

# 무변압기형 계통 연계 인버터의 직류분 검출

박봉희\*, 김승민\*, 최주엽\*, 최익\*, 이영권\*\*

\*광운대학교, \*\*금비전자

## Detecting DC Offset Current for Transformerless Grid-connected Inverter

Park, Bong-Hee\*, Kim, Seung-Min\*, Choi, Ju-Yeop\*, Choy, Ick\*,

Lee, Young Kwon\*\*,

\*Kwangwoon University(pbh@kw.ac.kr), \*\*Keumbee Electronics

### ABSTRACT

본 논문에서는 효율 개선을 위하여 변압기를 구비하지 않은 계통 연계형 전력변환장치에서의 직류분(DC offset) 검출에 대하여 알아본다. 변압기를 사용하지 않으므로써, 교류 출력에 직류 성분이 혼입하여 계통에 유입되는 경우 직류 성분이 주상변압기 등에 편자 현상 등으로 계통이나 다른 수용가 설비에 고장을 일으킨다. 스위칭 등의 이상에 따른 직류가 계통에 유출되는 것을 시뮬레이션을 통하여 확인해 보고 직류 검출하는 방법을 확인하도록 한다.

### 1. 서론

신재생에너지원을 이용한 시스템에 대한 연구와 산업계의 개발이 활성화되고, 그 시장규모가 빠른 속도로 성장하고 있다. 그 중 태양광, 연료전지, 풍력 등의 전기가 아닌 형태의 에너지를 전기에너지로 변환하여 계통으로 연계하는 인버터는 시스템의 아주 중요한 장치이다.

이러한 계통 연계형 인버터에서 출력단의 직류분은 설비기준과 관련하여 매우 중요하며, 특히 병렬운전의 증대와 함께 계통에 큰 문제로 발생할 수 있다. 이러한 원인을 검토하여 검출할 수 있는 방법을 확인하여 본다.

### 2. DC offset 발생 원인

#### 2.1 DC offset 발생 원인

계통 연계 인버터에 직류분이 발생하는 원인은 인버터에서 각 암(Arm)의 임피던스가 완벽히 같을 수 없으며, 게이트의 온, 오프 타임 지연(On&Off time delay), 전류센서의 직류분(DC offset)등과 같은 여러 경우가 있다.

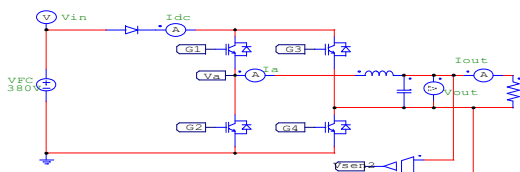


그림 1 풀 브릿지 인버터  
Fig. 1 Full Bridge Inverter

그림 1과 같은 풀 브릿지 인버터에서 각각의 암은 Q1, Q4 그리고 Q2, Q3로 이루어져 있으며, 각 암에 게이팅 신호를 주고 이 때 각 암의 임피던스가 평등한 경우와 한 쪽 암에는 IGBT 소자 저항 값 또는 다이오드 전압강하 값을 주어 한 주기 동안에 각각 어떠한 값의 차이가 있는지 확인해 보았다.

조 건		측정값(V)	
없음(평등한 경우)		314.121	314.115
Q1, Q4	IGBT R=0.5Ω	312.249	313.113
Q1, Q4	Diode Vth=0.7V	313.196	314.773
Q1, Q4	IGBT R= 0.5Ω Diode Vth=0.7V	311.458	311.601
Q1, Q4	Diode Vth=0.7V	315.097	310.932
Q2, Q3	IGBT R=0.5Ω		

표 1. 임피던스 불평등 시뮬레이션 값  
Table.1 Unequal Impedance simulation value

그 결과 불평등 임피던스를 주었을 때, 서로간의 반주기 동안 서로 다른 전압 값을 보였으며, 다이오드의 경우는 역 회복 때 동작하기 때문에 Q1, Q4 대신 Q2, Q3에 적용하였을 경우 중첩된 결과를 볼 수 있었다. 이 결과는 그림2의 한주기 동안의 영점을 기준으로 A값의 전압과 B의 전압, 즉 서로 간의 면적이 같지 않을 경우 직류분이 발생하는 것으로 생각할 수 있다.

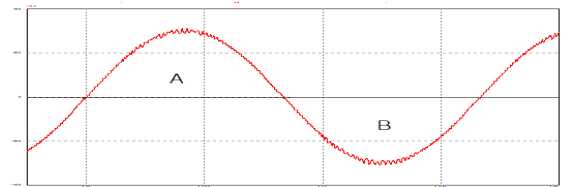


그림 2 한주기 동안의 출력  
Fig. 2 Output of One Period

이러한 직류분은 계통의 주상 변압기 등에 편자 현상을 일으키는 등 계통에 문제점을 유발하므로 국내의 계통 연계형 태양광 인버터의 경우는 신재생에너지 설비심사 세부기준으로, 상용주파수 변압기를 사용한 인버터를 제외한 모든 인버터에서 표2와 같은 직류분 시험 판정기준을 가진다.

