

중요부하를 갖는 ESS의 무효전력 P&O 단독운전 검출 기법

박성열, 권민호, 강수한, 최세완[†]
 서울과학기술대학교

Reactive Power P&O Anti-islanding Method of ESS with Critical Load

Sung-Youl Park, Min-Ho Kwon, Su-Han Kang, Se-Wan Choi[†]
 Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

중요부하를 갖는 ESS용 인버터는 정전 발생 시에도 부하에 안정적인 전원을 공급해야 한다. 이를 위하여 모드전환 시 과도상태를 최소화하면서 clearing time에도 부하에 안정적인 전압을 공급할 수 있는 간접전류제어 기법이 연구된 바 있다. 그러나 계통연계 시에도 전압을 제어해주기 때문에 단독운전 시 NDZ를 벗어나지 않아, 기존 알고리즘으로는 단독운전을 검출하기 어렵다는 문제가 있다. 본 논문에서는 모드 전환 시 과도상태를 최소화하면서 단독운전 검출 전에도 부하 전압을 안정하게 제어할 수 있는 간접전류제어 기반 인버터에서 NDZ이 없는 무효전력 P&O 단독운전 검출 기법을 제안한다.

1. 서 론

최근 태양광, 풍력 등 신재생 에너지와 에너지저장 시스템(ESS)으로 구성된 마이크로그리드에서 ESS의 중요성이 부각되고 있다.^[1] 그림 1은 부하 전력을 자체적으로 공급할 수 있는 마이크로그리드의 개념도이다. 이때 중요부하를 가지는 ESS용 인버터는 계통이상으로 재폐로 차단기(Recloser)가 차단되면 부하전압은 출력 전력과 부하 상태에 따라 변동될 수 있어서 중요부하에 심각한 영향을 줄 수 있다. 또한 계통으로부터의 전력공급이 차단되었음에도 불구하고 인버터에 의해 부하에 지속적인 전력이 공급되는 단독운전이 발생하게 되면, 출력 전력과 부하 조건에 따라서 부하 전압이 변동하게 되고 계통이 재투입되었을 때 계통과 인버터 출력 전압과의 위상 오차로 인해

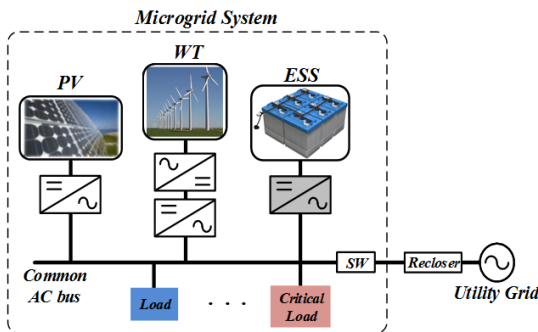


그림 1 마이크로그리드 시스템

중요부하에 큰 손상을 일으킬 수 있다. 따라서 시스템에 안정적인 전원을 공급하기 위해 신속히 단독운전을 인지하여 계통으로부터 분리시키는 것이 중요하다.

단독운전 발생을 인지하지 못한 clearing time동안에도 부하에 안정적인 전압을 공급하고, 과도상태 없이 모드전환을 가능하게 하는 간접전류제어기법이 연구된 바 있다.^[2] 그러나 계통연계 시에도 전압제어를 해주기 때문에 단독운전 발생 시 출력 전압이 변동하지 않아 NDZ를 벗어나지 않는다. 그래서 기존 기법으로는 단독운전을 검출하기 어렵다는 문제점이 있다.

본 논문에서는 중요부하에 안정적인 전원을 공급할 수 있는 간접전류제어 기반 인버터에서 기존 전압의 크기, 주파수 변동을 감지하는 단독운전 검출 방법이 아닌 새로운 무효전력 P&O 단독운전 검출 기법을 제안한다.

2. 제안하는 단독운전 검출 기법

본 연구에서는 단독운전 테스트를 위하여 IEEE 1547에서 요구하는 조건에 따라 그림 2와 같은 RLC 병렬 부하(q-factor = 2.5)를 가지는 회로를 구성하였다.

제안하는 무효전력 P&O 단독운전 검출 기법은 인버터에서 출력되는 무효전력(Q_{Inv})을 측정하여, 무효전력(Q_{Inv})이 지령치 기준을 벗어났을 경우를 단독운전 이라고 판단하는 알고리즘이다. 이때 무효전력은 부하조건을 고려하여 Positive, Negative, 0의 값으로 주기적으로 변동시켜준다. 그림 3은 계통 연계 중, 계통에서 들어오고 나오는 유효무효전력이 없을 경우, 단독운전이 발생하였을 때, 인버터에서 측정된 무효전력과 주파수를 나타낸 그래프이다. 기존 직접전류제어라면 단독운전발생 시 무

