

에너지저장시스템을 위한 무순단 절체 기능을 갖는 계통연계형 인버터의 병렬운전

정아진, 김주하, 요스 프라보우, 최세완
서울과학기술대학교

Parallel Operation of Grid-connected Inverters with Seamless transfer for Energy Storage System

Ahjin Jung, Jooha Kim, Yos Prabowo, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

마이크로그리드에서 ESS용 PCS를 모듈화하면 용량의 확장성, 신뢰성 향상 등의 장점을 갖는다. 모듈화 된 인버터는 병렬 구조를 갖고 인버터 모듈간의 접속점(PCC)에 공통으로 중요부하를 공유하고 있어 독립운전 시 정확한 부하분담이 요구된다. 또한 독립운전 및 계통연계 모드전환 시 제어기 변동으로 인한 과도상태로 인해 접속점에 연결된 중요부하에 악영향을 끼칠 수 있다. 따라서 본 논문에서는 ESS용 PCS로서 모듈화 된 병렬 인버터가 모드전환 시 과도상태가 없는 무순단 절체 기능을 갖는 마스터 슬레이브 제어알고리즘을 제안한다.

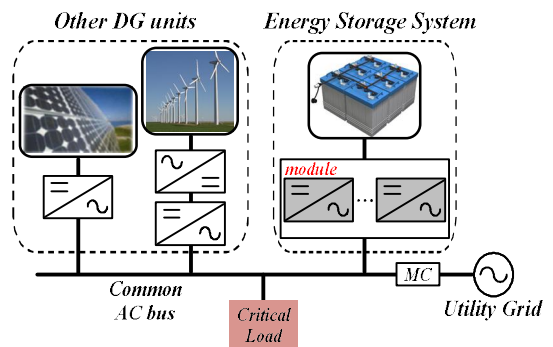


그림 1 마이크로그리드의 개념도

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. MW급의 대용량 ESS용 PCS는 인버터를 모듈화하여 구성하면 스위칭소자(IGBT) 정격의 한계를 극복할 수 있을 뿐 아니라 용량의 확장성, 시스템의 보수편리, 신뢰성 향상을 꾀할 수 있다. 모듈화 된 인버터들은 접속점에 공통으로 중요부하를 공유하고 있어 정확한 부하분담을 해야 하기 때문에 병렬운전 제어방법이 필요하다.

인버터 병렬운전 기법으로 분산형 제어기법은 인버터와 부하를 연결하는 선로 임피던스 차이로 인해 모듈간의 부하분담이 정확하지 않고 수하특성상 전압의 크기 및 주파수 품질저하가 발생하는 단점이 있다.^[1] 또한 집중식 제어방식의 경우 신호선의 문제가 있고 부하분담을 위해 별도의 중앙제어기와 부하전류를 센싱하기 때문에 용량의 확장성의 한계가 있다는 단점이 있다. 이에 반해 마스터 슬레이브 기법은 부하분담 시 응답속도가 빠르고 제어기 구조가 다른 제어방법에 비해 비교적 간단하여 산업현장에서 일반적으로 가장 많이 쓰이는 병렬운전 방법이다.

그런데 기존의 마스터 슬레이브 기법에서 마스터 인버터의 제어기는 독립운전 시 전압제어, 계통연계 시는 전류제어를 수행하고 슬레이브 인버터의 제어기는 항상 전류제어를 한다. 이

러한 기존의 방법은 모드전환 시 마스터 인버터의 제어기 전환에 의해 큰 과도상태에 놓이며 이러한 현상이 중요부하 전압에 악영향을 끼칠 수 있다. 따라서 모드 전환 시에 부하전압의 과도현상을 최소화하는 모드 전환기법이 필수적이다.

본 논문에서는 ESS용 PCS로서 모듈화 된 병렬 인버터가 모드전환 시 과도상태가 없는 무순단 절체 기능을 갖는 마스터 슬레이브 제어알고리즘을 제안한다.

2. 제안하는 계통연계형 인버터의 병렬운전

그림 2는 모듈화 된 ESS용 PCS 구성도이고 그림 3은 기존의 마스터 슬레이브 기법의 제어 블록도 이다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 계통연계 시에는 마스터와 슬레이브 인버터 둘 다 전류제어를 수행하고 독립운전 시에는 마스터는 전압제어 슬레

