

아크발생에 따른 태양광 인버터의 효율 특성 연구

김승열, 서현욱, 권완성, 이영진, 한동화, 반충환, 최규하
건국대학교 전력전자연구소

The Study Efficiency Characteristics of PV Inverter by Series Arc

Seung Eul Kim, H.U. Seo, W.S. Kwon, Y.J. Lee, D.H. Han, C.H. Ban, G.H. Choe
Power Electronics Lab., Konkuk Univ.

ABSTRACT

For renewable energy has been studied by many research. among them, non pollution and infinite solar energy using solar power system is newly spotlighted. the DC output characteristic of the solar cell, connection to grid and using the inverter is essential to the process of converter DC to AC. in this paper, study the corresponding changes in the efficiency of the inverter and arcing occurs in the inverter, depending on the conditions and regulations in the UL-1699 series arc occurs.

1. 서론

화석 에너지원의 고갈로 고유가 시대가 도래하는 시점에서 국내의 전세계적으로 대체 에너지에 대한 필요성과 관심이 증대되고 있다. 또한 기후 변화협약(교토 의정서)에 의거 일찍이 대체에너지 분야기술 선진국들에서는 풍력 및 태양광 그리고 최근에는 바이오와 폐기물을 이용한 신재생 에너지에 대해 활발한 연구가 진행되고 있으며 그 중에서도 무한한 태양에너지를 이용한 태양광 발전시스템이 새로이 각광받고 있다. 현재의 국내의 태양광 연계형 시스템의 효율은 태양의 광일사량 변화에 따라 달라진다. 우리나라 여름의 경우 정오 12시부터 1시까지 태양광의 일사량이 최대이다. 태양광 연계형 전력 변환장치의 정격은 최대 일사량의 빛 에너지를 전기에너지로 변환하는 양에 따라 결정되어진다. 그러므로 정오 시간대를 제외한 오전 시간대와 오후 시간대의 태양광 연계형 인버터의 빛에너지의 전기 에너지 변환 효율은 저조하다.^[1] 본 논문에서는 UL 1699에서 규정하고 있는 아크의 발생 조건에 따른 모의 아크 발생장치를 통하여 인버터에 아크를 발생 시키고 이에따라 인버터에서의 효율에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

2. 아크의 정의 및 특성

2.1 아크의 정의

아크는 전기화재의 주요 원인 중 전기화재의 주요 원인 중 하나이며 접촉 불량, 연결결함, 절연파괴, 부적절한 설치, 노화 및 손상 등에 의해 두 전극 사이의 기체를 통하여 방전되면서 지속적인 빛과 열을 발산하는 현상이다. 아크는 발생 위치에 따라 그림 1과 같이 직렬아크, 병렬아크, 접지아크 등으로 나눌

수 있다. 병렬아크와 병렬아크의 일종인 접지 아크는 각각 상도체와 중선선 또는 상도체와 접지간에 의도하지 않은 도전경로가 형성되었을 경우 발생한다. 병렬아크나 접지아크가 발생하였을 경우 고장 발생점의 임피던스가 낮아지게 되고 최종적으로 단락이나 지락으로 이어져 사고가 발생한다.^[2] 본 논문에서는 직렬아크 발생 조건에 따라 실험을 진행하였다.

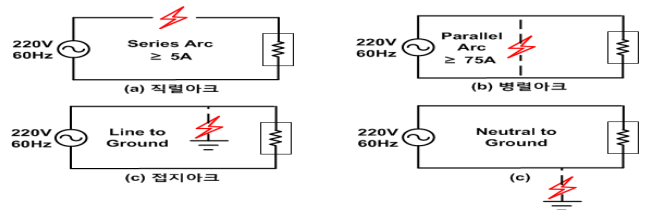


그림 1 아크의 종류
Fig. 1 Type of ARC

2.2 직렬아크의 특성

직렬아크는 단일 도체 선상에서 불완전한 연결부위에서 일어나는 아크로서 아크발생시 고주파에 의해 고열을 발생시킬 수 있으며, 전압과 전류파형에서 높은 주파수 잡음을 볼 수 있다. 일반적인 직렬아크의 파형은 그림 2와 같이 직사각형 모양의 형태를 띠고 있으며, 평탄한 영전류 구간이 생기는 것을 볼 수 있다. 특히, 직류아크의 경우 회로의 임피던스와 부하의 임피던스에 의해 아크전류가 제한되어 에너지 레벨이 낮기 때문에 기존 누전차단기의 보호레벨 범위에 속하지 않아 검출에 어려움이 따른다.^[3]

