

## 태양광발전 시스템용 인버터의 계통연계 제어

정영석<sup>\*</sup>, 이정태<sup>\*</sup>, 정명웅<sup>\*</sup>, 유권종<sup>\*</sup>, 송진수<sup>\*</sup>, 최재호<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>한국에너지기술연구소, <sup>\*\*</sup>충북대학교

### Control Strategy to Interconnect the Utility Line for 3-Phase Inverter

<sup>\*</sup>Young-Seok Jung<sup>\*</sup>, Jung-Thae Lee<sup>\*</sup>, Myung-Wong Jung<sup>\*</sup>, Gwon-Jong Yu<sup>\*</sup>

Jin-Soo Song<sup>\*</sup>, Jae-ho Choi<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Korea Institute of Energy Research, <sup>\*\*</sup>Chungbuk National Univ.

#### Abstract

In this paper, a simple control strategy to interconnect the utility line system for three-phase inverter. Conventionally, such interconnection is based on the 3-phase time-domain waveform analysis, though the control based on the plane defined by the two-axis theory is common in the area of the motor control. The new instantaneous power control strategy is introduced, which is based on the d-q axis theory. Simulation results show that proposed control method has good controllability with simple strategy.

#### 1. 서론

최근 태양전지, 연료전지발전 등의 신에너지 기술의 발달에 의해 중소 규모의 분산형 전원의 연구 개발이 활발하게 행해지고 있으며, 더욱이 일본에서는 1993년에 제정된 가이드 라인에 의해 인버터를 이용한 역조류 있는 계통연계 시스템이 가능하게 되고, 이후에는 중·소용량의 계통연계 시스템이 보급되어 갈 것으로 생각된다.[1] 따라서 우리나라에서도 이 분야에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

계통연계 시스템에는 유효-무효전력 제어를 한 경우, 전압·전류의 제어를 시간 파형으로 직접 행한 것이 많다. 한편, 전동기 제어 등에는 전압·전류를 직류량으로 변환한 것에 의해 제어를 행한 것이 많다. 이것은 교류시간파형을 직접 처리한 것보다 제어가 간편하게 되기 때문이다. 즉 좌표변환을 이용한 제어대상인 전압·전류를 2축의 회전좌표계상에서 제어를 행하고 있다. 이와 같은 2축제어는 계통연계 제어에도 용용이 가능하다고 생각된다. 필자는 기존의 모터 컨트롤용의 벡터제어용 PWM인버터를 이용하여, 좌표변환을 사용한 간단한 무효전력제어 시스템을 구현했다. 이 제어계에 대해서, 시뮬레이션을 통해 유효성을 확인한다.

#### 2. 시스템 구성

시스템의 구성을 그림 1에 보인다. 본 시스템은 전력변환부에 스위칭 소자로 IGBT를 사용하고 기타, 연계리액터, 계통전압을 검출하는 전압센서, 계통에 흘러 들어오는 전류를 검출하는 전류센서, 부하장치, 그리고 마이크로프로세서에 의한 콘트롤러 등으로 구성되어 있다.

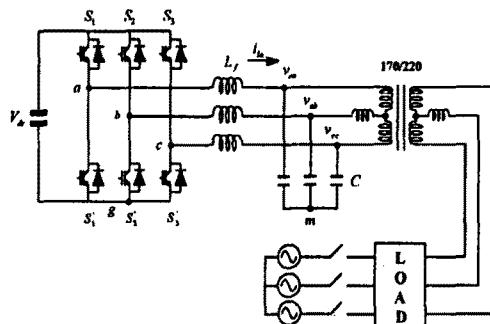


그림 1. 시스템의 구성도

#### 3. 제어 알고리즘

##### 3-1. d-q축 모델

본 제어는 3상의 전류전압센서에 동기해서 회전하는 2축 좌표계에 의해 행한다. 이것을 벡터제어로 처리한 d-q축에 대응시킨다.

이때,  $uvw$ 의 3상에 나타난 전기적 제어량을 전원주파수  $\omega$ 로 동기해서 회전하는 d-q축상에 변환한 좌표방정식은 다음식으로 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} d \\ q \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \omega t & \cos(\omega t - \frac{2}{3}\pi) & \cos(\omega t + \frac{2}{3}\pi) \\ \sin \omega t & \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) & \sin(\omega t + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (1)$$

3상교류의 총합은 0이 되는 것으로부터 (1)식은 다음과 같이 간략화 할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} d \\ q \end{bmatrix} = \sqrt{2} \begin{bmatrix} \cos(\omega t - \frac{\pi}{6}) & \sin \omega t \\ \sin(\omega t - \frac{\pi}{6}) & -\cos \omega t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (2)$$

