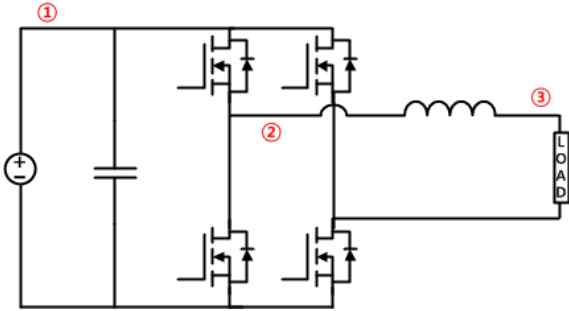


그림 2 실험 대상 회로 : PWM 인버터
Fig 2 Experimental circuit : PWM inverter

전력전자 회로에 아크에 대한 영향을 알아보기 위하여 그림 2과 같이 구성된 PWM 인버터를 사용하였으며, 인버터는 250[V]의 입력을 받아 출력은 120[V]의 60[Hz] 이며 용량은 600[W] 이다. 아크에 대한 영향 분석을 하기 위하여 각각 입력부, 회로부, 출력부에 아크를 발생시키며 실험을 진행 하였으며 그림2의 도선 ①, ②, ③의 위치에서 모의 아크 발생 장치를 사용하여 실험을 진행하였다.

3.2 실험 파형 분석

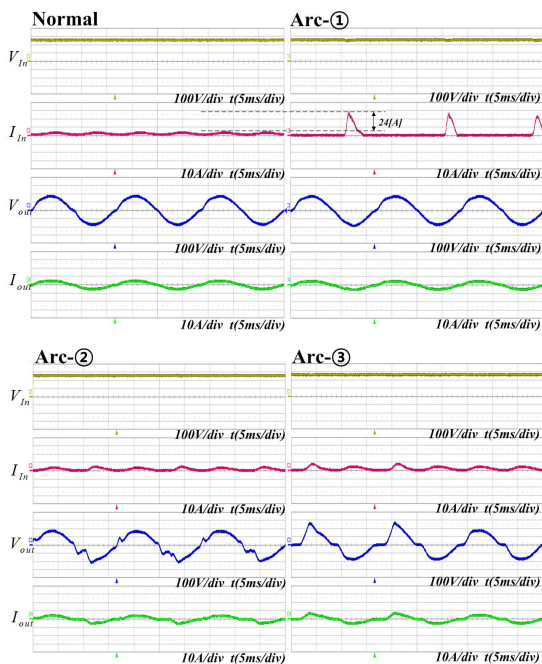


그림 3 PWM 인버터 정상파형 및 아크 파형
Fig 3 PWM inverter normal and arc waveform

이 실험의 진행결과 그림 3과 같이 결과가 나왔다 그림 3은 아크가 발생하기 이전의 정상파형과 아크가 입력부, 회로부, 출력부 3곳에서 발생하는 경우의 파형으로서 인버터의 입력전압 V_{in} , 입력전류 I_{in} , 출력전압 V_{out} , 출력전류 I_{out} 로 나타낸다. 아크가 입력부에서 발생할 경우 인버터의 입력은 직류의 형태를 하고 있다 그리고 출력의 전력을 안정적으로 공급하기 위하여 DSP에서 제어를 수행하기 때문에 아크의 불규칙적인 스위치 특성에 의하여 아크가 발생하며 전력이 전달될 때 마다 불규칙 적으로 전류가 피크치는 것을 볼 수 있다. 본 실험에서는 그 값의 차이가 최대 24[A] 까지 차이가 나는 것을 볼 수 있었다. 아크가 회로부에서 발생할 경우 입력부에서 발생하였을 때보다는 입력전류가 안정화를 이룬 것을 볼 수 있다. 이는 출력부에서 전력의 끊김이 발생하기 때문에 입력부에 영향이 적으며 전류의 지속적인 끊김으로 인하여 출력전압의 형태가 바뀌고 피크치는 현상이 보이는 것을 볼 수 있다. 출력부에 아크가 발생할 경우 회로부의 아크가 발생할 때 보다 전체적인 전압의 상승은 더 발생하는 것을 볼 수 있으며 스파이크형태로 전압의 0 구간이 발생하는 특징을 보인다.

3. 결 론

본 논문에서는 전력전자에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 PWM 인버터를 사용하여 각부에 아크를 발생함으로써 실험을 진행하였다. 결과 아크가 입력부에서 발생할 때 출력에 크게 영향이 없고 입력 전류만 불규칙적으로 나타나는 특징을 보이며 회로부와 출력부에서 발생할 경우 출력 전압과 전류에 악영향을 주는 것을 볼 수 있었다. 그리고 아크가 직류에서 발생할 경우 전압보다는 전류에 큰 영향을 미치며 교류에서 발생할 경우 전류보다는 전압에 큰 영향을 미치는 것을 볼 수 있다. 위의 실험에서 인버터의 위치와 직류와 교류의 차이로 인한 아크의 형태를 볼 수 있었으며 이러한 자료를 토대로 아크 검출을 위한 알고리즘을 개발하여 아크로인한 전력품질 감소와 화재의 위험성을 감소시키는 연구가 수행되어야 한다.

○본 연구는 중소기업청의 중소기업 기술혁신개발사업 “미래선도과제”의 일환으로 수행되었습니다. S2044471

참 고 문 헌

- [1] Wan Sung Kwon, "A Study on the Effect of Arc Fault on Switched Mode Power Supply", Power Electronics and ECCE Asia (ICPE & ECCE), 2011 IEEE 8th International Conference on, Page(s): 3029 3032
- [2] Hyou Uk Seo, B.J. Byen, S.E. Kin, J.U Lim, W.S. Kwon, Gyu Ha Choe "The Effect of Arc Fault by Capacitor in full wave rectifier" 2012 KIPE Annual Summer Conference, 7 ,2009. Page(s): 578 579
- [3] Underwrites Laboratories Inc. UL1699, "Arc Fault Circuit Interrupters", May, 2003.