

# 에너지저장시스템에서 매끄러운 모드전환을 위한 동작알고리즘 연구

변병주, 서현욱, 조영훈, 김동진\*, 최규하  
 건국대 전기공학과 전력전자연구실(KOPEL), 선광LTI(주)\*

## A Seamless Mode Transfer Scheme for ESSs

Byeng Joo Byen, H.U. Seo, Y.H. Joe, D.J. Kim\*, G.H. Choe  
 Dept. of Electrical Eng., Konkuk Univ., SunKwang LTI\*

### Abstract

본 논문에서는 에너지저장시스템에서 계통연계모드와 독립운전 모드사이를 전환하는 부분에 있어 매끄러운 모드 전환을 위한 동작알고리즘에 대하여 연구하였다. 이는 Psim 9.0을 사용한 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증되었다.

### 1. 서론

기존의 신재생에너지를 사용한 태양광 발전시스템의 경우 일반적으로 알려져 있듯이 일정조건하에서 계통으로 전력을 발전하는 하는 단방향적인 소통만 가능하다. 이는 스마트 그리드 시대로 넘어가고 있는 상황에서 적합하지 않다. 스마트 그리드의 경우 계통의 상태에 따라서 능동적으로 대처할 수 있는 시스템이 요구된다. 이에 따라 기존의 신재생에너지만 사용하는 발전시스템뿐만 아니라 배터리를 추가적으로 사용하는 에너지 저장 시스템이 주목받고 있다. 또한 에너지 저장 시스템은 배터리를 사용하기 때문에 발전되는 전력을 계통의 상태에 따라서 발전을 하거나 저장을 하는 역할이 가능하다. 따라서 계통의 상태에 따라서 부하평준화 기능을 수행하거나 UPS와 같이 정전시 백업기능도 가능하게 된다.

에너지 저장 시스템은 계통연계형 기능과 독립운전 기능의 구현이 가능하므로, 가정 및 산업에서 순간적으로 정전이 발생하였을 때에도 전력을 부하에 연속적으로 전달할 수 있다[1~2]. 그러나 일반적인 오프라인 방식의 UPS와 달리 에너지 저장시스템의 경우 계통연계형 기능을 수행하다가 계통의 사고가 발생시 독립운전모드로 전환을 하기 때문에 모드 전환에 따른 과도상태가 존재하게 된다. 이러한 과도상태는 일반적인 부하는 영향이 없지만 전원의 품질에 민감하게 반응하는 부하에 오동작 또는 더나아가 파손을 일으킬 수 있다.

본 논문에서는 계통에 사고가 발생하여도 모드전환시 매끄러운 동작이 가능한 동작알고리즘에 대하여 연구를 하였다. 또한 Psim 9.0을 사용한 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증하였다.

### 2. 시스템 구성 및 동작알고리즘

그림 1은 본 논문에서 사용한 에너지 저장장치 시스템의 전체 회로도이다. 이는 계통과 연계를 하기 위한 계통 연계형 인버터, 배터리와의 연계를 위한 양방향 벡 부스트 컨버터, 신재생에너

