

하이브리드 ESS의 독립 운전 제어

송민수, 이윤서, 김민기, 이예준, 조영훈
 건국대학교 전력전자연구실

Independent operation control of Hybrid Energy Storage System

Minsoo Song, Yun-Seo Lee, Minki Kim, Yejun Lee, Younghoon Cho
 Power Electronics Lab. Konkuk Univ.

ABSTRACT

최근 배터리를 사용하는 비상 전력공급시스템에서 무정전전원장치(UPS)의 중요성이 강조되고 있다. UPS는 정전 시 부하에 전력을 안정적으로 공급하는 알고리즘이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 UPS의 알고리즘 동작을 검증하기 위하여 하이브리드 ESS의 계통 차단 검출 및 독립 운전 제어를 진행하였다. 이를 위해 단상 폴브릿지 인버터와 양방향 DC/DC 컨버터를 사용하여 제어하였다. 계통연계운전과 독립운전 전환 알고리즘의 동작 확인을 위해 시뮬레이션으로 UPS 독립 운전 제어를 검증하였다.

1. 서론

무정전전원장치(UPS: Uninterruptible Power Supply)는 계통의 정전 발생시 무순단절체를 수행하는 기기이다. 최근에는 UPS의 본래 목적 이외에 공급자 및 수용자 양측에 영향을 주는 전력 품질 관리기능을 포함한 UPS에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

본 논문에서는 단상 UPS의 운전 방식을 계통연계운전 모드와 독립운전모드로 구분하였고, 각 방식에 따른 제어기를 구현 및 알고리즘을 설계하였으며, 모의실험을 통해 이를 검증하였다.

2. 단상 UPS 시스템

2.1절 단상 UPS의 동작모드

단상 UPS 시스템은 그림 1과 같이 단상 폴브릿지 인버터와 양방향 DC/DC 컨버터로 구성된다.

계통연계운전모드는 그림 2(a)와 같이 계통을 통해 부하와 배터리에 전력을 공급하는 모드로 계통의 정상 동작시 이를 이용하여 배터리를 충전하는 모드이다. 이 모드에서는 안정적으로 직류단 전압과 배터리 전압을 충전하기 위한 전류, 전압제어기가 필요하다.

독립운전모드는 그림 2(b)와 같이 사고에 의한 계통 차단시 UPS에 의해 전력을 공급받는 모드이다. 이 모드를 구현하기 위해 계통의 고장을 검출하고, 계통과 동일한 주파수와 위상을 갖는 전압이 부하에 인가될 수 있도록 제어가 필요하다.

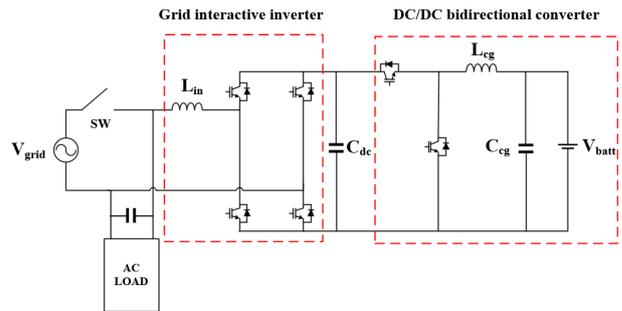


그림 1 UPS 단상회로
 Fig. 1 UPS single-phase circuit

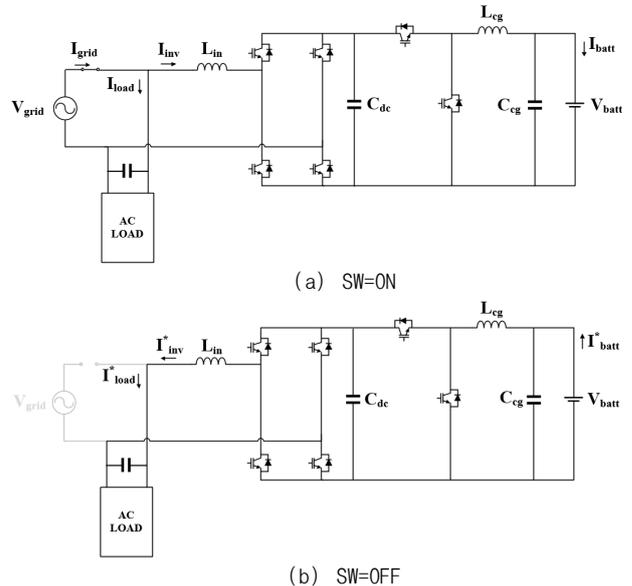


그림 2 (a) 계통연계운전모드 (b) 독립운전모드
 Fig. 2 (a) grid-connected mode (b) stand-alone mode

2.2절 계통연계운전에서 독립운전으로 모드전환

계통연계운전에서 독립운전으로 모드가 전환되는 것은 정전사고로 인한 계통 차단이 발생하여 인버터에서 부하로 에너지를 공급해야하는 순간을 말한다. 그림 3을 보면 계통사고가 발생하면 SW가 OFF가 되고 5msec 이내에 인버터와 부하 전류가 0이 된다. 이 시간동안 인버터는 제어를 멈추고 제어의 동작을 계통연계운전에서 독립운전으로 바뀌게 된다.

