

# 에너지 저장장치를 포함하는 태양광 발전시스템의 운전알고리즘

서현욱, 변병주, 김동진\*, 조영훈, 최규하  
건국대학교 전력전자 연구실, 선광엘티아이\*

## A Study on Operation Algorithm for PV System with Energy Storage System

Hyun Uk Seo, B.J. Byun, D.J. Kim\*, Y.H. Cho, G.H. Choe  
Power Electronics Lab., Konkuk Univ., SunKwang LTI\*

### 국문요약

본 논문에서는 배터리를 포함한 태양광 발전 시스템에 직류 배전 기능을 추가하여 효율적인 전력운용이 가능한 UPCS (Universal Power Conditioning System)의 구성 및 운용 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘과 토폴로지는 시뮬레이션을 통하여 기능을 검증하고 실제 가정용을 대상으로 3kW의 시제품을 제작하여 성능을 검증한다.

### 1. 서 론

에너지의 효율성을 증가시키고 안정적인 전력을 공급하기 위하여 다양한 발전원을 갖는 능동형 그리드가 제안되고 있다. 다양한 발전원으로는 신재생에너지 발전 시스템이 대표적이다. 신재생 에너지의 경우 날씨와 같은 주변 여건에 따른 발전량의 불확정성 때문에 ESS시스템을 사용한다. 최근에는 더 나아가 계통에서 받는 전력을 일정하게 하는 기술인 Peak cut 알고리즘을 이용하여 부하를 평준화하는 알고리즘이 연구되고 있다 [1]. 한편 이러한 계통연계 알고리즘과 다르게 전력의 에너지 효율성을 높이기 위하여 직류배전이 제안되었다. 기존의 220[V]의 60[Hz]의 교류전력을 공급하던 계통에서 직류전원을 배전하는 기술로서 직류를 사용하는 부하의 변환과정을 감소시켜 에너지 손실을 저감시키는 효과가 있다[2]. 이러한 기술들은 모두 중복되는 토폴로지를 가지고 있어서 비용적 측면이나 효율성면에서 시스템 통합이 필요하다.

본 논문에서는 앞에서 언급한 다양한 전력운용 능력을 갖는 가정용 통합 전력관리 장치를 UPCS(Universal Power Conditioning System)라고 정의하며 운용 알고리즘 및 구성방법에 대하여 제안한다. 제안한 알고리즘 및 구성방법을 시뮬레이션을 통하여 검증 후 실제 3kW용량의 제품을 제작하여 검증 하였다.

### 2. 구성 및 알고리즘

#### 2.1 UPCS 토폴로지 구성

그림 1의 UPCS는 시스템에서 발전된 전력을 계통연계 운전 을 하기위한 계통연계형 인버터의 직류링크단 제어를 중심으로 태양광모듈의 MPPT제어를 수행하기위한 승압 컨버터, 배터리 로 전력을 충전하거나 방전을 수행하기 위한 양방향 컨버터,

직류 배전을 수행하기 위한 직류링크 연계형 강압컨버터로 구성된다. 강압컨버터는 직류부하부에 설치된 부하에 직류를 공급하기 위하여 출력부 전압을 제어하게 되며 산업현장에서 사용되는 직류배전의 경우 380[V]~400[V]의 전압을 사용하지만 논문에서 제안하는 시스템은 가정용 직류배전시스템을 가정하여 220[V]의 전압을 출력하도록 설계하였다[2].