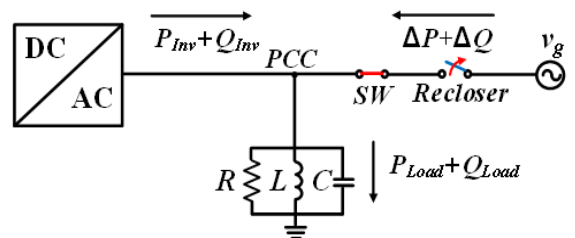


그림 2 RLC 병렬 부하를 가지는 단독운전 테스트 회로도

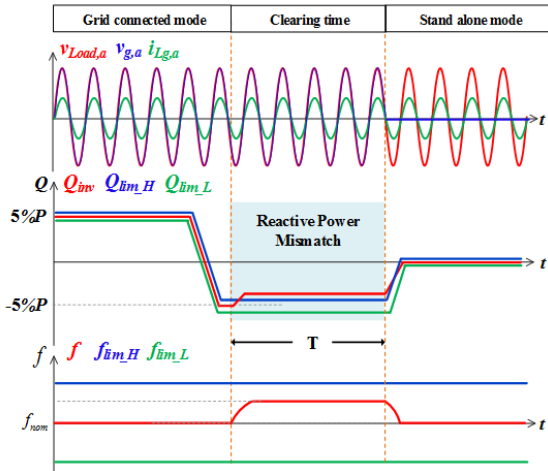


그림 3 제안하는 무효전력 P&O 단독운전 검출 기법

효전력에 비례하여 주파수가 제한기준을 벗어나 단독운전 검출을 할 수 있지만, clearing time 동안 중요부하에 불안정한 전압을 공급하게 되는 문제점이 있다. 그러나 제안한 간접전류제어 기반 단독운전 검출 기법은 그림3과 같이 clearing time에도 부하전압 변동이 작아서 부하에 안정적인 전원공급이 가능하다. 단독운전이 일어났을 경우에는 식 (1)과 같이 인버터 출력 무효전력(Q_{inv})과 부하의 무효전력(Q_{Load})이 같으며, 부하의 무효전력은 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다. 단독운전이

$$Q_{inv} = Q_{Load} \quad (1)$$

$$Q_{Load} = P_{Load} Q_f \left(\frac{f_{res}}{f} - \frac{f}{f_{res}} \right) \quad (2)$$

발생하였을 경우 무효전력(Q_{inv}) 지령치를 변동시켜 주고 있기 때문에 주파수(f)만 변하게 된다. 그러나 간접전류제어는 주파수 변동을 제한시키기 때문에 단독운전 시 지령으로 내려준 무효전력을 인버터에서 출력해줄 수 없게 된다. 이때 인버터는 무효전력 지령치 기준을 벗어난 구간을 카운트하여 단독운전을 검출하게 된다.

3. 실험 결과

제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 표1과 같은 사양을 갖는 시스템을 설계하였으며, RLC 병렬 부하 q-factor 2.5 조건에서 실험을 하였다.

그림 4와 5는 인버터가 부하전력을 모두 공급하는 경우($\Delta P=0W$)와 부하와 계통에 전력을 공급하는 경우($\Delta P=-500W$)에 단독운전을 실험한 것이다. clearing time 동안 안정적인 전압 공급과 seamless한 모드전환이 되며, 제한시간 내 단독운전 검출하는 것을 확인할 수 있다.

표 1 시스템 사양

P	500W	V_{LL}	110V	f_{sw}	10kHz
L_i	3mH	C_f	3uF	L_i	1.68mH

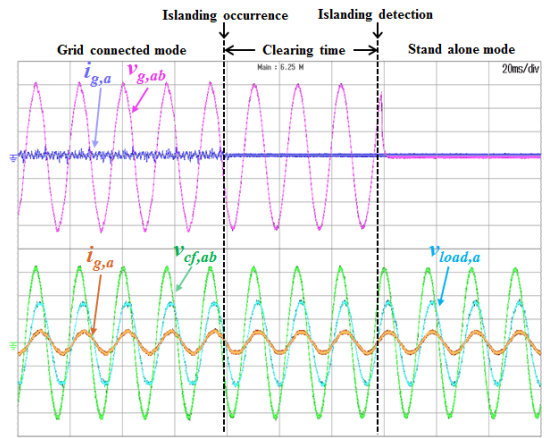


그림 4 무효전력 P&O 단독운전 검출 실험 파형 ($\Delta P=0$)

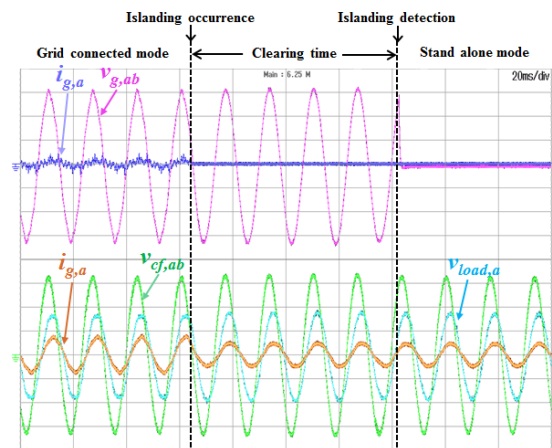


그림 5 무효전력 P&O 단독운전 검출 실험 파형 ($\Delta P=-500W$)

4. 결론

본 논문에서는 계통과의 연결이 차단되었을 경우, 안정적인 전원을 공급할 수 있는 간접전류제어 기반 인버터에 적합한 NDZ를 갖지 않는 무효전력 P&O 단독운전 검출 기법을 제안하였다. 실험을 통하여 제안한 알고리즘이 단독운전 발생 시에도 부하전압을 안정하게 공급하며, 단독운전을 검출하는 것을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] H. Zhou, T. Bhattacharya, D. Tran, T. S. T. Siew and A. M. Khambadkone, "Composite energy storage system involving battery and ultracapacitor with dynamic energy management in microgrid applications," IEEE Trans, vol 26, no. 3, pp. 923 - 930, Mar. 2011.
- [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. pp. 26-30 Jan 2013
- [3] J. Jeong, H. Kim, K. Ahn, C. Kang. "A Novel Method for Anti-Islanding using Reactive Power" INTELEC'05. pp.101-106