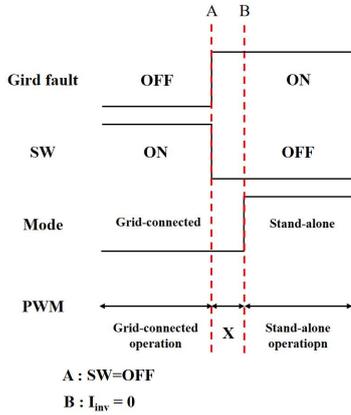


그림 3 계통연계운전에서 독립운전으로 모드절환
Fig. 3 Mode transfer from grid-connected operation to stand-alone operation

2.2절 모드 절환 제어기 설계

모드 절환시 제어기 설계 알고리즘은 그림 4와 같다. 계통연계운전시 제어와 독립운전시 검출 및 모드 절환 그리고 독립운전 제어를 상호작용하도록 제어기를 설계하였다.

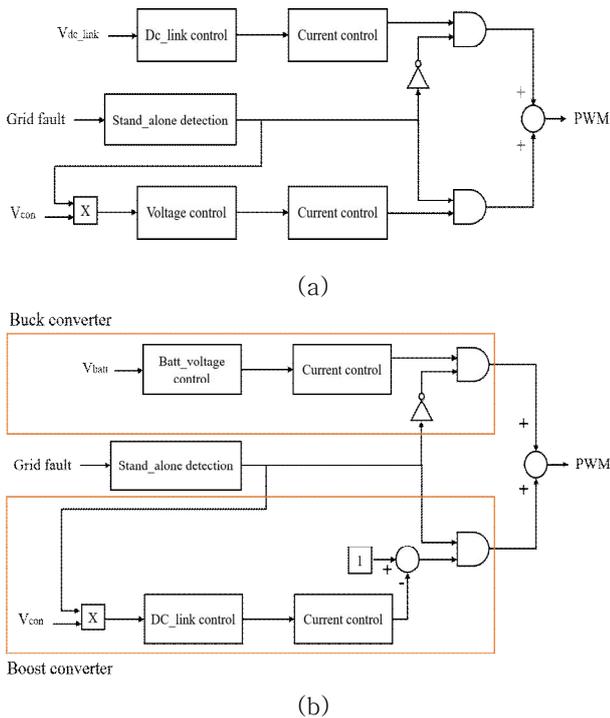


그림 4 (a) 인버터제어기 (b) 컨버터제어기
Fig. 4 (a) inverter control (b) converter control

계통연계모드로 동작을 할 경우 인버터와 컨버터는 양방향으로 전력을 전달할 수 있어야 하므로 인버터의 제어는 직류링크단의 전압과 출력단의 전류제어를 하게 되는 이중루프 구조를 갖도록 설계하였다. 컨버터는 벡 컨버터로 동작하여 제어기는 인버터와 마찬가지로 배터리의 전압과 배터리 전류제어를 하게 되는 이중 루프 구조를 갖도록 설계하였다.

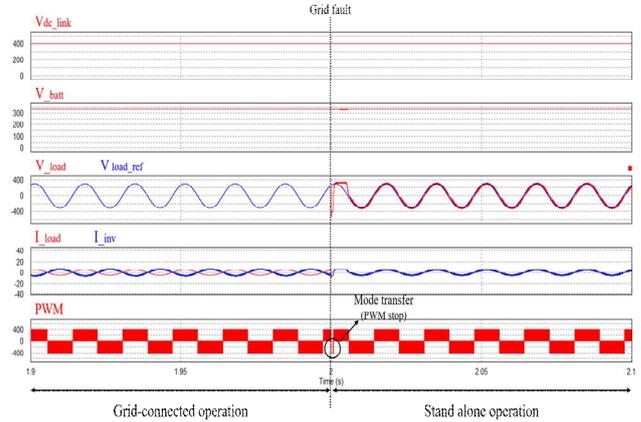


그림 5 계통연계운전에서 독립운전으로 모드절환 시뮬레이션
Fig. 5 simulation waveforms of Mode transfer from grid-connected operation to stand-alone operation

독립운전모드로 동작을 할 경우 인버터는 출력단의 전압과 전류를 제어하는 이중루프 제어기로 설계하고 컨버터는 부스트 컨버터로 동작하여 직류링크단의 전압과 전류를 제어하는 이중루프 제어기로 설계하였다. PLL 기법은 APF를 사용한 단상 PLL을 사용하였다. 시간지연의 원인이 되는 루프필터와 PI제어기가 없는 단상 계통전압 동기화용 PLL로 계통의 전압을 측정하여 모드 절환시 출력전압의 위상을 추종하도록 설계하였다. 부하전압의 리플을 줄이기 위해 부하에 커패시터를 병렬로 연결하여 시뮬레이션을 진행하였다.

3. 결론

본 논문에서는 UPS 알고리즘 동작을 검증하기 위하여 단상 인버터의 계통 차단 검출 및 독립 운전 제어를 진행하였다. 시뮬레이션 확인 결과 계통연계운전에서 직류단 전압과 배터리 전압이 안정적으로 제어되었다. 2초째 계통사고가 발생하였을 때, 2msec 정도의 계통사고 검출 후, PLL로 전압위상을 추종하면서 독립운전으로 모드 절환되는 모습을 확인할 수 있었다.

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 산업연계 교육활성화 선도대학(PRIME) 사업에서 지원을 받아 수행된 연구임

참고 문헌

- [1] 全泰園, 李弘熙, 金興根, 魯義哲 (2011). PLL 알고리즘을 사용한 단상 및 3상 계통연계형 인버터의 동기화 기법. 전력전자학회논문지, 16(4), 309-316.
- [2] 변병주, 서현욱, 조영훈, 최규하 (2013). 에너지저장장치를 갖는 단상인버터에서 매끄러운 모드절환을 위한 알고리즘 개발. 전력전자학회논문지, 18(6), 579-586.
- [3] 이우중, 조현식, 이학주, 차한주 (2013). 3상 인버터의 계통연계 및 독립운전모드 전환 연구. 전기학회논문지, 62(2), 201-207.