

## 2단 인버터를 사용한 고성능 연계형 인버터

김기선\*, 이민중\*, 박성준\*

\*전남대학교 전기공학과

### A novel high performance interactive inverter using two module inverter

Ki-Seon Kim\* · Min-Jung Lee\* · Sung-Jun Park\*

\*Chonnam National University

E-mail : ambel0@hotmail.com

#### 요 약

본 논문에서는 2단 인버터를 사용한 고성능 연계형 인버터의 구성을 제안하였다. 2단 인버터에서 하나의 인버터는 연계전압과 동일한 전압을 생성하고, 다른 하나의 인버터는 연계 전압에 포함되어 있는 고조파 성분을 제거하기 위한 전압을 생성한다. 본 논문의 제안된 구조는 PSIM 시뮬레이션으로 통해 확인하였으며, 그 결과 기본파(60Hz) 전압만 남게 되어 양질의 정현적인 전류를 연계 할 수 있음을 보였다.

#### ABSTRACT

In this paper, interactive inverter in series 2 module inverters is proposed. One of two inverters makes equivalent voltage. Another removes harmonics, contained in source voltage, through control inductor current. As a result, it remains only basic frequency voltage to produce the purely sinusoidal current wave. Using 2 module inverters is verified with simulation.

#### 키워드

Interactive inverter, converter, PV inverter

#### 1. 서 론

최근 에너지와 환경적 문제로 인해 공공기관 건물 또는 인텔리전스 빌딩 등에 태양광 모듈 및 연계형 인버터 설치에 대한 관심이 높아지고 있다[1][2]. 따라서 태양광 모듈로부터 생성된 전력을 효율적으로 계통에 연계하기 위해 연계형 인버터에 대한 연구가 많이 필요하다. 연계형 인버터에서는 연계될 전압의 위상 및 주파수가 중요한 요소가 되며 더불어 외부 노이즈 및 파형의 왜곡에 대한 감사가 필수적이다. 기존의 1단의 인버터를 사용한 전력변환기의 구조에서 입력전압의 검출 분해능은 계통전압의 크기 및 A/D 컨버터의 Bit 수에 의해 결정된다. 따라서 계통전압 검출 분해능을 증가시키기 위해서는 A/D 컨버터의 Bit 수를 증가시키는 방법은 그 경제성의 단점을 갖고 있다. 인버터의 출력전압 정도는 DC 전압과 PWM 카운터의 클럭 주파수에 의해 좌우된다. 1단 PWM 인버터의 출력전압으로 계통전압과 리액터전압을 담당하기 위해서는 계

통전압보다 높은 전압을 사용하므로 출력전압 분해능을 높이는 데는 한계가 있다. PWM 인버터에서 발생하는 PWM이 고조파 성분을 크게 하므로 필터의 부담을 줄이기 위해 스위칭 주파수를 크게 하여야 하나, PWM 주파수를 크게 하면 출력전압 정도가 낮아진다. 본 논문에서 제안된 2단 연계형 인버터는 하나의 인버터가 연계전압과 동일한 크기와 위상을 가진 전압을 발생하고, 다른 하나의 인버터에서는 연계 과정에서 발생된 고조파 제거를 위한 전압을 발생하여 양질을 연계전압을 발생하고자 하였다.

#### II. 기존 연계형 전력변환기의 원리 및 문제점 분석

일반적인 연계형 인버터의 전력변환기 구조는 그림 1과 같이 구성된다. 연계형 전력변환기는 계통전압과 인버터 전압 차에 의해 인가되는 인덕터 전압을 계통전압 보다 위상이 90도 빠르게 인

가함으로 단위역률 전력전송이 이루어진다.

