

에너지 저장 시스템을 위한 간접전류제어 기반 양방향 인버터의 단독운전방지 기법

정아진, 정상혁, 김주하, 최세완
서울과학기술대학교

Anti-islanding Method of Indirect Current Control based Bidirectional Inverter for ESS

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

ABSTRACT

중요부하를 갖는 에너지 저장 시스템에서는 계통이상 시에도 양방향 인버터가 독립운전으로 전환하여 지속적인 전력을 공급하여야 한다. 이때 기존의 제어 방식은 모드전환 시에 과도상태가 발생하여 부하의 전압과 주파수가 변동하기 때문에 이 중요부하에 심각한 영향을 줄 수 있다. 이러한 문제를 개선하기 위하여 모드전환 시 과도상태가 없는 간접전류제어 기법이 제안되었다. 그러나 이 방식은 항상 전압제어를 하기 때문에 기존 단독운전 검출방법으로는 검출이 불가능한 문제가 있다. 본 논문에서는 중요부하를 갖는 에너지 저장 시스템에서 계통이상 발생하여 독립운전으로 전환 시 단독운전 검출이 가능한 간접전류제어 기반의 양방향 단독운전 방지 기법을 제안한다.

1. 서론

최근 전 세계적인 에너지 및 자원 위기로 신재생에너지의 보급에 대한 노력이 활발히 이루어지고 있다. 이에 따라 신재생에너지원을 계통에 접속하기 위한 계통연계 기술이 요구되고 있으며^[1] 분산전원을 통합하여 효율적인 운전이 가능한 마이크로그리드 등의 계통 운용기술도 요구되고 있다.^[2] 신재생에너지의 안정적인 공급, 에너지 효율 극대화 및 계통 안정화를 위해 계통의 잉여전력을 배터리에 저장하거나 부족전력을 공급해주는 에너지 저장시스템(ESS : Energy Storage System)에 대한 필요성이 증대되고 있다. 중요부하를 갖는 ESS에서 양방향 인버터는 계통이상시 독립운전으로 전환하여 중요부하에 안정적인 전력을 공급해야 한다. 기존의 계통연계 인버터 제어방식은 계통연계모드 시 전류제어를 독립운전모드 시 전압제어를 각각 수행하므로 모드전환 시 제어기의 변동에 따른 과도상태가 큰 문제가 있다. 이러한 과도상태를 최소화하는 간접전류제어기법을 ESS에서의 양방향 인버터에 적용한 바 있다.^[3] 그러나 이 방식은 항상 전압제어를 하기 때문에 기존 단독운전 검출방법으로는 검출이 불가능한 문제가 있다.

본 논문에서는 중요부하를 갖는 ESS에서 계통이상 발생하여 독립운전으로 전환 시 단독운전 검출이 가능한 간접전류제어 기반의 양방향인버터를 위한 단독운전 방지 기법을 제안한다.

2. 본 문

그림 1은 중요부하를 갖는 3상 계통연계형 양방향 인버터 회로도이다. 그림 2(a)는 방전모드 시의 벡터도로 인버터 출력 전압 V_{CF} 의 크기와 위상으로 I_{Lg} 를 간접적으로 제어하며 V_g

와 I_{Lg} 를 동상으로 제어하기 위하여 V_{CF} 의 위상을 V_g 보다 앞서게 한다. 그림 2(b)는 충전모드 시의 벡터도로 V_g 와 I_{Lg} 를 역상으로 제어하기 위하여 V_{CF} 의 위상을 V_g 보다 뒤지게 한다.

