

# 중요부하를 갖는 하이브리드 ESS의 무효전력 변동에 의한 단독운전방지 기법

박성열, 권민호, 최세완<sup>†</sup>  
서울과학기술대학교

## Anti-islanding Method by Reactive Power Variation of Hybrid ESS with Critical Load

Sung Youl Park, Min Ho Kwon, Se Wan Choi<sup>†</sup>  
Seoul National University of Science and Technology

### ABSTRACT

중요부하를 갖는 하이브리드 ESS에서는 계통이상시에도 중요부하에 끊임없이 안정적인 전원을 공급해야한다. 기존 직접전류 제어 방식은 독립운전시 전압제어를, 계통연계시 전류제어를 하기 때문에 모드전환시 과도상태가 발생하고, 단독운전 검출전에도 부하의 전압과 주파수가 변동하여 중요부하에 심각한 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 모드 전환시 과도상태를 최소화하면서 단독운전 검출전에도 부하 전압과 주파수를 일정하게 유지하는 간접전류제어 기반의 인버터에서 무효전력변동 기법을 이용한 새로운 단독운전방지 기법을 제안한다.

### 1. 서 론

최근 태양광, 풍력 등 신재생에너지에서 불규칙하게 발전되는 에너지를 전력수요에 따라 효율적으로 사용하기 위하여 하이브리드 ESS의 필요성이 증가하고 있다. 이 시스템은 자체적으로 생산하는 일정 수준의 전력량을 ESS의 배터리에 저장하고 계통에 공급하며, 계통에서 충·방전을 통한 부하평준화 및 첨두부하분산도 가능하여 전력 사용의 효율성을 극대화할 수 있다.

중요부하를 가지는 ESS는 정전이 발생할 경우에 인적 피해, 데이터 손상, 경제적 손실 등 많은 문제들이 발생할 수 있다. 그리고 민감한 부하를 사용하는 사람들은 고품질의 전력과 안정적인 전력 공급을 요구하고 있기 때문에 무정전 전원장치(UPS)의 필요성이 더욱 높아지고 있다[1]. 최근 이러한 요구를 만족시키기 위하여 ESS에 정전을 대비한 UPS기능이 추가되는 경향이 있다.

ESS에서 인버터는 계통이상시 독립운전으로 전환하여 중요

부하에 끊임없이 안정적인 전력을 공급해야 한다. 기존 계통연계 인버터 제어방식은 계통연계모드 시 전류제어를, 독립운전 모드 시 전압제어를 각각 수행하므로 모드전환 시 제어기의 변동에 따른 과도 상태가 큰 문제가 있다. 최근 연구중에 이러한 과도상태를 최소화하는 간접전류제어기법을 적용한 바 있다.[1] 그러나 이 방식은 항상 전압제어를 하기 때문에 부하전압이 변동하지 않으므로 기존 단독운전방법과는 다른 단독운전방지 기법이 필요하다.

간접전류제어 기반의 단독운전방지 기법으로는 고조파 주입 기법이 연구된바 있다.[2] 이 기법은 NDZ를 갖지 않는 장점이 있으나 전류 THD를 증가시키는 단점이 있다. 본 논문에서는 인버터 출력 전류 THD에 영향을 미치지 않으면서, 간접전류제어기법에 적합한 무효전력 변동기법을 이용한 단독운전기법을 제안한다.

### 2. 제안한 단독운전 방지 기법

기존의 단독운전방지 기법의 경우, 단독운전 시 부하전압의 크기와 주파수 변화를 감지하여 단독운전을 검출한다. 하지만 간접전류제어 기법을 적용할 경우, 그림 3과 같이 계통연계 시에도 전압제어를 하고, PLL제어기 출력을 제한시켜 주어서 단독운전이 발생하더라도 부하전압의 크기와 주파수가 변동하지 않는다. 기존방법으로는 NDZ를 벗어나지 못하기 때문에 간접전류제어 기반의 새로운 단독운전방지 기법이 필요하다.

