

피크컷 알고리즘을 적용한 에너지 저장장치를 갖는 태양광 시스템

임종웅, 한동화, 김승열, 반충환, 최종목, 최규하
 건국대학교 전기공학과 전력전자연구실

PV System with Battery Storage using Peak-cut Algorithm

Jong Ung Lim, D.H Han, S.Y Kim, C.H Ban, C.M Choi, Gyu Ha Choe
 POW E. Lab., Konkuk Univ.

ABSTRACT

Renewable energy is getting more important due to its alternative usage of fossil fuel. This paper discusses the system using Peak cut alalgorithm of solar power which takes great propotion in renewable energy. It also proves the validity of this system by simulation and experiment.

1. 서 론

에너지의 이용은 현대의 윤택한 생활과 눈부신 사회발전을 가능케 하였다. 주요 에너지원으로 뽑히는 화석에너지는 그 양이 한정되어 있고, CO2배출의 제한으로 친환경적이고 자원량이 무한한 태양광이 각광받고 있다. 기존의 태양광 발전은 온도와 일사량에 의존하여 발전을 하게 되어 부하의 사용에 맞추어 사용할 수 없는 단점을 지닌다. 이러한 단점은 에너지 저장장치를 사용하여 보완할 수 있다. 배터리를 장착하여 부하의 상태에 따라 최대의 전력이 요구되는 시점에서 배터리에 저장된 에너지를 방전함으로써 태양광 발전의 kW 가치를 높일 수 있다.^{[1][2]}

본 논문에서는 에너지 저장장치를 갖는 태양광 시스템에서 부하곡선과 일사량을 고려한 피크컷 알고리즘을 바탕으로 시뮬레이션과 실험을 통해 타당성을 입증하고자 한다.

2. 에너지 저장장치를 갖는 태양광 시스템

2.1 시스템의 구성 및 제어

그림 1은 에너지 저장장치를 갖는 태양광 시스템으로 DC/DC 승압컨버터, DC/AC인버터, 배터리로 구성되어 있다.

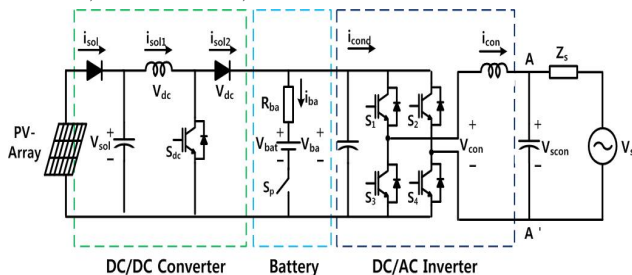


그림 1 태양광 시스템
 Fig. 1 PV System

각 부분의 주요기능을 살펴보면 다음과 같다.

DC/DC 승압형 컨버터는 MPPT를 하기위해 태양광 전압과 전류를 제어하며, PV Array에서 발생된 전력을 승압하는 역할을 한다. 배터리는 생산된 전력을 저장 및 공급하며, DC/AC 인버터는 계통과 연계하기 위하여 DC link전압제어 및 계통전류를 제어하는 기능을 수행한다.

2.2 실제부하 패턴 분석

그림 2의 부하패턴은 여름철 평균전력의 패턴을 나타낸다. 여름철의 부하는 13~17시 사이에 집중되어 있는 것을 확인할 수 있다.

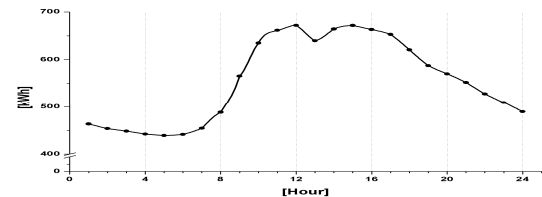


그림 2 여름철 평균 부하곡선
 Fig. 2 Average Load Profile in Summer

2.3 피크컷 운용 알고리즘

시스템의 동작은 부하곡선과 태양광의 출력을 고려하여 그림 3과 같이 총 5가지 모드로 나타낼 수 있다.^[3]