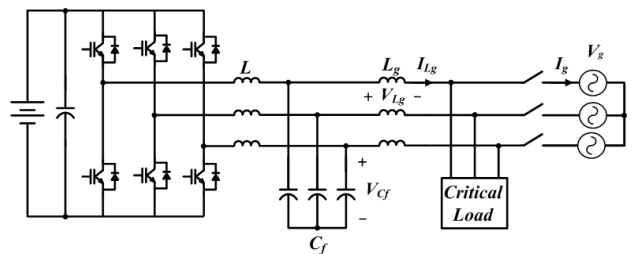


그림 1 중요부하를 갖는 3상 계통연계형 양방향 인버터 회로도

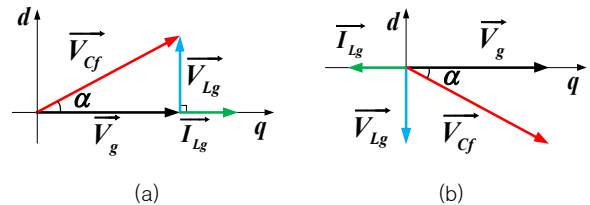


그림 2 간접전류제어기법 벡터도 (a) 방전모드 (b) 충전모드

그림 3는 제안하는 단독운전방지 기법이 포함된 제어 블록도이다. 제안하는 방법은 양방향을 고려하여 전압 제어기의 출력에 단독운전 검출을 위한 고조파 성분을 주입한다. 계통연계 시에는 계통 전압이 지배적이므로 전압에 고조파 성분이 보이지 않지만 단독운전이 발생하여 계통과 차단된 경우에는 인버터의 출력 전압에 고조파 성분이 보이게 된다. 이 때의 고조파 성분을 검출하여 단독운전을 방지한다. 매 샘플링마다 센싱 받은 계통전압을 계통 주파수 7배의 위상각에 동기화시켜 7차 고조파 성분을 계산한다. 계산한 7차 고조파 성분의 크기 값인 $V_{g(7th)}$ 와 $V_{cf(7th)}$ 을 비교하여서 단독운전 검출을 한다.

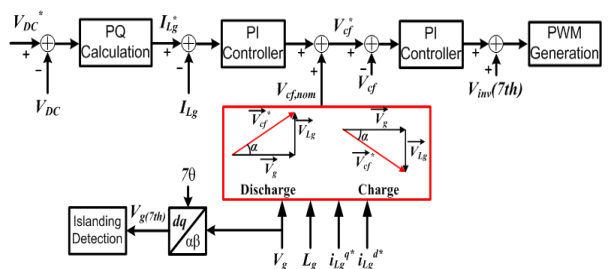


그림 3 제안하는 단독운전방지 기법이 포함된 제어 블록도

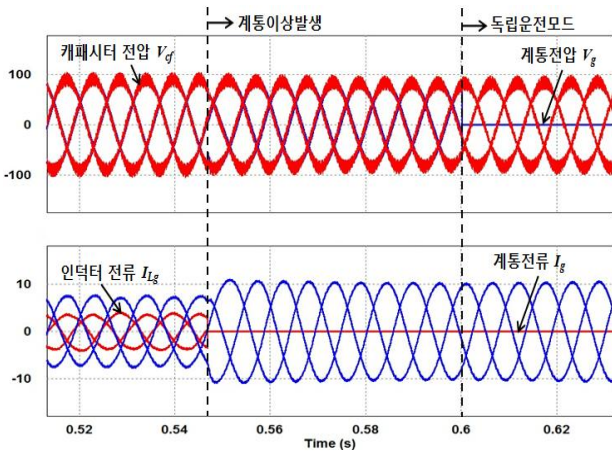


그림 4 시뮬레이션 파형(방전)

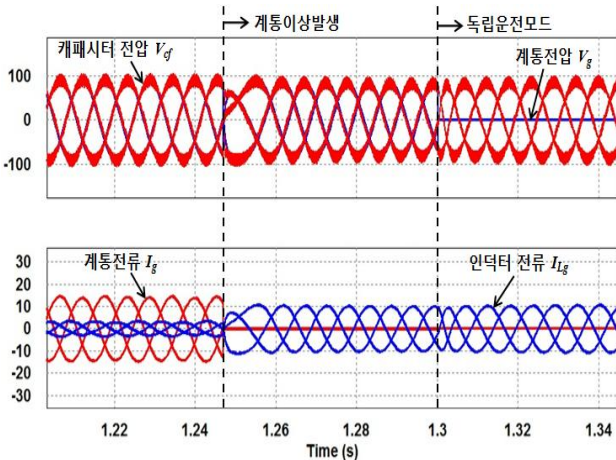


그림 5 시뮬레이션 파형(충전)

3. 시뮬레이션 결과

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

$$\begin{aligned} \cdot P &= 1 \text{ kW} & \cdot V_{LL} &= 110 \text{ V} & \cdot f_s &= 10 \text{ kHz} \\ \cdot L_i &= 1.78 \text{ mH} & \cdot C_f &= 3 \text{ }\mu\text{F} & \cdot L_g &= 3 \text{ mH} \end{aligned}$$