무효전력변동기법은 인버터에서 무효전력을 주기적으로 변동시켜주면서 출력해주는 기법이다.[3] 무효전력을 변동시켜주는 이유는 부하조건에 상관없이 단독운전 발생 시 주파수 변화를 발생시키도록 하기 위한 것이다. 하지만 간접전류제어 기반에서는 주파수 변화가 제한되기 때문에 이 기법을 적용하기에는

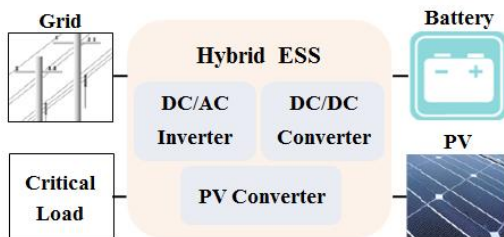


그림 1 하이브리드 ESS 구성도

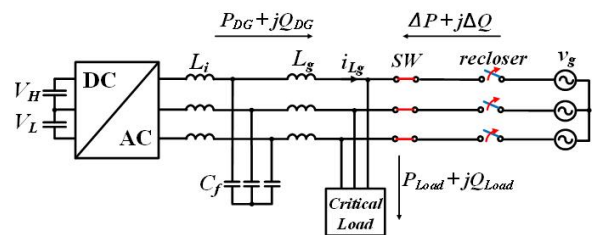


그림 2 중요 부하를 갖는 DC/AC 인버터 회로도

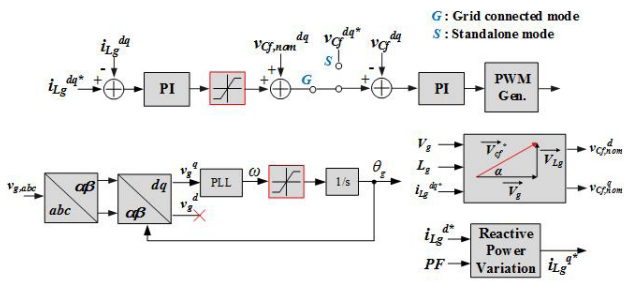


그림 3 제안하는 단독운전 방지 기법이 포함된 제어블록도

부적절하다. 제안하는 단독운전 방지 기법은 무효전력변동기법을 적용하지만 단독운전 검출 기준을 주파수로 하는 것이 아닌 무효전력으로 한다. 단독운전 발생 시, 인버터에서 출력되는 무효전력은 부하에 의해서 결정되기 때문에 제어가 되지 않는다. 본 논문에서는 그림 4와 같이 지령치 무효전력 제한 기준을 만들어서 실제 출력되어지는 무효전력( $Q_{DG}$ )이 제한 기준을 벗어난 것을 카운트하여 단독운전을 검출한다.

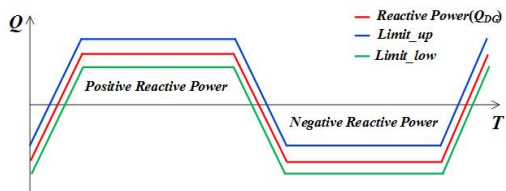


그림 4 무효 전력 제한 기준

### 3. 시뮬레이션 및 실험 결과

제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 다음과 같은 시스템 사양을 갖는 시스템을 설계하여 Psim을 통해서 검증하였다.

