

# 계통연계형 3-레벨 NPC 인버터의 병렬운전 제어기법

김주하, 정상혁, 양석현, 최세완, 김광섭\*  
 서울과학기술대학교, \*카코뉴에너지(주)

## Control Method for Parallel Operation of Grid-connected 3-Level NPC Inverters

Jooha Kim, Sanghyuk Jung, Seokhyun Yang, Sewan Choi, Kwangseob Kim  
 Seoul National University of Science and Technology, \*KACO new energy Inc

### ABSTRACT

마이크로그리드 내의 ESS는 독립운전 및 계통연계 두 가지 운전모드가 가능해야 하며 인버터는 용량의 확장성, 시스템의 보수 편리, 신뢰성 향상 등의 장점 때문에 주로 모듈화 한다. 이때 모듈간의 오차, 비동기 된 PWM의 문제로 순환전류가 발생하기 때문에 병렬운전 제어기법이 필요하다. 본 논문에서는 3 레벨 NPC인버터 병렬연결 시 순환전류 제거에 적합하고 독립운전에서 계통연계로 모드전환이 가능하며 PWM동기화 기능을 갖는 마스터 슬레이브 방식의 병렬운전 시스템을 제안하였고 실험을 통해 타당성을 검증하였다.

품 제작 및 실험을 통해 본 논문의 타당성을 검증 하였다.

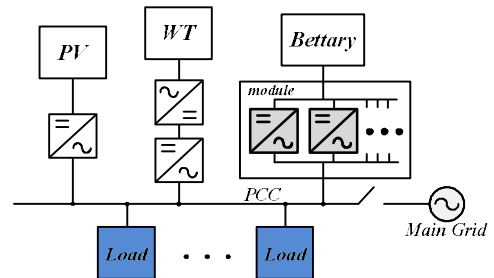
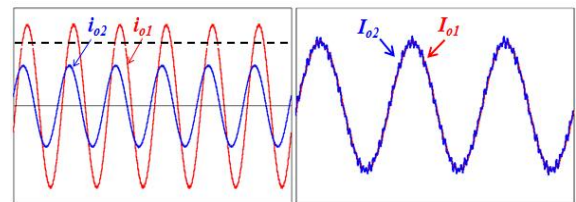


그림 1. 마이크로그리드 개념도

### 1. 서론

최근 태양광, 풍력 등 신재생 에너지와 에너지 저장 시스템(ESS)으로 구성된 마이크로그리드에서 ESS의 중요성이 부각되고 있다. 그림 1은 마이크로그리드의 개념도이다. 마이크로그리드 내의 ESS는 독립운전 시 부하에 전력을 공급하고 계통연계 시 에너지를 충전 및 방전하기 위하여 독립운전 및 계통연계 두 가지 운전이 가능해야 한다. 또한 ESS내 인버터의 모듈화를 하면 독립운전 모드 시 동작중인 인버터가 고장 나더라도 여분의 인버터로 시스템을 유지하여 안전성이 증가하고, 시스템용량을 증대할 경우 추가 인버터만 연결하면 되므로 확장성도 우수하며 같은 용량의 인버터들로 시스템을 구성할 수 있어 부품선정에 용이하다. 그러나 모듈간의 특성 차이 및 PWM 비동기로 인해 병렬연결 시 순환전류가 발생하여 시스템에 악영향을 끼칠 수 있다. 순환전류의 성분으로는 그림 2와 같이 출력전압의 진폭 및 위상차에 의하여 발생하는 저차 순환전류와 비동기 된 PWM에 의해 발생하는 고차 순환전류<sup>[1]</sup>가 있다. 기존의 병렬제어 방법은 저차 순환전류를 제거하기 위한 병렬운전기법을 사용<sup>[2]</sup>하고 고차 순환전류 제거는 인버터 모듈마다 EMC/EMI 필터 및 변압기를 사용하여 제거 하였다. 이러한 방식의 제거는 전체시스템의 부피가 증가하고 비용이 많이 드는 단점이 있었다. 본 논문에서는 3 레벨 NPC 인버터 병렬연결 시 이러한 두 가지 순환전류 제거에 적합하고 독립운전에서 계통연계 모드전환이 가능하며 PWM동기화 기능을 갖는 마스터 슬레이브 방식의 병렬운전 시스템을 제안하였고, 축소시작