실험방법	정격 전압 및 정격 주파수로 운전하여, 인버터의 출력전류를 계측하여 출력 전류의 직류분을 측정
판정기준	정격전류의 0.5% 이내일 것

표 2. 직류분 시험  
Table. 2 DC offset Test

### 2.2 DC offset의 검출의 어려움

직류분을 검출하기 위해서는 정밀한 전류센서(Current Transducer)를 사용하는 것이 필수적이다. 하지만 정밀한 전류 센서는 가격이 비싸고, 인버터의 가격 경쟁력 또한 중요하기에 실제 인버터 구현 시에 많이 사용되는 상용전류 센서인 Allegro社의 ACS712 모델을 적용하였다. 전류센서의 정격은 4kW급으로 결정하였으며 계통전원 220V 대비 18.18Arms값을 가지며 25.71Apk값을 가진다. 이때 Full Scale의 여분을 고려하여 정격 30A인 ACS712ELCTR 30A T를 적용하였다. 이 모델의 전류 민감도(Sensitivity)는 66mV/A이며, 전류센서의 온도에 따른 민감도의 변화를 고려하여 최대값 68mV/A의 값으로 정하였다. 이 때, 전류센서는 1A당 25mV를, 1mA에서는 0.025mV를 가지며, 전류센서의 민감도를 고려할 경우, 68mA에서 1.7mV의 값을 가진다. 하지만 DSP의 경우는 ADC 레벨은 0~3V 레벨을 가지며, TI社의 DSP28335의 경우 기준 값을 고려하여 2048의 범위를 가진다. 1bit는 0.7mV의 값을 가지므로, 이 값을 고려하였을 경우, 실제 전류센서의 센싱 값으로는 정밀히 제어하기 어려움을 알 수 있다.

### 3. DC offset 검출 방법

#### 3.1 DC offset 검출 방법 구성

이러한 직류분을 검출하는 회로를 구성하기 위하여 기준에는 듀얼 전류 센서 등을 사용하는 방법이 있었지만, 경제성을 고려하여 연산증폭기를 이용한 방법을 구성하였다.

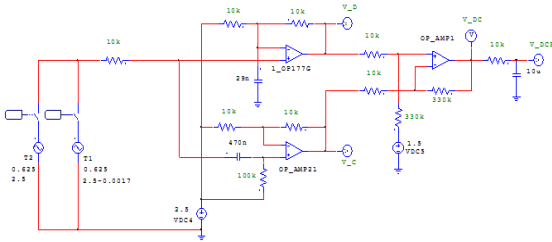


그림 3 DC 전류분 검출 회로  
Fig. 3 DC offset Detecting circuit

그림 3의 회로는 각각의 계통 출력을 고려하여 1~3초, 6~9초 구간에서는 비정상적인 오프셋 전압의 경우, 3~6초의 경우에는 정상적인 오프셋 전압으로 동작되도록 하였다. 이때 각각의 전압은 연산증폭기를 통하여 비정상 오프셋 전압과, 비정상 오프셋 전압에서 직류성분이 캐패시터를 통하여 제거된 상태에서 서로 비교하게 하였다. 또한, 회로의 접지에 캐패시터를 연결함으로써 그림 4와 같이 위상을 보상할 수 있게 하였다.

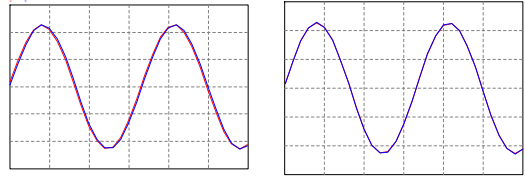


그림 4. 캐패시터 보상 전/후  
Fig. 4. Capacitor Compensation

### 3.2 회로 시뮬레이션 결과

그림 5의 시뮬레이션 결과 비정상적인 오프셋 구간에서 0.7mV의 매우 작은 값이 센싱이 가능한 약 0.05V의 값으로 나타나는 것을 볼 수 있었고, RC필터를 사용하여 그림 6과 같이 보다 깨끗한 전압이 나오는 것을 확인할 수 있었다.

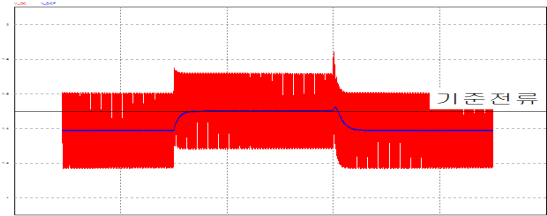


그림 5 DC 전류분 검출  
Fig. 5 DC offset Detection

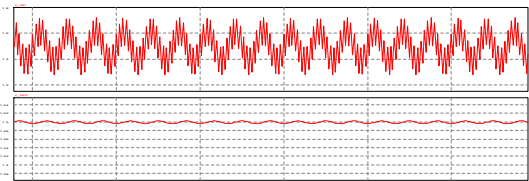


그림 6 RC필터 적용  
Fig. 6 RC filter Application

### 3. 결론

본 논문은 무변압기형 계통 연계형 인버터에서 캐패시터와 비교기를 사용하여 직류분을 검출하는 방법을 확인하였다. 앞으로 그 측정 값을 인버터의 PWM에 보상하여 직류분이 발생하지 않도록 하는 방안을 찾아보며, 실제 실험으로 확인할 계획이다.

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행한 신재생에너지기술개발사업 연구과제입니다.

### 참고 문헌

- [1] Ahfock and Bowtell, leslie, "DC Offset Elimination in a Single Phase Grid Connected", AUPEC 2006
- [2] 홍기남, "듀얼 센서를 이용한 무변압기형 태양광 인버터 전류센서의 오프셋 보정 방법", 태양에너지학회, 2012. 3월.