

제어정류회로에서의 직렬아크 영향 분석

임종웅, 서현욱, 김승열, 권완성, 이준배*, 최규하
건국대 전기공학과 전력전자연구실(KOPEL), 헤코(주)*

Analysis of Series Arc Effect on the PWM Rectifier

Jong Ung Lim, H.U. Seo, S.Y. Kim, W.S. Kwon, Jun Bae Lee*, Gyu Ha Choe
Dept. of Electrical Eng., Konkuk Univ., HETKO*

국문요약

AC전원으로부터 DC전압을 얻기 위한 제어정류회로는 신재생에너지의 전력변환장치, UPS, 배터리 충전 장치등 다양한 분야에서 사용되고 있다.

본 논문은 제어정류회로에서 전원측과 부하측에 직렬아크가 발생했을 때 입출력에 미치는 영향을 분석하였다.

1. 서론

AC전원으로부터 DC전압을 얻기 위한 정류기는 신재생에너지의 전력변환장치, 전동기 구동 시스템의 정류부, 배터리 충전장치, 가전기기의 전원장치, UPS등 폭 넓게 이용되고 있다. 다이오드 정류기는 회로구성이 간단하고 별개의 제어기를 구성할 필요가 없으며 가격이 저렴하여 산업체에서 가장 널리 사용되고 있다. 이러한 정류회로는 일반적으로 출력 리플을 감소하기 위해 캐패시터를 부착하게 된다. 그러나 입력전류는 전압평활 캐패시터의 작용으로 입력전압의 피크치 부근에서만 집중적으로 흐르기 때문에 불연속 전류가 흐르고 입력전류의 역률이 저하되는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위한 제어정류회로는 직류단 전압의 크기를 일정하게 제어하고, 전원측 전류를 정현적으로 제어하기 때문에 단위역률을 얻을 수 있고 양방향 전력흐름이 가능하기 때문에 전원으로의 에너지 회생이 가능하여 정·역회전 빈도가 높은 기기 및 신재생에너지의 전력변환장치로서 사용된다. 본 논문에서는 제어정류회로에서 발생하는 직렬아크에 대하여 전원측과 부하측에 아크가 발생했을 때 두 파트로 나누어 입·출력에 미치는 영향에 대해 분석하였다.

2. 아크 특성

2.1 아크의 정의

아크란 전극의 부분적인 증발에 의해 수반되는 절연 개체를 통한 전기의 지속적인 빛의 방출로 정의된다.^[1] 일부 아크는 전등 스위치나 전동기의 정상적인 동작에서도 발생할 수 있으나 이러한 아크는 주위 가연물을 점화 시키지 못하도록 격리되어 있다. 그러나 비정상적인 아크는 열화된 전선과 배전 계통에서 발생할 수 있는데 이러한 아크는 주로 도체간의 공극, 전선의 절연체 등에서 발생한다.

2.2 아크의 종류

아크의 발생위치에 따라 그림1과 같이 직렬아크, 병렬아크, 접지아크 등으로 나눌 수 있다.

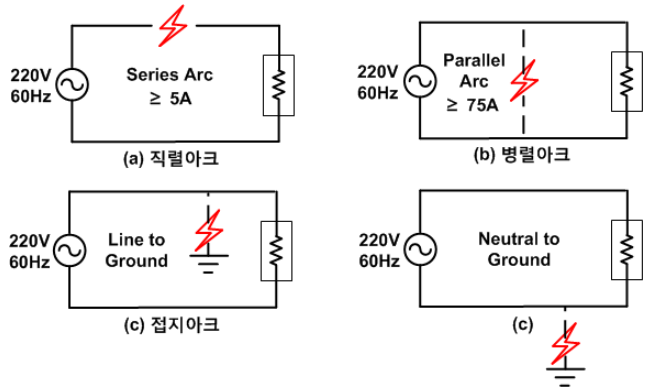


그림 1. 아크의 종류
Fig. 1. Type of arc

직렬아크는 전기적으로 부하와 직렬로 연결된 도선선 사이에 발생하는 아크로서 아크발생시 고주파에 의해 고열을 발생시킬 수 있으므로 전선의 열화에 큰 영향을 미치며 전압과 전류계측에서 높은 주파수의 잡음을 볼 수 있다. 일반적인 직렬아크 파형의 특징으로는 그림2와 같이 전류부분에 평탄한 0전류구간(shoulder)이 나타나는 것을 볼 수 있다.^{[2][3]}

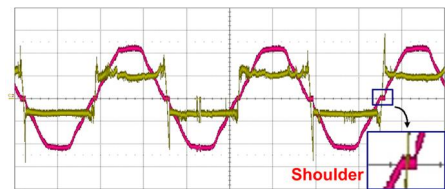


그림 2. 저항부하에서의 아크의 전압·전류 파형
Fig. 2. Voltage and current of arc in resistance

특히, 직류아크의 경우 회로의 임피던스와 부하의 임피던스에 의해 아크전류가 제한되어 에너지 레벨이 낮기 때문에 기존 누전차단기의 보호레벨 범위에 속하지 않아 검출에 어려움이 따른다. 본 논문에서는 상대적으로 검출이 어려운 직렬아크로 위주로 다루도록 한다.