(a) 저차 순환전류를 갖는 출력전류 (b)고차 순환전류를 갖는 출력전류  
 그림 2. 병렬운전 제어기법 미적용 시 출력전류

### 2. 제안하는 병렬운전 제어기법

아래의 그림 3은 비동기 된 PWM 타이머 인터럽트 시작점을 CAN통신을 활용하여 동기화 하는 과정의 모식도 이다.

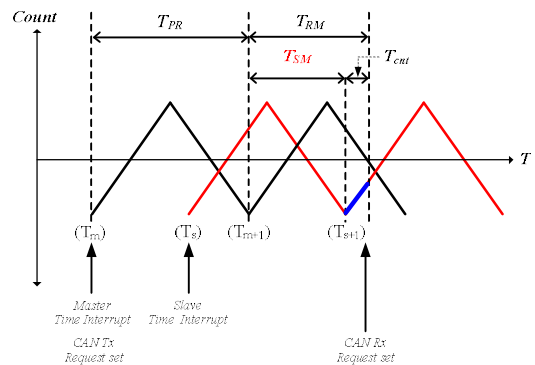


그림 3. PWM 타이머 인터럽트 주기와 CAN통신 주기

CAN 데이터는 마스터의 타이머 인터럽트에 동기 하여 슬

레이브 타이머 인터럽트에 전송시킨다. 비동기된 마스터 슬레이브의 시간차이  $T_{SM}$ 과 송·수신 딜레이에 의한 지연시간차이  $T_{cnt}$ 의 합을 슬레이브 PWM 타이머 인터럽트 주기에 보상하여, PWM 동기시킨다.

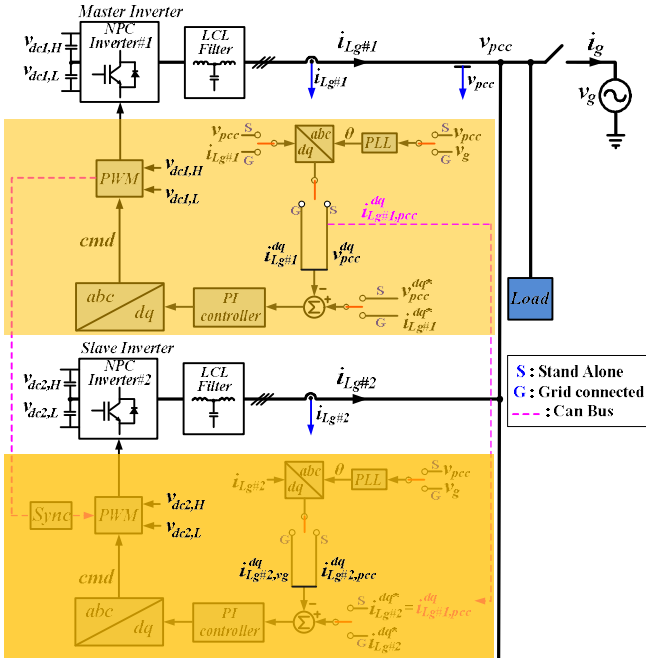


그림 4.3상 3-레벨 NPC 인버터의 병렬운전 제어블럭도

그림 4는 제안하는 병렬운전기법의 제어블럭도이다. 독립운전 모드에서 마스터 인버터는 전압제어와 동기좌표로 변환된 출력전류를 CAN통신으로 슬레이브 인버터로 전송한다. 전송된 마스터 인버터의 출력전류는 슬레이브 인버터의 전류 지령치가 되어 전류제어를 수행한다. 계통연계 모드에서는 마스터 인버터, 슬레이브 인버터 모두 전류제어를 수행한다.

