

# 중요부하의 전압품질을 고려한 계통연계형 PCS의 제어 기법

오형민, 최세완, 윤선재\*  
 서울과학기술대학교, \*LS산전

## Control Method of Utility Interactive PCS Considering Voltage Quality of Critical Load

Hyeongmin Oh, Sewan Choi, Sunjae Yoon\*  
 Seoul National University of Science and Technology, \*LS Industrial Systems Co.

### ABSTRACT

중요자체부하를 갖는 분산발전 시스템에서 PCS는 계통이상 시 독립운전으로 전환하여 자체 부하(MBOP 등)에 지속적인 전력을 공급하여야 한다. 기존의 제어방식은 계통연계시 전류 제어를 독립운전시 전압제어를 하기 때문에 모드 전환시 자체 부하 전압의 큰 과도상태가 발생 뿐 아니라 단독운전 검출전까지 부하의 조건에 따라 자체부하 전압주파수가 변동되어 자체 부하에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 본 논문에서는 모드 전환에 따른 전압의 과도상태를 최소화하고 단독운전 검출 전에도 전압 주파수가 변동하지 않는 제어기법을 제안한다.

### 1. 서 론

중요자체부하를 갖는 분산발전 시스템은 계통고장시에 독립운전으로 전환하여 자체부하에 안정적인 전력을 공급해야 한다. 기존의 계통연계 제어방식은 전류제어에서 전압제어로 모드를 전환해야 하므로 인버터전압에 과도상태가 심하게 발생할 뿐 아니라 단독운전 검출전까지 부하 조건에 따라 주파수가 변동되어 중요부하에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 모드 전환시 인버터는 출력전압의 과도현상을 최소화하는 끊임없는 전환이 필요하다.<sup>[1]</sup>

이러한 모드전환 시 과도상태를 최소화하기 위하여 계통연계시 전류제어를 하면서 스위치의 상태를 피드백 받아 과도상태를 줄이는 방법<sup>[2]</sup>이 제안되었는데 이 방법은 반주기 정도의 과도상태가 있으며 단독운전 검출 전에는 적용되지 않는다. 또한, SSR을 이용한 모드 전환 시 계통 측 L필터의 전압으로 스위치 전류를 급격히 감소시키는 방법<sup>[3]</sup>은 인덕터가 매우 큰 단점이 있다. 또한, 이 방법은 SSR을 사용하는 경우에만 적용되고 단독운전 검출 전에는 보상하지 못한다. 최근 독립운전 시 뿐 아니라 계통연계 시에도 전압제어를 유지함으로써 단독운전 검출 후 뿐만 아니라 검출 전에도 과도상태 없이 모드 전환할 수 있는 제어기법이 제안된 바 있다. 한편 기존의 PLL 기법은 단독운전이 발생할 경우 출력주파수가 변동되는 문제점이 있다.<sup>[4]</sup>

본 논문에서는 독립운전 및 계통연계시 전압제어를 유지함으로써 과도 상태가 없고 단독운전 검출 전에도 PLL의 출력 주파수가 변동되지 않아 중요부하에 안정적인 전력을 공급할 수 있는 제어 기법을 제안한다.

### 2. 제안하는 제어기법

그림 1은 계통연계 3 레벨 NPC 인버터의 구성도이며, 그림 2는 제안하는 계통연계 인버터 제어 알고리즘 블록도이다. 제안하는 모드 전환 기법은 인버터 출력전압  $V_{Cf}$ 의 크기와 위상으로  $L_g$ 전류를 간접적으로 제어하는데 인버터 출력전압 레퍼런스는 다음과 같다.

$$V_{Cf}^d * = |V_{Lg}| = I_{Lg}^q \times \omega L_g \quad (1)$$

$$V_{Cf}^q * = |V_g| \quad (2)$$

출력전압 d, q축 레퍼런스에 계통 측 전류제어의 보상성분을 더해 최종 전압 레퍼런스를 얻는다. 제안하는 PLL은 d축 전압을 제어하는 PI 제어기 출력이  $\Delta\theta$ 가 되며 60Hz에 해당하는  $\theta_{ff}$ 와 더해져 계통전압의 위상각과 일치하는 위상각을 출력한다.  $\theta_{ff}$ 는 60Hz에 해당하는  $\omega_{ff}$ 를 적분하여 얻은 위상각이다. 제안한 PLL의 출력 위상각을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\theta = \theta_{ff} + \Delta\theta = \frac{\omega_{ff}}{s} + \Delta\theta \quad (3)$$