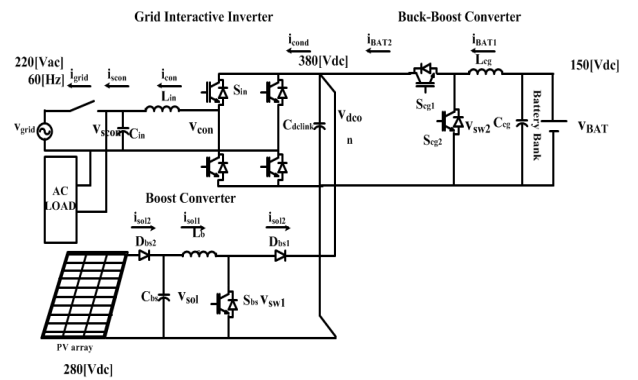


그림 1 에너지 저장장치 시스템 회로도  
 Fig. 1 Circuit of the energy storage system

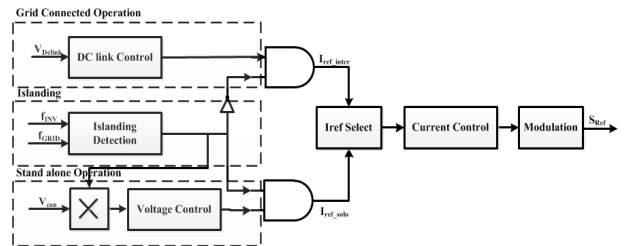


그림 2 제안된 모드전환 동작 알고리즘  
 Fig. 2 Proposed mode transfer algorithm

지연계를 위한 부스트 컨버터로 이루어져 있다.

그림 2는 본 연구에서 제안하는 모드전환 동작 알고리즘이다. 일반적으로 계통연계형 인버터의 경우 직류링크단 전압제어와 출력단 전류제어를 하는 이중루프 구조를 통하여 양방향 전력 제어를 한다. 또한 독립운전모드에서는 출력단 전압과 전류를 제어하는 이중루프 구조를 취하게 된다. 이때 제어기의 공통부분인 전류제어기를 하나로 통합하여 모드전환이 발생하였을 때 과도상태의 성능을 개선할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션

본 연구에서 제안하는 동작알고리즘을 검증하기 위하여 그림 3, 4와 같이 Psim 9.0을 사용하여 시뮬레이션을 하였다. 여기서 부하는 선형부하로 가정하였다. 그림 3은 3[kW] 발전시 연계운전모드에서 독립운전모드로 전환이 되는 과정을 나타내

고 있다. 여기서 계통에 사고가 발생한 시점으로부터 약 40[ms]안에 사고를 판단하였고, 모드 전환시 약 5주기 안에 출력전압파형이 정상상태에 도달하였다. 그림 4는 독립운전모드에서 연계운전모드로 전환이 되는 파형을 나타내고 있다. 계통이 다시 복귀되었을 때 시스템은 이를 인지하여 계통과 주파수와 위상각을 일치시키며 계통전압과의 위상차가 0이 되는 시점에서 모드전환을 한다. 이와 같이 알고리즘을 구성하는 이유는 계통전압과 시스템에서 발생시키는 전압의 위상차가 발생하였을 경우 그로인한 과전류가 시스템으로 유입되어 시스템의 손실이 발생할 수 있기 때문이다. 본 알고리즘을 사용하였을 경우 그림 4에서 모드전환시 계통전류의 변화가 거의 없는 것을 확인하였다.

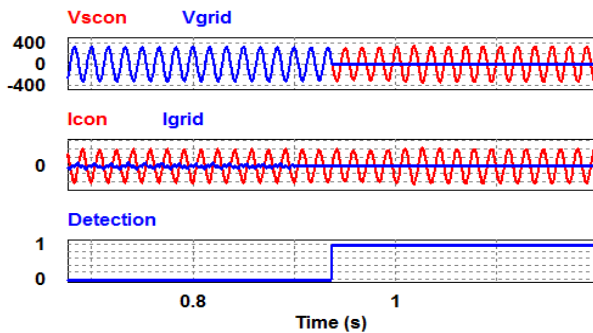


그림 3 연계운전에서 독립운전으로 모드전환 시뮬레이션 파형  
Fig. 3 Mode transfer simulation waveform from grid interactive operation to standalone operation

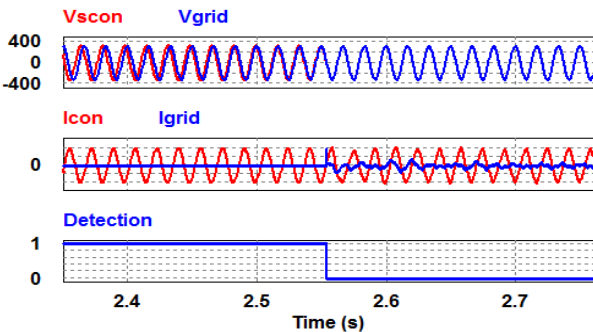


그림 4 독립운전에서 연계운전으로 모드전환 시뮬레이션 파형  
Fig. 4 Mode transfer simulation waveform from standalone operation to grid interactive operation