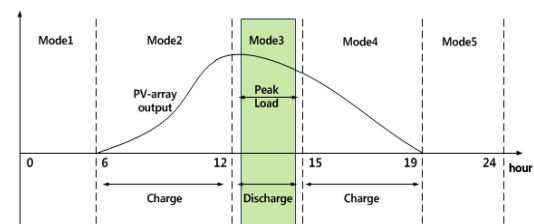


그림 3 모드별 분류
 Fig. 3 Type of Modes

- ① Mode 1 (0 ~ 06시) : $P_{grid} = P_{load} + P_{bat}$
 심야전력을 이용하여 배터리를 충전하고, 부하의 전력공급은 계통에서 이루어진다.
- ② Mode 2 (08 ~ 13시) : $P_{grid} + P_{sol} = P_{load}$ (SOC 90%이상)
 PV시스템에서 발전되는 에너지로 배터리를 충전하고, 완충 시 부하로 에너지를 전달한다. 부족한 전력부담은 계통에서 이루어진다.
- ③ Mode 3 (13 ~ 17시) : $P_{grid} + P_{sol} + P_{bat} = P_{load}$

배터리와 PV시스템에서 부하를 충당하고, 부족한 전력부담은 계통에서 이루어진다. 배터리 방전으로 피크컷 기능을 수행한다.

④ Mode 4 (17 ~ 20시) : $P_{grid} + P_{sol} = P_{load} + (P_{bat})$
방전된 배터리를 PV시스템에서 충전하고, 완충 시 계통으로 에너지를 전달한다.

⑤ Mode 5 (20 ~ 24시) : $P_{grid} = P_{load} + P_{bat}$
배터리의 용량이 90%미만일 경우 계통전력을 이용하여 배터리를 충전한다.

3. 해석 및 실험

그림 4는 Psim9.0을 이용한 실험 결과이다. 총 2일을 시뮬레이션 했으며, 첫째 날은 태양광 발전이 없는 흐린 날, 둘째 날은 태양광 발전이 충분히 될 수 있는 맑은 날로 가정하였다. 태양광 전력의 데이터는 기상청에서 받은 일사량 및 온도 데이터를 바탕으로 만들었고, 부하전력은 여름철 부하곡선을 바탕으로 만들었다. 본 논문에서 제안하는 피크컷 알고리즘을 적용하여 피크시간(Mode2 : 13~17시)에 태양광에서 발전하는 전력과 배터리에서 방전하는 전력이 더해져 피크부하를 절감하는 기능을 수행한다. 피크컷 알고리즘을 적용했을 때의 피크부하는 3.6kW로 적용하지 않았을 때 4.8kW보다 25%감소하는 것을 확인할 수 있다.

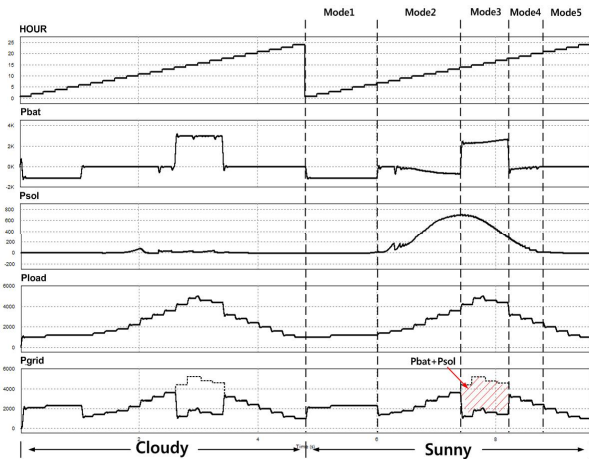
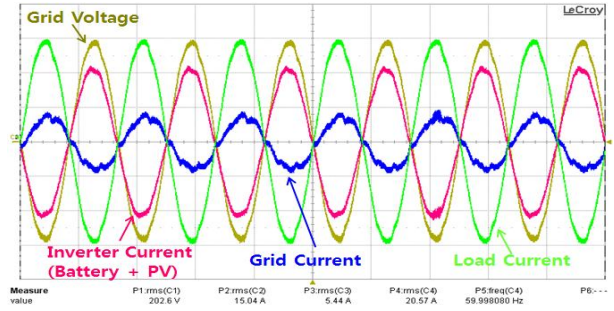