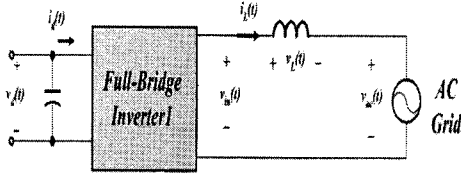


그림 1. 연계형 전력변환기의 구성

즉, 연계형 전력변환기 제어기는 계통전압( $v_{ac}$ )의 크기와 위상을 검출하고 인덕터에 흐르는 전류에 의해 식 1과 같이 계통전압보다 90도 위상이 앞선 전압을 계산하고, 계통전압과 인덕터에 인가될 전압을 벡터적으로 합하여 수식 2과 같은 인버터 전압( $v_{in}$ )을 발생한다.

$$V_L = j\omega \cdot L \cdot I_L \quad (1)$$

$$V_{in} = v_{ac} + j\omega LI^* \quad (2)$$

위와 같은 과정을 페이저도로 나타내면 그림 2와 같다. 인덕터에 인가되는 전압은 인덕턴스의 크기에 따라 결정된다. 일반적으로 인덕터의 크기는 수에서 수십 [mH] 정도가 일반적이며 단위 mH 당 임피던스는 0.377[Ω]/mH가 된다.

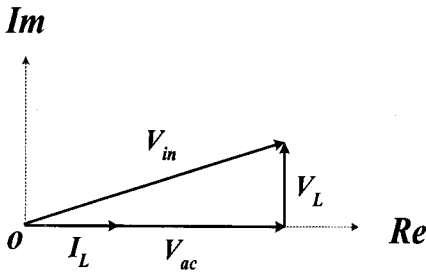


그림 2. 연계형 전력변환기의 페이저도

따라서 정격전류가  $I_{Rate}$ 라 하면 인덕터에 인가되는 정격전압은 식 3과 같다.

$$V_{Rate} = j0.377 \cdot H \cdot I_{Rate} \quad (3)$$

연계를 위해 인버터에서 발생하여야 할 전압 범위는 식 4와 같다.

$$V_{ac} \leq V_{in} \leq \sqrt{V_{ac}^2 + V_{Rate}^2} \quad (4)$$

그림 3은 인덕터 정격 전압에 따른 인버터의 출력전압 운전 범위를 나타내고 있으며, 일반적으로 인덕터의 정격전압은 계통전압의 약 10% 내외로 이때 인버터는 계통전압의 약 0.5%의 운전범위를 갖고 연계전력을 전송하게 된다.

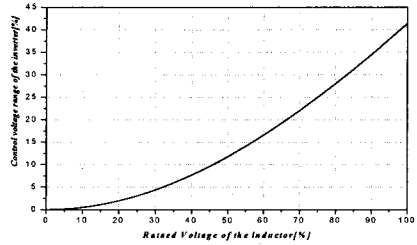


그림 3. 인덕터 정격 전압에 따른 인버터의 출력전압 운전 범위

이러한 전압제어에 의한 연계동작에서 계통전압의 고조파 성분이 존재할 경우 그림 4와 같이 인버터에서 등가 정현전압을 발생하여도 인덕터에는 인버터 출력전압과 계통전압의 차가 발생됨에 따라 계통측으로 흐르는 전류는 고조파가 포함되게 되어 출력전류의 왜곡을 일으켜 THD가 증가하게 된다.

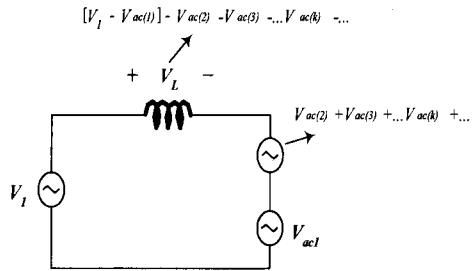


그림 4. 계통 연계형 인버터에서 정현적인 전압을 발생한 경우의 등가회로

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 인덕터에 흐르는 전류제어를 행하게 된다.

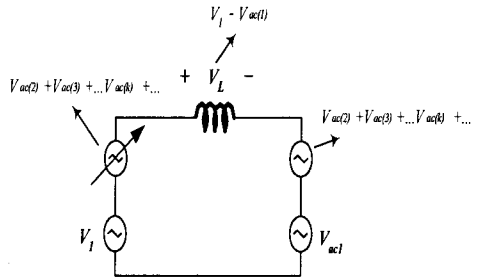


그림 5. 전류 제어시 연계형 인버터의 등가회로

계통측으로 흐르는 전류를 정현파로 만들기 위해 우선되어야 할 것은 계통전압의 정확한 계측과 PWM 인버터의 정밀한 출력력이다. 그러나 1단의 인버터를 사용한 전력변환기의 구조에서 입력전압의 검출 분해능은 계통전압의 크기 및 A/D 컨