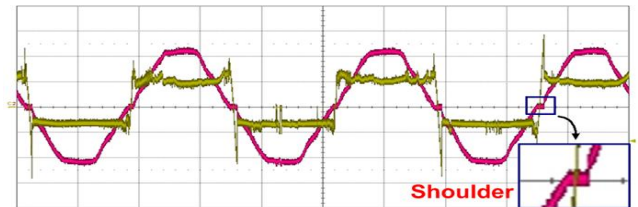


그림 2 아크의 전압 전류파형
Fig. 2. Voltage and current waveform of ARC

3. 실험 및 결과

3.1 실험 방법

직렬 아크 발생기는 UL 1699에서 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. 본 논문에서는 아크 발생기를 계통과 DC link쪽에 설치해서 3Kw급 인버터에서 아크 발생시, DC link단 일정 입력 시, 계통 출력을 일정하기 입력했을 때 효율에 미치는 영향을 분석하였다.

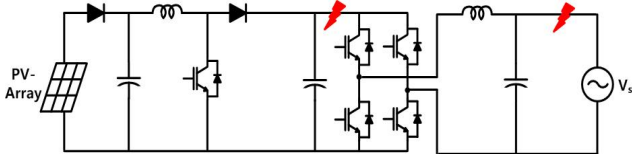
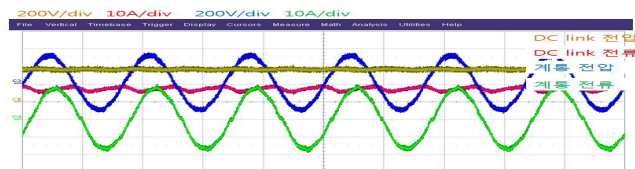


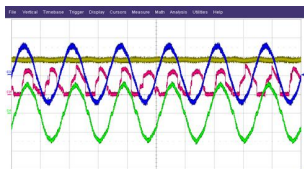
그림 3 아크 실험 회로
Fig. 3 ARC experiment circuit

3.1 실험 결과

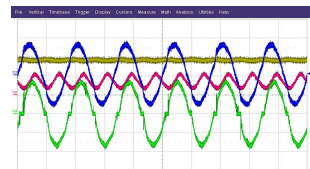
실험 결과 실험 4와같이 아크 발생시 전압과 전류에 잡음이 있을 수 있다. 그리고 전형적인 직렬아크 파형의 모습인 평탄한 0전류구간(shoulder 영역)이 생기는 것을 볼 수 있었으며, 실험결과 DC link에서 보다 계통쪽에 생기는 0전류구간이 더 큰 것을 알 수 있었다.



