

# DC 배전용 분산 신재생 연계형 전력변환기에 관한 연구

이율재\*, 이화춘\*, 한만승\*\*, 박성준\*

\* 전남대학교 전기공학과

## The study of renewable grid inverter for the distribution DC power line

Yul Jae Lee\*, Hwa Chun Lee\*, Man Seung Han\*\*, Sung Jun Park\*

\*Chonnam National University, \*\*Koh-a Jung Gong

### ABSTRACT

This paper is about to the efficiency improvement of inverter for renewable energy. It is proposed the structure enhanced quality by using individually DC/DC converter for MPPT and only one inverter for DC/AC and the grid control algorithm for current control mode to the converter and inverter. The grid control algorithm is possible to setting the current reference to the dependent function of DC distribution voltage.

### 1. 서론

태양광, 연료전지, 소형풍력과 같은 일반적으로 신재생에너지의 발전원은 직류가 대부분이며, 이러한 직류전원을 기초로 하여 계통에 전력을 전송하기 위해서는 직류를 교류로 변환하는 인버터와 신재생전원에서 인버터를 구동하기에 적합한 직류로 변환하는 DC/DC컨버터로 구성된다. 이러한 신재생 소형전원을 개별적으로 사용하는 경우 개별적 최대전력추종이 가능하나, 인버터의 효율저감으로 인하여 시스템의 효율 향상에는 한계가 있다. 따라서 본 논문에서는 신재생 전원에 개별적인 DC/DC 컨버터를 씌움으로써 각 신재생 에너지원은 MPPT가 가능하게 구성하고, 그 출력을 공통으로 하여 단일 인버터를 사용함으로써, 시스템 효율을 향상시킬 수 있는 시스템 구조를 제안한다. 또한 신재생에너지용 컨버터와 인버터 모두를 전류제어모드로 사용한 직렬로 구성된 두 종류의 전력변환기를 전류제어모드로 사용하기 위해서는 연계형 인버터의 전류 지령치를 DC 배전전압의 종속함수로 사용하는 안정된 연계제어 알고리즘을 제안한다.

### 2. 제안된 신재생 시스템

다수의 신재생 소형전원이 한 장소 내에 설치되어 있는 상황에서 개별적인 컨버터와 인버터를 구성하는 경우, 전력변환기의 효율 향상에는 한계가 있다. 이러한 시스템에서 신재생전원에 개별적인 DC / DC 컨버터를 두고, 그 출력을 공통으로 사용하는 초미니 DC 배전망을 구성하고, 한 개의 인버터를 사용하여 연계함으로써 시스템 효율을 향상시킬 수 있는 그림 1과 같은 시스템 구조를 제안한다. 그림 1과 같은 시스템에서 컨버터와 인버터는 콘덴서에 의해 연결되어 있는 구조로 컨버터와 인버터 측에서 공유할 수 있는 정보는 콘덴서의 전압이

유일하다. 따라서 본 제어알고리즘에서는 인버터의 전류 지령치를 콘덴서 전압인 인버터의 DC Link 전압의 종속함수로 씌움으로써 가능하다. DC Link전압에 의한 인버터의 전류 지령치를 결정하는 함수는 다양하게 생각할 수 있으나, 본 연구에서는 인버터의 변조비를 최대한 크게 설정할 수 있는 함수를 사용함으로써, 연계시 연계전류의 THD를 저감할 수 있으며, 인버터의 전압 이용률을 극대화할 수 있는 함수를 정의한다. 이러한 함수를 정의하기 위해 우선 연계형 인버터의 동작원리를 살펴보면 그림 2와 같다.

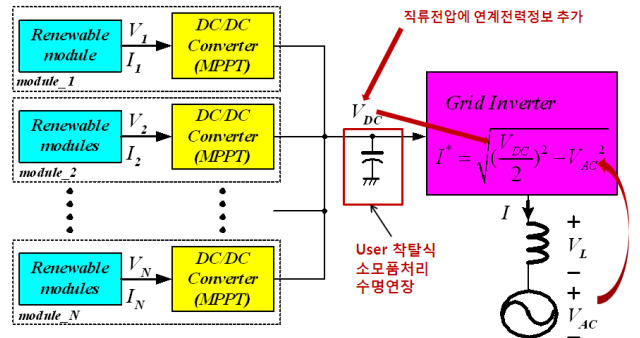


그림 1 직류배전을 이용한 멀티 입력 연계형 전력변환기 구성도  
Fig. 1 Grid inverter diagram using multi dc distribution line

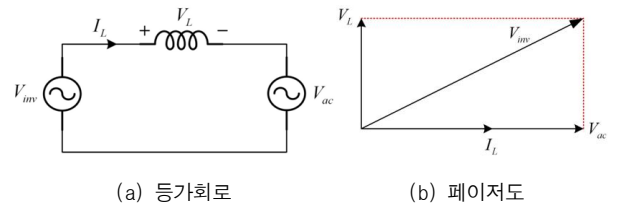


그림 2 연계형 인버터의 등가회로 및 페이저도  
Fig. 2 Equivalent circuit and phasor diagram for grid inverter

그림 2(a)와 같은 연계형 인버터 등가회로에서 인덕터에 인가되는 전압을 전원전압보다 90° 앞서게 제어하여 연계전류(I<sub>l</sub>)를 제어하며 인버터에서는 전원전압과 이에 90° 앞선 인덕터 전압의 합이 되는 전압을 인버터에서 발생한다. 연계를 위한 인덕터와 인버터의 정격전류가 정해지면 인덕터에 인가되어야 할 정격전압이 정해지며, 그 관계는 아래식과 같다.