$\theta_{ff}$ 는 60Hz의 주파수를 가지는 위상각이며  $\Delta\theta$ 는 계통전압의 위상각과의 차이를 보상하기 위한 각도 값이므로, 제안한 PLL의 출력 위상각의 주파수는 언제나 60Hz로 일정하다. 그러므로 계통고장시에 단독운전 검출 전 계통위상에 대한 올바른 정보를 얻지 못하는 경우에도 제안한 PLL의 출력 주파수는 변동하지 않는다.

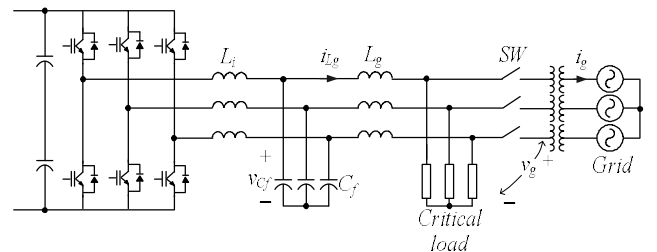


그림 1 중요부하를 갖는 계통연계 인버터 구성도

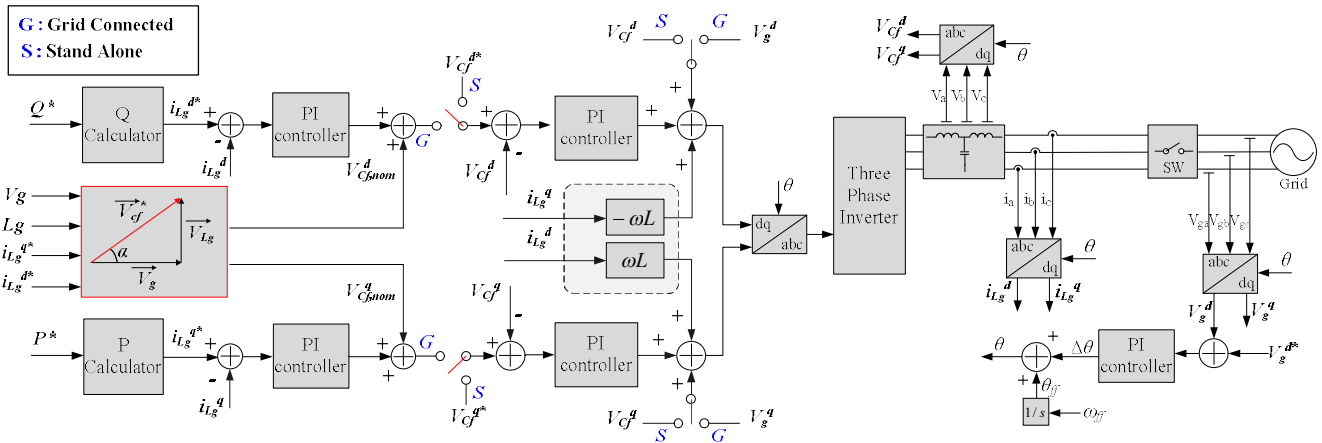


그림 2 제안하는 계통연계 인버터 제어 알고리즘 블록도

### 3. 시뮬레이션

제안된 알고리즘을 검증하기 위해 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 하였고 파라미터는 다음과 같다.