표 1 시스템 사양

P	4kW	$V_{LL}$	220V	$f_{sw}$	10kHz
$L_i$	350mH	$C_f$	6.8uF	$L_f$	350mH

그림 5는 인버터에서 RLC 병렬 부하 q factor 2.5 조건에서 인버터에서 부하에 전력을 모두 공급할 경우 단독운전상황을 시뮬레이션 한 것이다. 단독운전이 발생하면 인버터에서 출력되는 무효전력이 지령치 무효전력 제한 기준을 벗어나게 되어 단독운전이 검출된다. 또한 간접전류제어를 하여 단독운전 중에

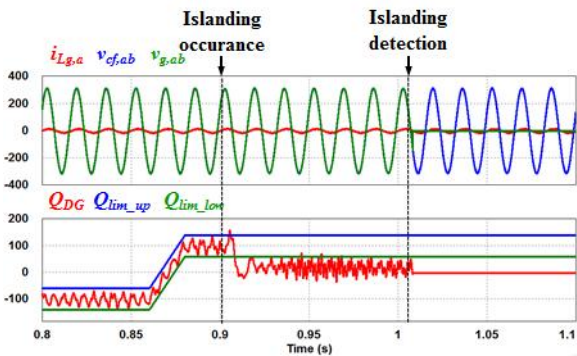


그림 5 시뮬레이션 파형

도 전압과 주파수가 변하지 않고 부하에 안정적인 전원을 공급하며, 독립운전으로 모드전환시에 과도 상태 없이 전환된다.

그림 6은 기존 무효전력변동기법만을 적용한 단독운전 실험 파형이다. 간접전류제어 기반이라서 단독운전이 발생하더라도 전압과 주파수 변화가 없기 때문에 단독운전이 검출되지 않는다. 그림 7은 제안한 단독운전방지기법을 적용하여 단독운전을 검출하고 독립운전으로 모드전환하는 파형이다. 간접전류제어이기 때문에 과도상태없이 모드전환 되는 것을 확인 할 수 있다.

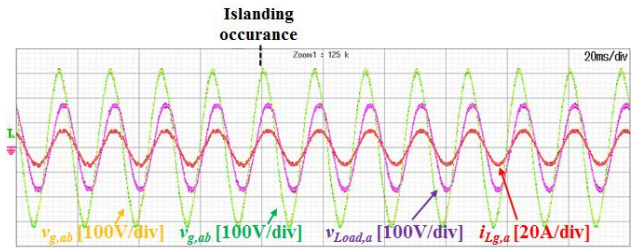


그림 6 기존 무효전력변동기법만을 적용한 단독운전 실험 파형

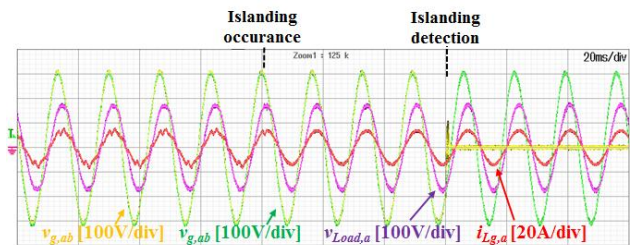


그림 7 제안한 단독운전방지기법을 적용한 단독운전 실험 파형

### 4. 결론

본 논문에서는 중요부하를 갖는 하이브리드 ESS에서 계통 이상이 발생하더라도 중요부하에 항상 안정적인 전원을 공급하는 간접전류제어 기반의 무효전력변동기법을 이용한 단독운전 방지기법을 제안하였다. 시뮬레이션과 실험을 통하여 단독운전 발생 시 부하의 전압과 주파수가 변동하지 않고, 계통연계에서 독립운전으로 모드 전환 시 과도상태없이 전환되는 것을 확인 하였으며, 제안한 단독운전방지기법이 NDZ를 갖지않고 단독운전을 검출하는 것을 검증하였다.

### 참고 문헌

- [1] 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. pp. 26-30 Jan 2013
- [2] 오형민, 최세완, 김태희, 이기풍, 이태원, "중요부하를 갖는 계통연계형 인버터의 고조파주입에 의한 단독운전방지 기법", 전력전자학회 논문지, 제17권, 제4호, pp. 315-321
- [3] Jin Beom Jeong, Hee jun Kim, Kang Soon Ahn, Chan Ho Kang. "A Novel Method for Anti Islanding using Reactive Power" Telecommunications Conference, 2005. INTEL EC'05. Twenty Seventh International pp.101-106