버터의 Bit수에 의해 결정되므로 A/D컨버터의 Bit수를 증가 시키는 방법은 경제성의 단점을 갖고 있다. 인버터의 출력전압 정도는 DC전압과 PWM 카운터의 클럭 주파수에 의해 좌우된다. 1단 PWM 인버터의 출력전압으로 계통전압과 리액터전압을 담당하기 위해서는 계통전압보다 높은 전압을 사용하므로 출력전압 분해능을 높이는 데는 한계가 있다. PWM 인버터에서 발생하는 PWM이 고조파 성분을 크게 하므로 필터의 부담을 줄이기 위해 스위칭 주파수를 크게 하여야 하나, PWM 주파수를 크게 하면 출력전압 정도가 낮아진다.

### III. 2단 인버터를 사용한 새로운 고정도 연계형 인버터의 구성

본 논문에서는 그림 6의 제안된 2단 전력변환기 방식을 사용한 계통연계 구조를 나타내고 있다.

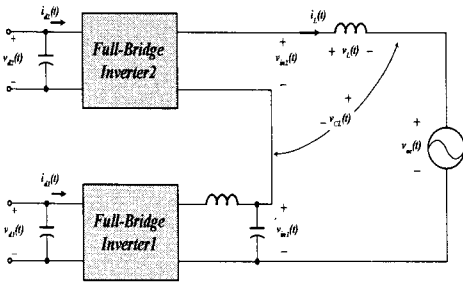


그림 6. 실제 2단 연계형 전력변환기의 구성

하단 인버터는 계통전압과 동일한 전압을 발생시키는 인버터(이후 전압발생용 인버터로 명칭)이고 상단 인버터는 리액터에 인가될 전압을 발생시키는 인버터(이후 제어용 인버터로 명칭)로 동작한다. 전압발생용 인버터는 계통전압의 크기와 위상을 검출하여 계통전압과 동기되는 같은 크기와 동위상의 전압을 발생시킨다. 전압발생용 인버터의 출력단에 저역통과 필터를 사용함으로써 전압발생용 인버터에서 발생하는 고조파성분을 제거한다. 제어용 인버터는 계통전압과 전압발생용 인버터에서 발생한 전압차를 검출하여 리액터에 인가될 전압을 제어하게 된다. 제어용 인버터가 발생 할 전압의 범위는 전압발생용 인버터에 비해 10%이하 이므로 인버터의 전압발생 정도를 높일 수 있어 양질의 출력 전압을 발생시킬 수 있다. 제어용 인버터는 식 5와 같이 인덕터 전압을 벡터적으로 더하여 출력전압을 형성한다.

$$V_{in2} = V_{ac} - V_{in1} - V_L \quad (5)$$

이상적으로 보면 계통전압과 전압발생용 인버터의 출력전압이 동일하여 제어용 인버터는 인덕터에 인가될 전압만 제어하면 되나, 실제로는 DC전원 전압의 맥동, 스위칭 소자의 전압강하 등의 이유로 계통전압과 전압발생용 인버터의 출력전압에는 차가 발생하면 이 차이를 제어용 인버터에서 보상하게 된다. 위와 같은 과정을 페이지저로 나타나면 그림 7과 같다.

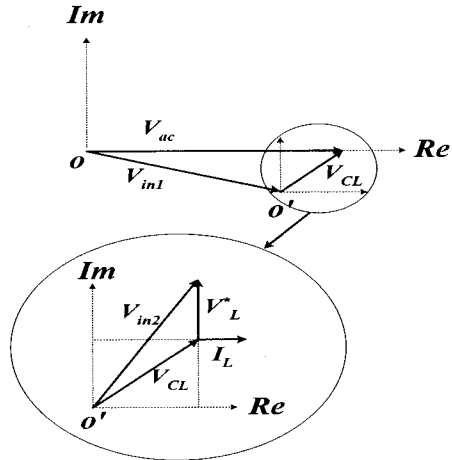


그림 7. 제안된 2단 인버터 타입 연계형 전력 변환기의 페이저도

그림 6에서 전압형 인버터의 출력전압( $V_{in1}$ )은 계통전압( $V_{ac}$ )과 동일하게 발생하여야 하나, 계통전압과의 미소 크기와 위상차를 갖는 경우가 일반적이다.  $V_{CL}$ 은 전압형인버터와 계통전압의 차이로 이 각이 계통전압보다 90도 앞서면 전류벡터는 계통전압과 동일하게 된다. 그러나 이 전압이 계통전압보다 90도 앞서지 않는 경우 제어용 인버터가 계통전압과 동상인 성분은 Zero가 되고, 직각인 성분을 원하는 전압이 되도록 제어한다.