그림 4는 방전모드 시 시뮬레이션 파형으로 계통전압과 출력전류가 위상이 거의 일치함을 볼 수 있고 계통에 이상이 발생하여 단독운전을 하다가 단독운전 검출 후 독립운전으로 과도상태 없이 모드 전환된다. 그림 5는 충전모드 시 파형으로 계통전압과 출력전류 위상이 역상으로 충전되고 있는 상태로 직류 축 전압제어가 이루어지고 있다. 계통에 이상이 발생하여 단독운전을 하다가 독립운전으로 과도상태 없이 모드 전환된다. 시뮬레이션 파형에서 확인할 수 있듯이 계통이상 발생 후 독립운전으로 전환 시에 과도상태가 적게 나타났고 또한 단독운전 검출이 충전 방전 시에도 잘 동작하는 것을 확인할 수 있다.

4. 실험 결과

그림 6은 방전모드 시 실험 파형으로 그림에서 볼 수 있듯이 계통전압과 출력전류의 위상이 일치 하는 것을 볼 수 있고 계통이상 발생 시 과도상태 없이 독립운전으로 모드 전환되는

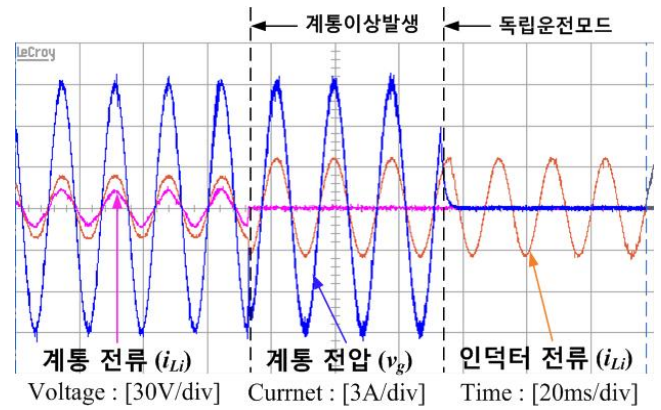


그림 6 실험파형(방전)

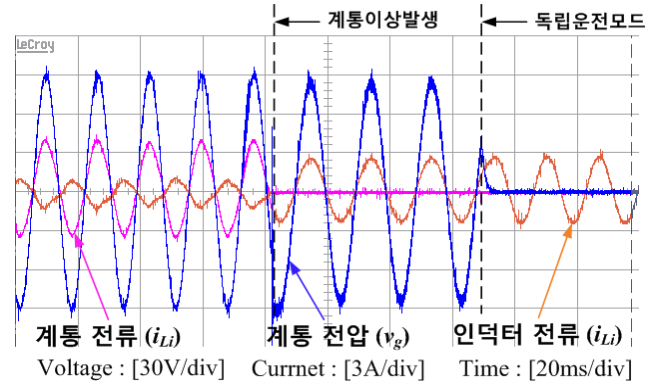


그림 7 실험파형(충전)

것을 볼 수 있다. 그림 7은 충전모드 시 실험 파형으로 계통전압과 출력전류의 위상이 역상으로 제어가 되는 것을 볼 수 있고 계통이상 발생 시 과도상태 없이 독립운전으로 모드 전환되는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션 결과와 비슷하게 실험 결과가 나온 것을 확인 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 중요부하를 갖는 ESS에서 계통이상이 발생하여 독립운전으로 전환 시 간접전류제어 기반의 양방향인버터를 위한 단독운전 방지 기법을 제안하였다. 시뮬레이션 결과와 실험결과에서 확인할 수 있듯이 계통이상이 발생 시 단독운전을 검출하여 과도상태 없이 독립운전모드로 전환이 되는 것을 확인 하였다.

참고 문헌

- [1] 황인호, “분산전원시스템의 계통연계를 위한 새로운 단독운전 방지기법” 전력전자학회 논문지 제9권 제6호, 2004.12, 568 576
- [2] 김주용, “스마트 그리드에서 배전분야 기술개발 동향” 정보통신산업진흥원, 주간기술동향, 통권 1427호
- [3] 오형민, 정상혁, 정아진, 최세완, “백업전원 기능을 갖는 BESS를 위한 양방향 인버터의 제어 기법”, 전력전자학회, 전력전자학술대회논문집, 2012.7, 205 206
- [4] 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.