

백업전원 기능을 갖는 BESS를 위한 양방향 인버터의 제어 기법

오형민, 정상혁, 정아진, 최세완
서울과학기술대학교

Control Method of Bidirectional Inverter for BESS with Backup Power Function

Hyeongmin Oh, Sanghyuk Jung, Ahjin Jung, Sewan Choi
Seoul National University of Science and Technology

ABSTRACT

백업전원 기능을 갖는 BESS 시스템은 계통이상 시 계통연계모드에서 독립운전모드로 전환해야 하며 이때 중요부하에 과도상태 없는 안정적인 전압을 공급해야 한다. 기존의 전류제어 방법은 모드전환 시 과도상태가 발생하여 중요부하에 심각한 영향을 미칠 수 있다. 본 논문에서는 백업전원 기능을 갖는 BESS를 위한 양방향인버터에서 간접전류제어기법을 기반으로 양방향제어 및 끊김없는 모드전환 기법을 제안한다.

1. 서 론

에너지 효율 극대화 및 계통 안정화를 위해 계통의 잉여전력을 배터리에 저장하거나 부족전력을 공급해주는 배터리 에너지 저장시스템(BESS : Battery Energy Storage System)에 대한 필요성이 증대되고 있다. BESS는 기본적으로 부하평준화(Load leveling), 첨두부하삭감(Peak shaving), 백업전원 기능 등이 포함되는데, 최근 우리나라의 9.15 정전 사태와 일본의 후쿠시마 원전사태 이후 제한송전을 대비한 중요부하의 백업전원 확보가 요구됨에 따라 BESS의 백업전원으로써의 역할이 점점 커지고 있다.

백업전원으로써의 기능을 수행하기 위해 인버터는 계통이상 발생 시 계통연계모드에서 독립운전모드로 전환해야 하며 이때 중요부하에 과도상태 없는 안정적인 전압을 공급해야 한다. 기존의 인버터 제어방식은 계통연계모드 시 전류제어를 독립운전모드 시 전압제어를 각각 수행하므로 모드전환 시 제어기의 변동에 따른 과도상태가 심하게 발생하여 중요부하에 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 과도상태 문제를 해결하기 위해 독립운전모드 시 뿐 아니라 계통연계모드 시에도 전압제어를 유지함으로써 모드전환 시 중요부하에 과도상태가 발생하지 않는 간접전류제어기법이 제안된 바 있다.^[1]

본 논문에서는 백업전원 기능을 갖는 BESS를 위한 양방향 인버터에서 간접전류제어를 기반으로 양방향제어 및 끊김없는 모드전환 기법을 제안한다.

2. 본 문

그림 1은 BESS 시스템 구성도이며, 그림 2는 간접전류제어 기법의 원리를 나타내는 벡터도이다. 그림 2(a)는 방전모드 시

의 벡터도로 인버터 출력전압 V_{cf} 의 크기와 위상으로 L_g 전류를 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 2의 벡터도에 의해 제어해야 할 인버터 출력전압 레퍼런스는 다음과 같다.

$$V_{cf,nom}^d = V_{Lg} = I_{Lg}^q \times \omega L_g \quad (1)$$

$$V_{cf,nom}^q = |V_g| \quad (2)$$

그림 3은 제안하는 제어 알고리즘 블록도이다. 위에서 계산된 인버터 출력전압 d, q축 레퍼런스와 계통에 주입하고자 하는 유·무효전력 P^* , Q^* 으로부터 얻어진 출력 전류의 보상분을 합하여 최종 전압 레퍼런스를 얻는다. 이 때 유효전력 P^* 는 직류측 전압제어 출력에 의해 생성되고 출력 전류의 레퍼런스는 다음과 같이 계산된다.

$$I_{Lg}^{q*} = \frac{(2/3)(P^* V_g^q + Q^* V_g^d)}{(V_g^d)^2 + (V_g^q)^2} \quad (3)$$

$$I_{Lg}^{d*} = \frac{(2/3)(P^* V_g^d - Q^* V_g^q)}{(V_g^d)^2 + (V_g^q)^2} \quad (4)$$