### IV. 시뮬레이션 결과

그림 8은 제안된 방식의 타당성을 검증하기 위해 PSIM을 이용한 시뮬레이션 회로도이다.

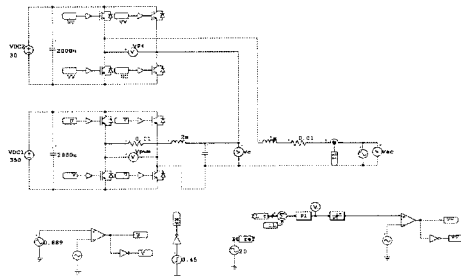
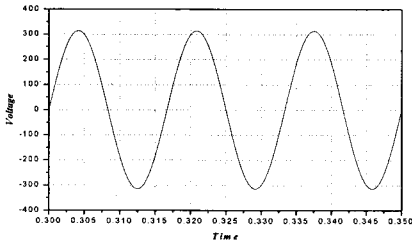
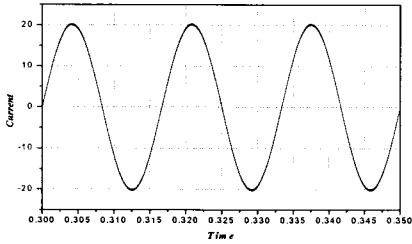


그림 8. 시뮬레이션 회로도

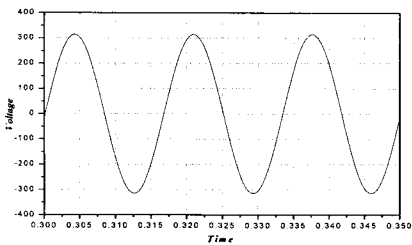
그림 9은 제안된 2단 연계형 인버터 원리를 적용한 시뮬레이션 결과이다. 양호한 전력전송 특성을 갖고 있다.



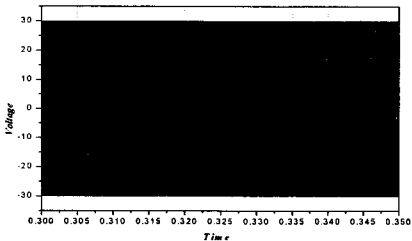
(a) 계통측 전압



(b) 인버터에 흐르는 전류



(c) 전압 발생용 인버터 출력 전압



(d) 제어용 인버터 출력 전압

그림 9. 제안된 2단 방식의 연계형 전력변환기의 연계특성

## V. 결 론

본 논문에서는 2개의 인버터를 직렬 연결한 2단 고성능 연계형 전력변환기 구조를 제안하였다. 1단 연계형 전력변환기의 단점인 정밀한 연계전압 제어의 문제점을 2개의 인버터를 직렬로 연결하여 각각 전압 발생용 인버터와 제어전압 발생용 인버터로 동작시켜 기존 1단 연계형 전력변환기의 단점인 정밀한 연계전압 제어의 문제점을 해결하고자 하였다. 본 논문에서 제안된 구조를 Psim 시뮬레이션을 통해 검증하였으며, 기존의 1단 연계형 인버터에 비해 정밀한 연계전압 제어를 할 수 있음을 확인하였다. 추후 연구에서는 제안된 구조를 제작하여 정량적인 실험을 해야 할 필요성이 있다.

## 감 사 의 글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과입니다.

## 참고문헌

- [1] Y.Kawagoe, K. Nakamura, D. Ikeda, and S. Torigoe "Field Investigation of a Photovoltaic Power System for a Telecommunications System," INTELEC '91, November, 1991.
- [2] K. Kurozumi, Y. Kawagoe, T. Yamanaka, and T. Hidaka "Development of Photovoltaic Systems Using DC Interactive Converter for Telecommunication System," INTEL '97, October, 1997.