- P = 100 kW
- V<sub>LL</sub> = 380 V
- f<sub>s</sub> = 3 kHz
- L<sub>i</sub> = 90 μH
- C<sub>f</sub> = 275 μF
- L<sub>g</sub> = 700 μH

그림 3은 기존의 제어방법에 의한 모드 전환 과형으로 아이일랜딩발생시 중요부하의 전압과 주파수가 변동하며 또한 모드 전환시에도 과도상태가 큰 것을 볼 수 있다. 그림 4는 제안하는 제어방법에 의한 모드 전환 과형으로 아이일랜딩발생시 자체 중요부하의 전압과 주파수가 일정하고 또한 모드 전환시 과도상태가 거의 없는 것을 볼 수 있다.

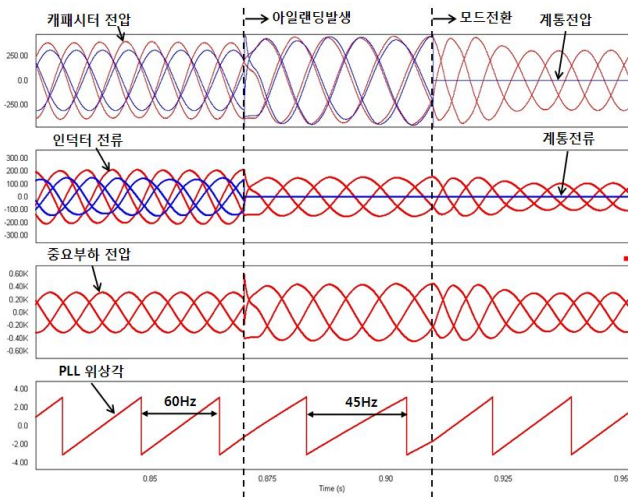


그림 3 기존 제어방법에 의한 모드 전환

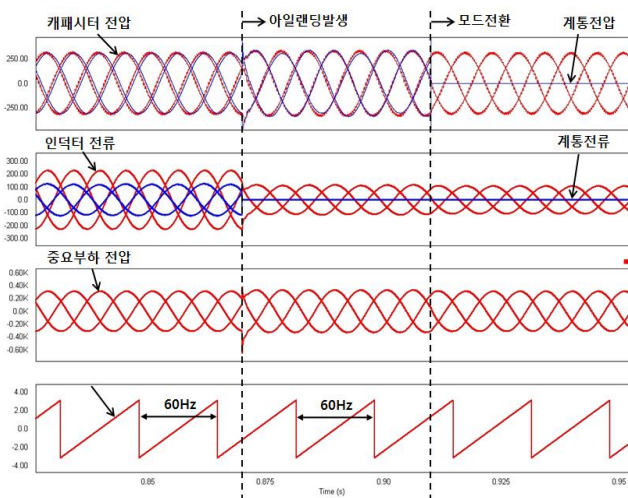


그림 4 제안하는 제어방법에 의한 모드 전환

### 4. 결론

본 논문에서는 자체중요부하를 갖는 분산발전 시스템에서 모드 전환에 따른 전압의 과도상태를 최소화하고 단독운전 검출 전에도 전압 주파수가 변동하지 않는 제어기법을 제안하였다. 아이일랜딩 발생시 중요부하전압에 과도상태없이 모드 전환되고 주파수가 변동되지 않음을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 최종논문 발표시 실험을 통해 본 논문의 제어기법을 검증하겠다.

### 참고 문헌

- [1] Sunjae Yoon, Junbum Kwon, Junsung Park, Sewan Choi, "Indirect Current Control for Seamless Transfer of Three Phase Utility Interactive Inverters", IEEE Applied Power Electronics Conference, pp. 625-632, 2011
- [2] Tai Sik Hwang, Kwang Seob Kim, Byung Ki Kwon, "Control strategy of 600kW E BOP for molten carbonate fuel cell generation system", ICEMS 2008, pp. 2366-2371
- [3] Guoqiao Shen, Dehong Xu, Xiaoming Yuan, "Instantaneous Voltage Regulated Seamless Transfer Control Strategy for Utility interconnected Fuel cell Inverters with an LCL filter", IP EMC 2006, pp. 1-5
- [4] 윤선재, 권준범, 최세완, 최우진, 이교범, "연료전지 계통연계형 인버터의 Islanding에 강인한 PLL 기법", 전력전자학회 2009년도 하계학술대회 논문집, pp. 345-347