#### 2.2 UPCS 동작 알고리즘

UPCS시스템의 목적은 평상시 배터리를 안정적인 조건으로 유지시키기 위하여 최대부하조건일 때 Peak Cut알고리즘을 수행 부하를 평준화 하며 단독운전을 검출하다. 단독운전이 발생 하면 계통연계를 차단하고 부하에 독립운전 모드를 사용하여 UPS기능을 수행하는 것이 목적이다. 그림 2는 UPCS가 앞에서 언급한 기능들을 구현하기위한 운용 알고리즘을 나타낸다. 알고리즘에서 Islanding Detection기법은 Reactive Power Variation기법을 사용하였다. 만약 단독운전이 발생하면 계통을 차단하고 인버터가 독립운전을 진행하게 된다. load leveling check는 현재 부하의 용량, 태양광발전량, 배터리의 SOC(State of Charge)를 판단하여 배터리의 충전이 충분하다고 판단할 경우 Peak Cut모드로 동작하게 된다. 배터리의 충전량이 부족할 경우 부하 평준화 조건에 충족되도록 Power Balance 모드를 진행한다.

### 3. 시뮬레이션 및 구현

#### 3.1 UPCS Peak-Cut 시뮬레이션

그림 3은 UPCS의 Peak Cut모드의 시뮬레이션 파형이다. Peak Cut은 총 4단계로 나누어지며 시뮬레이션에서 0.1초를

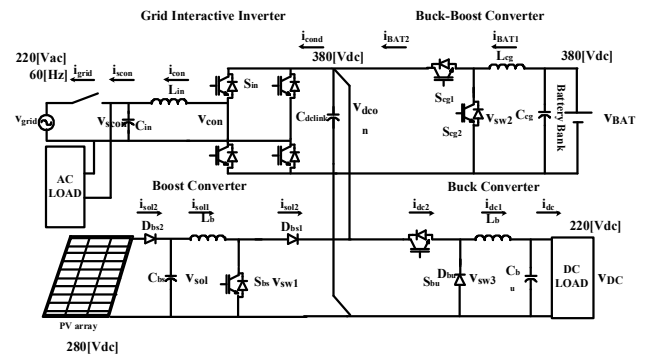


그림 1 UPCS 회로 구성도  
Fig. 1 UPCS schematic configuration

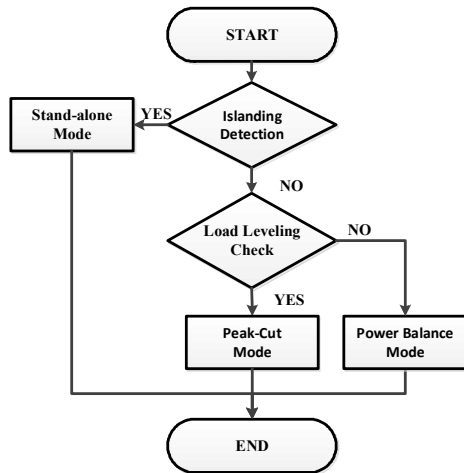


그림 2 UPCS 운용 알고리즘  
Fig. 2 UPCS operation algorithm

모두 나타나도록 부하곡선과 일사량을 변화하여 시뮬레이션을 진행하였다. State1은 부하가 낮을 때 계통과 태양광을 사용하여 배터리를 충전하는 모드이며 State2는 배터리가 완충되었을 경우 태양광의 전력을 인버터를 통하여 발전하는 모드이다. State3은 피크부하의 상태로 State1에서 충전한 전력을 계통을 통하여 발전하여 계통에너지 사용율을 줄이는 모드이다. State4는 배터리를 일정 SOC까지 충전하여 독립 운전모드를 준비하는 단계이다.

### 3.1 UPCS 단독운전 시뮬레이션

단독운전 방지(Anti islanding)기술은 계통 사고가 발생할 경우 계통을 차단하고 중요 부하에 전력을 계속 공급하는 UPS를 구성하는 필수 알고리즘이다. 알고리즘은 RPV방식을 사용하여 구현하였다. 그림 4에서 단락사고를 가정 하에 계통연결이 끊어진 후 단독운전 36[ms]만에 주파수 이탈을 검출하고 단