### 3.2 순시 무효전력 제어

제동의 전압 또는 제동에 훌리 들어온 전류는 d-q 좌표축상의 벡터로 표시하면, Fig.1의 그림이 된다. 이때 전력에 관해서 전압과 전류에 동위상성분의 합이 유효전력, 전압과 그 전압에 대해  $90^\circ$  늦은 전류성분의 합이 무효전력이 되기 때문에, 유효전력  $P$ , 무효전력  $Q$ 를 그림의  $V_d$ ,  $V_q$ ,  $I_d$ ,  $I_q$ 를 사용하여 표현하면

$$\begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_d & V_q \\ -V_q & V_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} \quad (3)$$

로 된다. 이때 전압벡터  $V$ 의 큰방향에 대해서, 전류벡터  $I$ 의 큰방향을 제어하면, 전력을 제어할 수 있다. 즉 무효전력 지령치  $P^*$ , 무효전력 지령치  $Q^*$ 에 대해서 흐를 수 있는 전류  $I_{dref}$ ,  $I_{qref}$ 는 (3)식에 의해 다음 식으로 나타낸다.

$$\begin{bmatrix} I_{dref} \\ I_{qref} \end{bmatrix} = -\frac{1}{V_d^2 + V_q^2} \begin{bmatrix} V_d & -V_q \\ V_q & V_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P^* \\ Q^* \end{bmatrix} \quad (4)$$

본 제어에는 (4)식에 주어진 참조전류  $I_{dref}, I_{qref}$ 를 계통전류의  $I_d, I_q$ 와 비교하고, PI제어에 의해 인버터의 전류제어계를 구성하고 있다. 그림 2에 전류제어계 블록도를 보인다.  
이 시스템에는 모터콘트롤과 거의 유사한 제어계가 사용되고, 제어 알고리즘의 변경에 의해 범용 모터콘트롤용 인버터가 사용 가능하다.

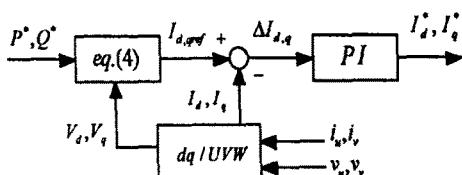


그림 2. 전류제어계 블록도

## 4. 시뮬레이션

### 4.1 시뮬레이션

제 2장에서 기술한 무효전력제어법의 검증을 시뮬레이션에 의해 행했다. 시뮬레이션에서는 고조파성분을 무시하고, 기본파 성분만을 고려하여 행했다.

그림 3에 유효전력지령  $P^* = 5kW$ (정격), 무효전력지령  $Q^* = 0kVar$ 일 때의 전류와 전압의 정상상태시의 과정을 나타냈다. 그림 4는  $t = 0.04[sec]$ 까지  $P^* = 0kW$ ,  $Q^* = 1kVar$ 를 유지하다가  $P^* = 5kW$ ,  $Q^* = 0kVar$ 를 주었을 경우의 전압과 전류의 과정이다. 스텝 지령후에도 발산하지 않고 안정하게 제어됨을 볼 수 있다.

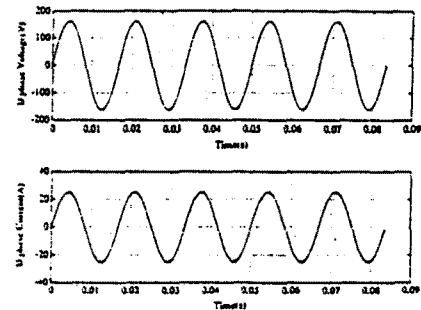


그림 3. 안정상태시의 전압,전류 과정

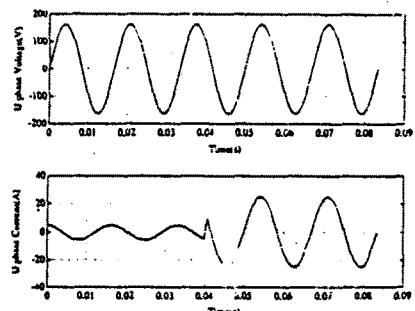


그림 4. 스텝지령시의 전압,전류 과정

## 5. 결론

본 논문은 인버터를 사용한 계통연계제어법에 대하여 시뮬레이션으로 그 타당성을 알아보고, 그 기본기능을 확인한 것이다. 차후로는 실험을 통하여 그 적용 가능성을 확인하고 문제점을 도출하는 것이 과제이다.

## 참고문헌

- [1] 安田, 関, 中島, 嵩原, 國吉 : 「3kW 太陽光発電用インバータ」, 昭 62 電氣學會産業應用部 門全國大會 No. 112

[2] 유권종 외 :「전력 Peak Cut을 위한 Solar 에어콘 개발」,  
KIEE하계 학술대회 pp.1045~1047, 1992.

[3] 유권종 외 :「양방향성 PWM컨버터를 이용한 가정용 태양  
광 에어컨시스템에 관한 연구」, 대한전기학회 Vol. 45, No.  
3, pp.358~364, 1996.

[4] Y. Tokiwa, F. Ichikawa, T. Sakurai, S. Hirose, H.  
Inokuchi : 「Application of digital instantaneous current  
control for static induction thyristor converters in the  
utility line」, PCIM'88 proceedings, pp.343~351