#### 4. 실험 결과 및 검토

본 연구에서 제안하는 동작알고리즘을 사용하여 실험을 진행하였다. 2.5[kW] 발전을 하는 상황에서 선형부하를 사용하여 시뮬레이션과 같이 임의로 계통에 사고를 발생시켰다. 그림 5, 6은 모드전환시 시스템의 전압과 전류의 파형을 나타내고 있다. 위에서부터 인버터 출력 전압, 전류, 계통전류, 배터리 전류를 나타내고 있다. 그림 5에서 계통연계모드에서 독립운전모드로 전환하는 시점은 배터리의 전류가 변화하는 부분을 통하여 확인할 수 있다. 이때 약 4주기이내에 정상상태에 도달하는 것을 확인할 수 있다. 그림 6에서 독립운전모드에서 연계운전모드로 전환하는 시점은 계통전류가 들어오는 부분을 확인하여 판단할 수 있으며, 계통과의 위상을 정확히 맞추고 모드전환을

하기 때문에 계통으로부터 과도한 유입전류 없이 안정적인 전환이 수행됨을 확인할 수 있다.

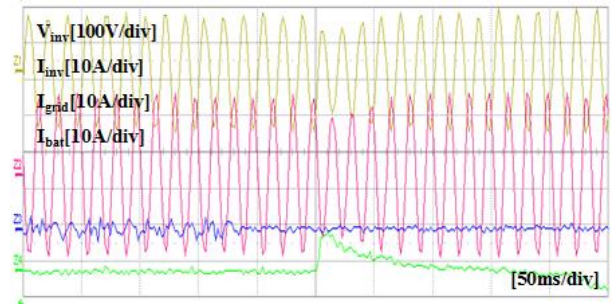


그림 5 연계운전에서 독립운전으로 모드전환 실험 파형  
Fig. 5 Mode transfer experimental waveform from grid interactive operation to standalone operation

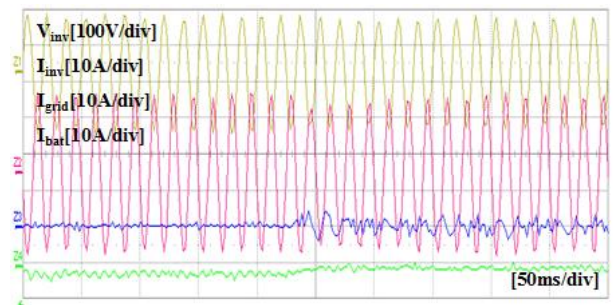


그림 6 독립운전에서 연계운전으로 모드전환 시뮬레이션 파형  
Fig. 6 Mode transfer experimental waveform from standalone operation to grid interactive operation

#### 5. 결론

본 연구는 기존의 발전시스템과 달리 에너지 저장시스템에 정전백업기능을 추가하여 부하에 안정적인 전력전달을 하기 위한 동작알고리즘에 대하여 연구를 하였다. 이 동작알고리즘을 위하여 기존의 알고리즘의 분석을 하였고, 이를 통하여 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증을 하였다.

○ 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2012년도 산학연공동기술개발사업(No.C0041237)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] M.N. Arafat S. Palle, Y. Sozer, I. Husain, "Transition Control Strategy Between Standalone and Grid Connected Operations of Voltage Source Inverters", Industry Applications, IEEE Transactions on, vol. 48, pp. 1516-1525, 2012
- [2] T.S. Hwang, S.Y. Park, "A Seamless Control Strategy of a Distributed Generation Inverter for the Critical Load Safety Under Strict Grid Disturbances", Power Electronics, IEEE Transactions on, vol. 28, pp. 4780-4790, 2013.