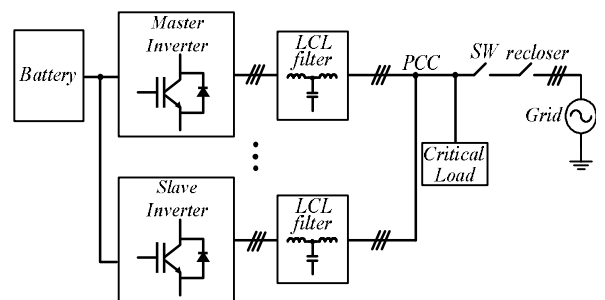


그림 2 모듈화 된 ESS용 PCS 구성도

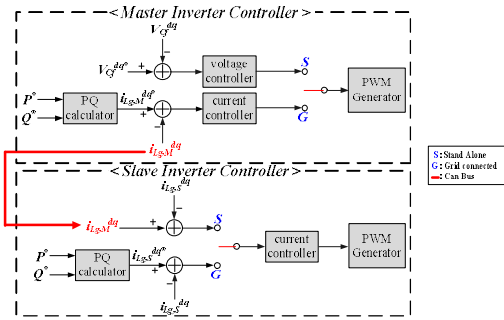


그림 3 기존의 마스터-슬레이브 기법

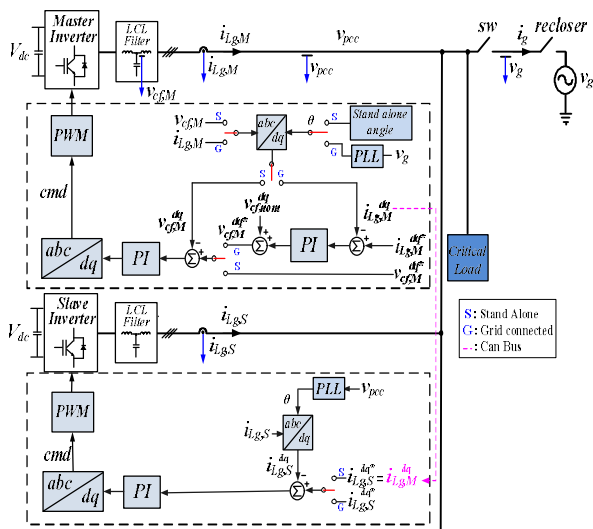


그림 4 제안하는 마스터-슬레이브 방식의 PCS 제어블록도

이브는 전류제어를 수행한다. 따라서 기존의 방식은 모드전환 시 제어기가 변동하므로 과도상태가 발생을 하고 중요부하 전압에 악영향을 끼친다.

그림 4는 제안하는 마스터 슬레이브 방식의 PCS 제어블록도 이다. 제안하는 마스터 슬레이브 기법은 마스터 인버터에 무순단 절체 방법인 간접전류 제어 기법을 적용 한 것으로 인버터 출력전압 V_{Cf} 의 크기와 위상을 제어함으로써 계통 측 인덕터 전류 I_{Lg} 를 간접적으로 제어하는 방법이다.^[2]

먼저 독립운전 모드 시 마스터 인버터는 커패시터 전압제어를 수행하고 슬레이브 인버터는 마스터의 전류 값을 레퍼런스로 삼아 전류제어를 수행한다. 그리고 계통연계 모드 시 마스터 인버터는 출력전류 보상분과 계산된 출력전압 레퍼런스를 합한 값으로 커패시터 전압 제어를 수행하고 슬레이브 인버터는 파워로 계산된 전류레퍼런스로 전류제어를 수행한다. 따라서 독립운전, 계통연계 모드 일 때 마스터 인버터는 항상 전압제어를 하므로 모드전환 시 마스터 인버터의 제어기 변동으로 인한 과도상태가 발생하지 않는다.

3. 시뮬레이션 결과

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

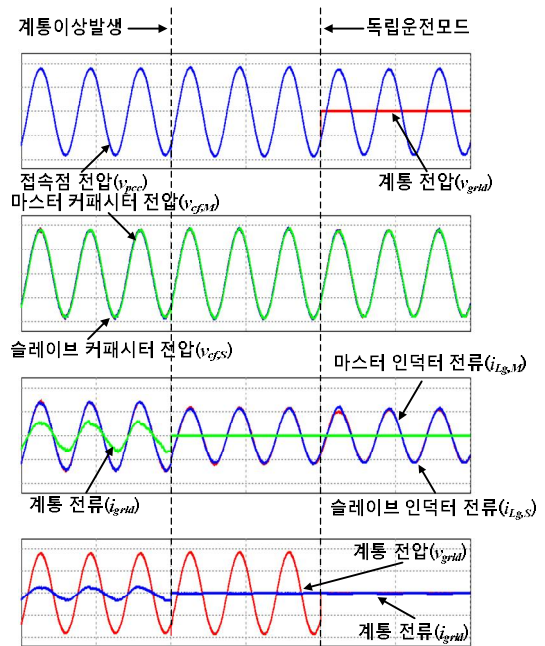


그림 5 시뮬레이션 파형

- $P = 3 \text{ kW}$
- $V_{LL} = 220 \text{ V}$
- $f_s = 10 \text{ kHz}$
- $L_i = 2.6 \text{ mH}$
- $C_f = 9.8 \mu\text{F}$
- $L_g = 4.3 \text{ mH}$

그림 5는 계통연계 모드에서 계통이상 발생 시 독립운전으로 전환 되는 과정의 시뮬레이션 파형이다. 마스터 인버터가 계통연계 시 에도 전압제어를 수행하기 때문에 마스터인버터와 슬레이브 인버터의 커패시터 전압과 접속점 전압 그리고 계통전압의 위상과 크기가 일치하는 것을 볼 수 있다. 그리고 계통에 이상이 생겨 인버터가 계통이 끊어진지 모르는 단독운전 상태가 발생해도 전압제어를 수행하기 때문에 과도상태가 발생하지 않으므로 중요부하의 전압도 일정하게 유지가 되는 것을 확인할 수 있다. 독립운전 모드전환 시에도 마찬가지로 제어기가 변동 하지 않기 때문에 과도상태 없이 모드전환 하는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 ESS용 PCS로서 모듈화 된 병렬 인버터가 모드전환 시 과도상태가 없는 무순단 절체 기능을 갖는 마스터 슬레이브 제어알고리즘을 제안하였다. 제안하는 병렬운전 방법으로 시뮬레이션을 진행하였으며, 모드전환 시 과도상태가 없고 독립운전 시 정확한 부하분담이 되는 것을 확인하였다. 최종논문 발표 시 실험결과를 제시하겠다.

참고 문헌

- [1] J. M. Guerrero, L. G. de Vicuña, J. Matas, M. Castilla, and J. Miret, "Output impedance design for parallel connected UPS inverters with wireless load sharing control," IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 52, No. 4, pp. 1126-1135, Aug. 2005.
- [2] S. Yoon, H. Oh, S. Choi, "Controller Design and Implementation of Indirect Current Control Based Utility Interactive Inverter System", IEEE Trans. Power Electron., Vol. 28, No. 1, pp. 26-30, Jan. 2013