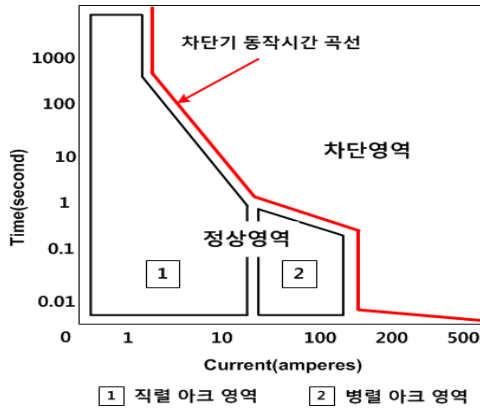


그림 3. 누전차단기의 동작 시간 곡선
Fig. 3. The typical operation time of a earth leakage breaker

3. 실험 방법 및 결과

3.1 실험 방법

제어정류회로에서 발생할 수 있는 아크를 전원측과 부하측 두 경우로 나누어 아크를 발생시킨 후 정상파형과 비교하여 입출력 파형에 미치는 영향에 대해서 알아보았다. 실험에 사용한 회로는 다음과 같다.

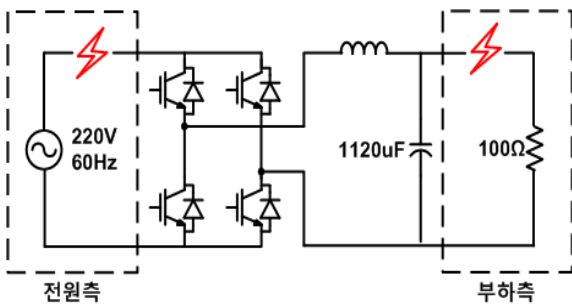


그림 4. 아크 실험 회로
Fig. 4. Arc experimental circuit

3.2 실험 결과

전원측에 아크를 발생시킨 그림 5(b)의 경우 일반적인 직렬 아크의 파형을 보여준다. 전압은 직사각형의 형태로 나타나고 전류는 평탄한 0전류구간(shoulder)이 생기는 것을 확인할 수 있다. 정상파형보다 아크전압은 0.8V에서 15.5V로 14.7V 상승하고 입력전압은 201.4V에서 188.7V로 12.7V 떨어졌다. 입력전류는 변화가 없으며, 출력전압은 제어하므로 350V를 유지하였다.

부하측에 아크를 발생시킨 그림 5(c)의 경우 그림 5(a)와 비교해 보았을 때, 아크전압은 0.8V에서 17.5V보다 16.7V 상승하고 입력전압, 입력전류, 출력전압은 차이가 없는 것을 확인할 수 있다. 전원측에 아크를 발생했을 때 입력전류는 약12V 전압강하가 생기는 반면, 부하측에서는 입력전압(부하측 캐패시터)의 변화가 없었다. 이는 AC를 DC로 변환하기 위한 정류기에서 캐패시터를 사용함으로 부하측에 아크가 발생했을 시 아크에 의한 영향을 완화시켜주는 것으로 보여진다. 이러한 영향으로 전원측에 아크가 발생했을 때보다 부하측에 아크가 발생했을 때 상대적으로 아크검출이 어렵다.

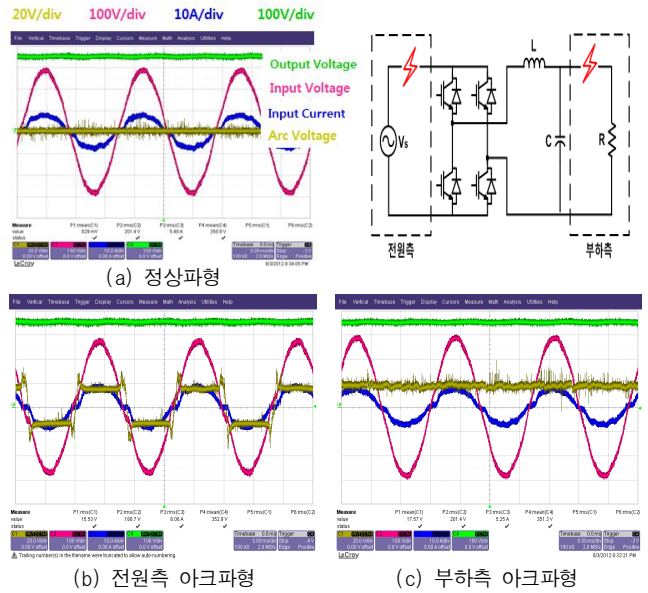


그림 5. 아크 실험파형
Fig. 5. Experimental arc waveforms on PWM rectifier

4. 결론

본 논문에서는 정류기의 전원측과 부하측에 각각 모의아크발생장치를 이용하여 아크를 발생시켰을 때 입출력의 변화를 알아 보았다. 전원측에 아크가 발생했을 때 제어정류회로의 입력전압은 약12V 떨어진 반면 부하측 아크가 발생했을 때에는 입력전압의 변동이 없었다. 전원측에 아크가 발생될 때 입력전압의 전압강하로 아크유무를 알 수 있지만 부하측에 아크가 발생했을 때에는 아크가 발생하고 있는 상황에도 전력변환장치에서 이를 감지하지 못하고 정상적으로 동작하고 있기 때문에 아크검출이 어렵고 부하측에 지속적인 아크가 발생할 경우 열화로 인한 화재의 우려가 있어 전력변환장치내의 아크검출 알고리즘이 필요하다고 판단된다.

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

참고 문헌

- [1] George D. Gregory, Gary W. Scott, "The Arc Fault Circuit Interrupter : An Emerging Product", IEEE Transactions on Industry Applications, VOL. 34, NO. 5, September/October 1998.
- [2] Wan sung Kwon " A Study on the Effect of Arc Fault on Switched Mode Power Supply" , ICPE 2011, 1, June, 2011.
- [3] Gregory, G.D., Kon Wong, Dvorak, R.F., "More about arc fault circuit interrupters", Proceedings of the IEEE, Vol. 40, Issue 4, pp. 1006 1011, 2004, July Aug..