그림 4 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Result of Simulation

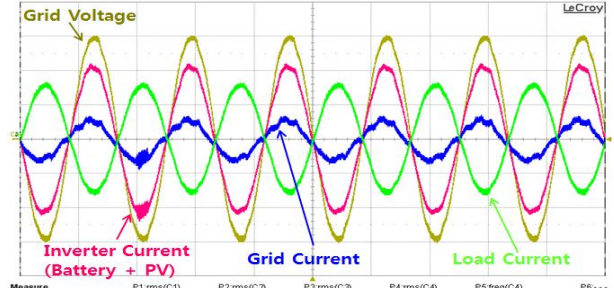
그림 5는 위에서 제시한 각 모드별 동작 알고리즘에서 가장 중요시 되는 Mode2에서의 부하변동에 따른 동작과형을 나타내고 있다.

그림 5(a)는 부하전력이 4kW로 인버터 출력전력 3kW보다 큰 경우를 나타내고 있다. 태양광에서 발전되는 전력과 배터리에서 방전되는 전력이 부하전력보다 작기 때문에 부족한 전력은 계통에서 공급하게 된다. 그림 5(b)는 부하전력이 2.2kW로 인버터 출력전력이 부하전력보다 큰 경우이다. 그림 5(b)의 경우 부하전력은 발전되는 전력에서 부담하고 나머지 잉여분은 계통으로 발전하게 된다. 그림 5(a)의 경우 피크부하시 태양광에서 발전되는 전력과 배터리에서 방전되는 전력 3kW를 부하에 공급함으로써 첨두부하 삭감기능을 가지는 것을 확인할 수 있다.

4. 결론



(a) 부하전력 > 인버터 출력전력



(b) 부하전력 < 인버터 출력전력

그림 5 시스템 동작 주요 실험
Fig. 5 Waveforms of Operation Mode in System

본 논문은 태양광의 발전시간과 부하곡선의 불일치로 인하여 전력설비의 용량이 증대되는 단점을 보완하고, 심야전력을 이용하여 배터리를 충전, 피크시간대에 방전하는 로드 레벨링 기능을 수행한다. 전력피크시간 13~17시 사이에는 태양광에서 생산되는 전력과 배터리에서 방전되는 전력이 더해져 기존의 태양광 시스템보다 첨두치를 더 줄일 수 있는 장점을 지니게 되며, 이로 인해 kw가치 상승 및 인입설비용량의 감소 등의 효과를 얻을 수 있다. 본 논문에서 제안한 피크컷 알고리즘을 바탕으로 시뮬레이션과 실험을 통해 각 모드별 동작 및 전체 시스템의 안정적인 동작을 구현하였다.

○ 본 연구는 중소기업청의 중소기업 산학연협력사업 사업 계획 “일반과제”의 일환으로 수행되었습니다. (No.C0041237)

참고 문헌

- [1] Gyu Ha Choe, Hong Sung Kim, Hye Seong Heo, "Utility Interactive PV Systems with Power Shaping Function for Increasing Peak Power Cut Effect", JOURNAL OF POWER ELECTRONICS., Vol8, No.4, pp. 371-380, Oct. 2008.
- [2] Dong Hwa Han, Young Jin Lee, Wan Sung Kwon, Mohammed A. Bou Rabee, and Gyu Ha Choe, "Improving the Overall Efficiency for DC/DC Converter with LoV HiC System", JOURNAL OF POWER ELECTRONICS., Vol.12, No.3, pp. 418-428, May. 2012.
- [3] 임종웅 외 4명, "배터리 저장장치를 갖는 태양광 시스템의 알고리즘 구현" 한국조명전기설비학회, 2011 추계학술대회 논문집, pp233-234, 2011. 11.