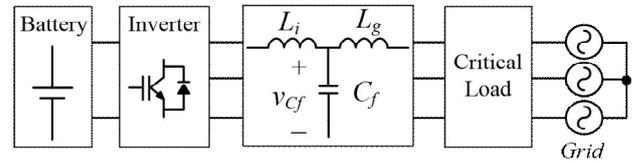


그림 1 BESS 시스템 구성도

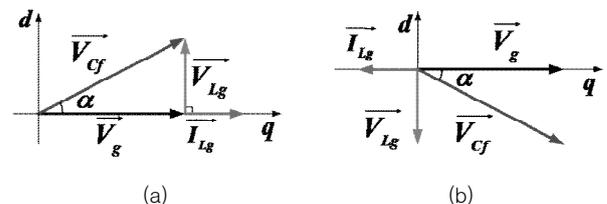


그림 2 간접전류제어기법 벡터도 (a) 방전모드 (b) 충전모드

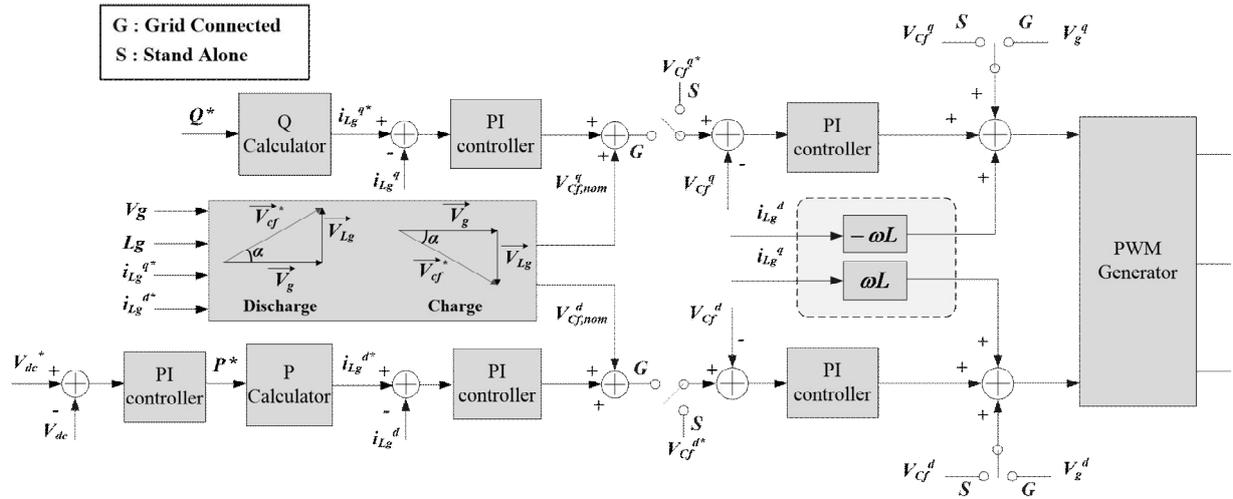


그림 3 제안하는 제어 알고리즘 블록도

3. 시뮬레이션 결과

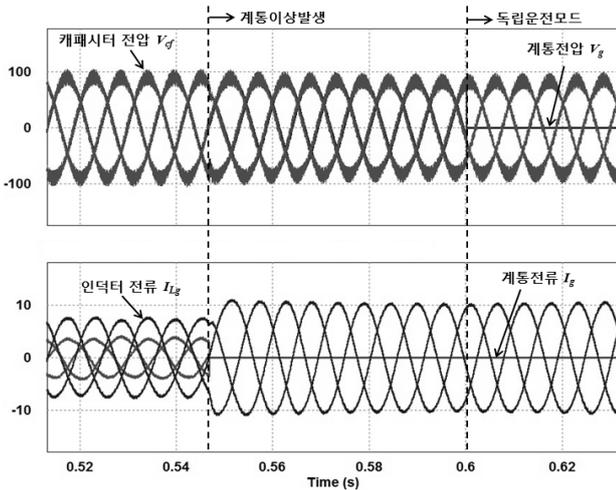


그림 4 계통이상 발생 시(방전모드)

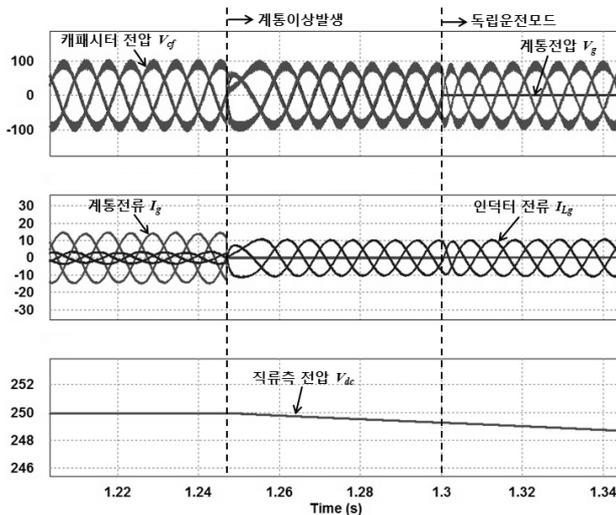


그림 5 계통이상 발생 시(충전모드)

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

- $P = 1 \text{ kW}$ • $V_{LL} = 110 \text{ V}$ • $f_s = 10 \text{ kHz}$
- $L_i = 1.78 \text{ mH}$ • $C_f = 3 \text{ }\mu\text{F}$ • $L_g = 3 \text{ mH}$

그림 4는 방전모드 시 시뮬레이션 파형으로 계통전압과 출력전류가 위상이 거의 일치함을 볼 수 있고 계통에 이상이 발생하여 단독운전을 하다가 단독운전 검출 후 독립운전으로 과도상태없이 모드 전환된다. 그림 5는 충전모드 시 파형으로 계통전압과 출력전류 위상이 역상으로 충전되고 있는 상태로 직류측 전압제어가 이루어지고 있다. 계통에 이상이 발생하여 단독운전을 하다가 독립운전으로 약간의 과도상태가 발생하며 모드 전환된다. 또한 중요부하에 지속적인 전력을 공급하기 위하여 배터리에 충전된 전력을 소모하므로 직류측 전압이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 백업전원 기능을 갖는 BESS를 위한 양방향 인버터에서 간접전류제어기법을 기반으로 양방향제어 및 끊김 없는 모드전환 기법을 제안하였다. 제안한 제어기법으로 양방향 동작과 계통이상 시 중요부하에 과도상태없이 모드 전환됨을 시뮬레이션으로 확인하였다. 최종논문 발표 시 실험을 통해 논문의 제어기법을 검증하겠다.

참고 문헌

- [1] J. Kwon, S. Yoon, S. Choi, "Indirect Current Control for Seamless Transfer of Three-Phase Utility Interactive Inverters", *IEEE Trans. Power Electronics*, Vol. 27, No. 2, pp. 773-781, Feb 2012.
- [2] 최세완, 윤선재, "3상 간접전류제어 방식의 계통연계형 인버터의 제어방법", 출원번호 10-2010-0139044, 서울과학기술대학교 산학협력단, 2010. 12.