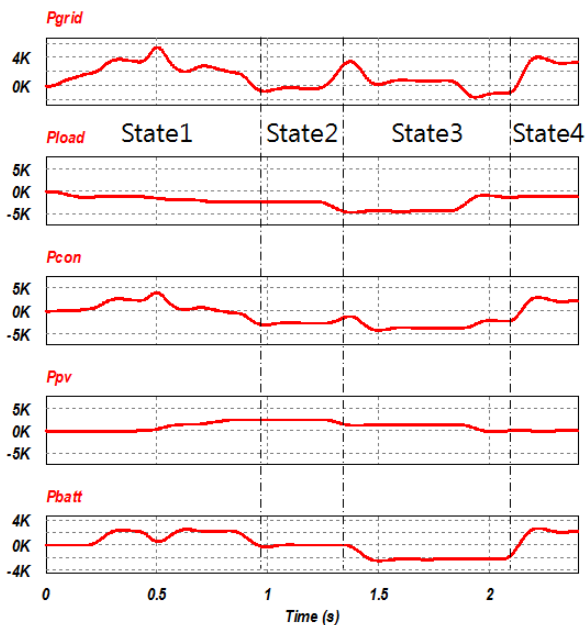


그림 3 UPCS 피크컷 동작 시뮬레이션  
Fig. 3 UPCS Peak-Cut operation Simulation

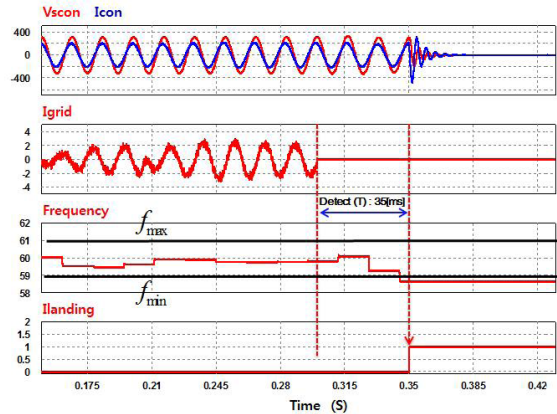


그림 4 UPCS 피크컷 동작 시뮬레이션  
Fig. 4 UPCS Peak-Cut operation Simulation

독운전상태를 검출하는 것으로 검증하고 인버터를 정지시키는 것을 볼 수 있었다.

## 4. 결론 및 검토

본 논문에서는 가정에서 전력을 효율적으로 운용하고 전력의 신뢰성을 높이기 위하여 UPCS를 제안하였다. UPCS는 태양광 시스템, ESS시스템, 직류배전시스템을 복합적으로 운용하는 시스템으로 원활한 동작이 가능하도록 토폴로지 및 운용 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 평상시 Peak Cut 기능을 갖으며 계통사고 발생 시 독립운전모드로 동작하여 UPS기능을 갖도록 설계하였다. 토폴로지와 알고리즘은 시뮬레이션을 통하여 각 모드별로 검증 하였다. 그리고 시뮬레이션을 기반으로 실제 3kW 급의 제품을 구성하여 토폴로지 및 알고리즘을 검증하였다.

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

## 참고 문헌

- [1] G. H. Choe, H. S. Kim, H. S. Heo, B. H. Jeong, Y. H. Choi, and J. C. Kim, "Utility interactive PV systems with power shaping function for increasing peak power cut effect," *Journal of Power Electronics*, vol. 8, pp. 371-380, 2008.
- [2] Y. J. Lee, D. H. Han, B. J. Byen, H. U. Seo, G. H. Choe, W. S. Kwon, et al., "A new hybrid distribution system interconnected with PV array", *International Power Electronics and Motion Control Conference ECCE Asia Harbin*, 2012, pp. 2037-2041.
- [3] G. H. Choe, H. S. Kim, H. G. Kim, Y. H. Choi, and J. C. Kim, "The characteristic analysis of grid frequency variation under islanding mode for utility interactive PV system with reactive power variation scheme for anti islanding," Jeju, 200