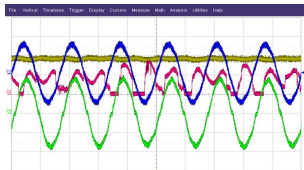
(a) 정상상태 파형



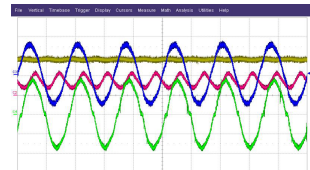
(b) DC link 아크파형



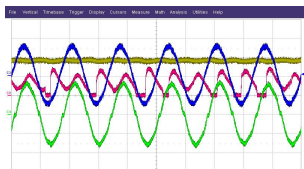
(c) 계통 아크 파형



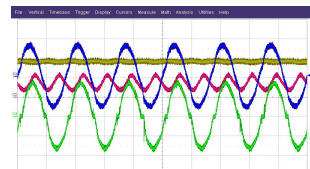
(d) 일정입력 DC link 아크파형



(e) 일정입력 계통 아크파형



(f) 일정출력 DC link 아크파형



(g) 일정출력 계통 아크파형

그림 4 아크 실험 파형
Fig. 4 Experimental arc waveforms on PV Inverter

실험 결과 표 1,2에서 보는바와 같이 인버터에 아크발생 시 효율적인 측면에서는 크게 달라지는 바가 없다는 것을 알 수 있었고, DC link 와 계통에 대한 효율을 비교해 보자면 DC link 쪽에서의 아크 발생에 대한 효율이 좀 더 떨어진다는 것을 알 수 있다.

표 1 실험 결과

Table 1 Experiment result

| | 정상상태 | | 계통 아크 발생 | | Dc link 아크 발생 | |
|--------|---------|--------|----------|-------|---------------|--------|
| | DC link | 계통 | DC link | 계통 | DC link | 계통 |
| 전압 [V] | 364.3 | 215.4 | 363.9 | 210.9 | 364.2 | 208.4 |
| 전류 [A] | 7.211 | 12.514 | 7.48 | 11.06 | 7.632 | 10.619 |
| 효율 [%] | 95.24 | 95.13 | 95.22 | 94.32 | 94.52 | 94.93 |

표 2 일정 입력, 출력 결과

Table 2 Constant Input, Output result

| | 일정 입력 | | | | 일정 출력 | | | |
|--------|----------|-------|---------------|-------|----------|-------|---------------|-------|
| | 계통 아크 발생 | | Dc link 아크 발생 | | 계통 아크 발생 | | Dc link 아크 발생 | |
| | DC link | 계통 | DC link | 계통 | DC link | 계통 | DC link | 계통 |
| 전압 [V] | 364 | 222.7 | 363.8 | 210.1 | 363.1 | 212.6 | 364.4 | 210.4 |
| 전류 [A] | 7.565 | 12.04 | 8.256 | 12.52 | 7.652 | 12.73 | 8.534 | 12.55 |
| 효율 [%] | 95.07 | 94.91 | 94.1 | 94.24 | 94.72 | 94.72 | 94.45 | 94.1 |

4. 결론

본 논문에서는 태양광 인버터에서의 아크 발생 시 효율에 미치는 영향을 분석해 보았다. 실험을 해본 결과 인버터의 효율에 아크가 미치는 영향은 정상상태와 비교하였을 때 큰 차이점이 없다는 것을 알게 되었다. 이러한 분석을 토대로 인버터에서 아크발생시 인버터에서 아크를 검출하기가 어렵다는 것을 알 수 있다. 특히 실험을 진행하면서 DC link에서 발생하는 아크보다는 계통에서 발생하는 아크발생시 아크가 심하게 생기는 것을 관찰 할 수 있었다. 따라서 아크 검출에 대한 알고리즘을 적용하여 아크 검출장치에 적용한다면 신속하게 아크검출이 이루어 질것이며, 전기 화재 예방에 큰 도움이 될 것이다. 추후에 본 연구에서 다루지 않은 다른 전력변환 장치에 대해서 아크가 효율에 미치는 영향도 연구되어야 한다.

○ 본 연구는 중소기업청의 중소기업 기술혁신개발사업 "미래선도과제"의 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 조수익 "계통 연계형 태양광 인버터의 효율 개선에 관한 연구" 전력전자 학술대회, Vol.2010 No.7[2010] 186~187
- [2] 지홍근, 정광석, 박대원, 길경석, 서동환, 류길수 "직렬아크 현상의 검출기술 및 장치" 한국마린엔지니어링학회, Vol.2010 No.3 332~338
- [3] Wan sung Kwon " A Study on the Effect of Arc Fault on Switched Mode Power Supply" , ICPE 2011, 1, June, 2011.
- [4] 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.