### 3. 실험 결과

제안한 동기좌표계 3상 3 레벨 NPC 인버터 병렬운전 시스템의 타당성을 입증하기 위하여 축소시작품을 제작하여 실험을 진행하였으며, 다음은 실험에서 사용한 파라미터이다.

- $P_o = 4kW$     ·  $P_{inv} = 2kW$     ·  $V_{dc} = 400V$     ·  $f_{sw} = 10kHz$
- $V_{LL} = 220V$     ·  $L_i = 1.53mH$     ·  $C_f = 8\mu F$     ·  $L_g = 2.2mH$

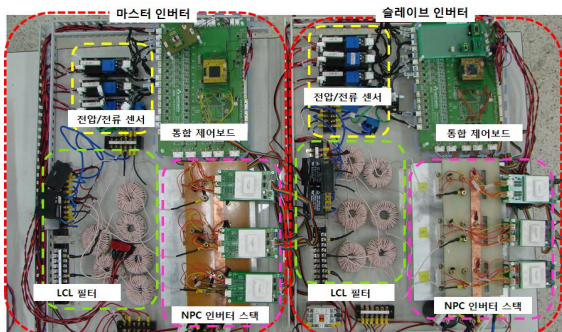


그림 6. 3상 3-레벨 NPC 인버터의 축소시작품

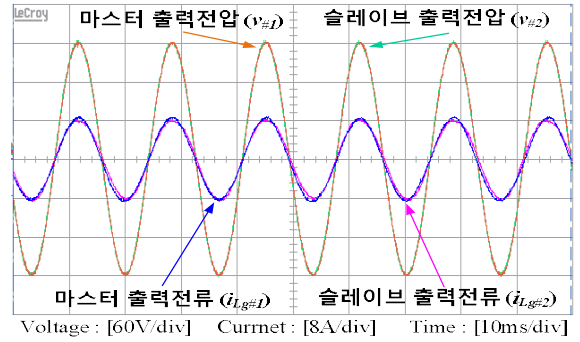


그림 6. 마스터-슬레이브 독립운전 실험결과

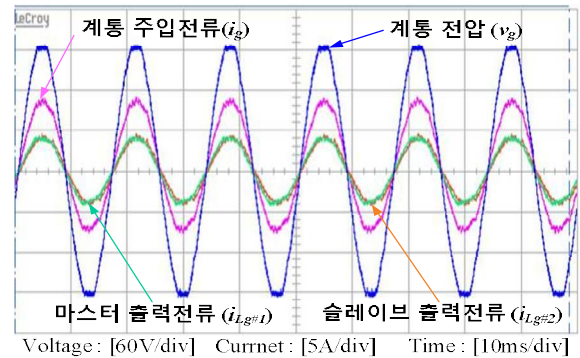


그림 7. 마스터-슬레이브 계통연계 실험결과

그림 6은 독립운전 모드로 인버터 당 2kW씩 부하분담을 하고 있는 정상상태 파형이고, 그림 7은 계통연계 모드로 인버터 당 2kW씩 부하 및 계통에 전력을 주입하고 있는 정상상태 파형이다. 두 가지 파형으로부터 출력하는 전류의 크기와 위상이 일치하여 순환전류 없이 부하에 분담하는 것을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 논문에서는 ESS내 3 레벨 NPC인버터 모듈의 병렬운전을 통해 발생하는 저차 및 고차 순환전류 제거와 독립운전에서 계통연계로 모드전환이 가능한 병렬운전 제어기법을 제안하였고, 실험을 통해 본 논문의 타당성을 검증하였다.

이 논문은 카코뉴에너지(주)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] Kyung Hwan Kim, Dong Seok Hyun, "A High Performance DSP Voltage Controller with PWM Synchronization for Parallel Operation of UPS Systems," PESC'06, vol. 3, pp. 1 7, June 2006.
- [2] 정상혁, 정아진, 김주하, 최세완, 김경환, "태양광 발전을 위한 NPC 인버터의 병렬운전" 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집, 2012.7, 57-58