$$V_{LMAX} = \omega L I_{Rate} \quad (1)$$

인버터의 정격전압이 정해지면 인버터에서 발생할 정격전압은 페이저 관계식에 의해 아래와 같다.

$$V_{inv} = \sqrt{V_{ac}^2 + V_L^2} \quad (2)$$

$$V_{invMAX} = \sqrt{V_{ac}^2 + (\omega LI_{Rates})^2} \quad (3)$$

인버터의 전류치는 0(zero)에서 정격의 영역에서 동작하게 되며 전류치가 0인 경우 인버터가 이 전압을 발생하기 위한 최소전압은 아래식과 같다.

$$V_{MIN} = 2V_{AC} \quad (4)$$

또한, 정격 전류치인 경우 인버터가 이 전압을 발생하기 위한 최소전압은 아래식과 같다.

$$V_{MAX} = 2V_{invMAX} \quad (5)$$

인버터에서 변조비를 1로 가져가기 위해서는 최소전압에서 영의 전류 지령치를 형성하고 최대전압에서 정격의 전류 지령치를 형성하여야 한다. 이때의 전류기울기는 아래식과 같다.

$$a = \frac{I_{Ratio}}{\Delta V} \quad (\text{단, } \Delta V = V_{MAX} - V_{MIN}) \quad (6)$$

그림 3은 위와 같은 관계를 도식적으로 표현한 것이다.

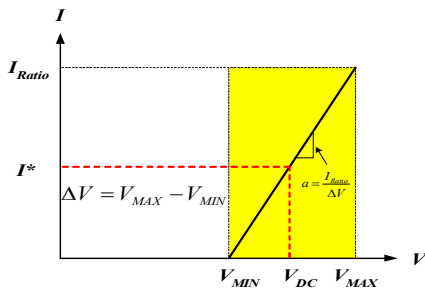


그림 3 변조비 극대화를 위한 연계형 인버터 전류지령치  
Fig. 3 Current reference of inverter for maximum M

따라서 인버터의 전류 지령치는 DC Link전압의 종속함수로 아래식과 같이 정의 된다.

$$I^* = \sqrt{\left(\frac{V_{DC}}{2}\right)^2 - V_{AC}^2} \quad (7)$$

식 7과 같이 인버터의 전류 지령치를 들으므로 DC Link전압에 연계형 인버터의 전류지령치가 포함되는 형태가 되며, 이는 신재생 전원이 분산되어 있는 경우가 대부분으로 DC 배전망으로 형성하여 각 컨버터에서 MPPT관점에서 전류를 제어하고 DC배전 중단에 1개의 인버터를 설치하여 시스템을 운영할 수 있으므로 시스템의 효율향상에 큰 장점이 있다.

### 3. 시뮬레이션 결과

본 제안 시스템의 타당성을 조사하기 위한 시뮬레이션회로로 DC/DC 컨버터는 정격이 4kW급 3조로 구성하였으며, 인버

터는 12kW급 한 대로 구성하였다. 그림 4는 각 컨버터에서 2kW 전력을 발생하여 총 6kW 인 경우의 동작 특성과형을 나타내고 있으며, 그림 4에서 알 수 있듯이 동작특성은 양호하며, 특히 인버터의 전력에 관계없이 변조비는 1로 됨을 알 수 있었다.

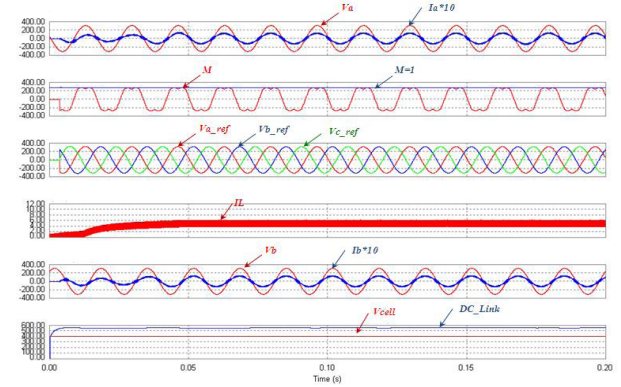


그림 4 6kW 출력 시 각종 전압 및 전류  
Fig. 4 Voltage and current for 6kW outputs

### 4. 결론

본 논문에서는 다수의 신재생 에너지원이 있는 초미니 DC 배전 직류전원을 기초로 한 고효율 시스템 구조를 제안하고, 연계형 인버터의 전류 지령치를 DC 배전전압의 종속함수로 들으므로 안정된 연계제어 알고리즘을 제안한 결과 다음과 같은 유용한 결과를 얻을 수 있었다.

- MMPT용 컨버터와 연계형 인버터의 독립제어 (다양한 신재생용 DC/DC컨버터와 호환성 증대)
- 인버터의 연계제어는 DC전압에 전력정보에 의해 전력 밸런스 제어 (다수의 DC/DC컨버터와 1개의 Grid인버터를 사용하여 경제성/변환효율 증대)
- DC Link 전해콘덴서를 User 착탈이 가능한 구조로 하여 전력변환기 수명확대 (컨버터와 인버터측에 전해 콘덴서가 없는 구조로 보증기간 증대)
- Grid 인버터를 변조비 1가까이로 동작하여 인버터전류의 THD 최소화 (맞춤형 운전조건 세팅에 의한 운전 효율 증대)

본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.  
이 논문은 호남광역경제권 선도사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

### 참고 문헌

[1] Selvaraj and N. A. Rahim "Multilevel inverter for grid connected PV system employing digital PI controller", IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 56, no. 1, pp.149 158 2009

[2] G. Shen , D. Xu , L. Cao and X. Zhu "An improved control strategy for grid connected voltage source inverters with an LCL filter", IEEE Trans. Power Electron., vol. 23, no. 4, pp.1899 1906 2008