

첨두부하 삭감효과를 갖는 UIPV시스템의 개선된 운용방법

金永植*, 바이스갈랑**, 許慧星***, 崔圭夏†

Improved Operating Method of Utility Interactive PV System for Peak Power Cut Effect

Young-Sik Kim, Dugarjav Bayasgalan, Hye-Seong Heo, and Gyu-Ha Choe

요 약

본 논문은 기존의 시스템에 비해 시스템의 전력회로 구조의 큰 변경 없이 배터리와 같은 전력저장 장치 디바이스의 추가와 개선된 운용방법을 적용한 첨두부하 삭감효과를 갖는 계통연계형 태양광발전시스템(UIPV)을 제안하였다. 개선된 운용방법과 에너지 저장장치의 추가로 기존 시스템에 비해 PV-array 용량을 작게 설치하여도 첨두부하 삭감효과를 크게 할 수 있으며, 가격 및 설치공간 등의 면에서 평가하여 기존시스템보다 더 나아짐을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper describes the UIPV(Utility Interacted Photovoltaic) system which can improve the peak-cut effect by adding energy storage device of batteries to the power converter. The proposed system has three possible operation modes depending on relative condition of PV output, which can have the power shaping function covering the peak power for 3 hours. A new power circuit and application algorithm has been applied to UIPV system which is based on working PV system during 3-hour peak time. The energy relationship by the proposed system is analyzed theoretically and experimentally. Also the proposed system is evaluated at the viewpoint of cost and total spacing, which enables the proposed UIPV system to have the reduction of the peak power demand and hence to improve.

Key Words : UIPV(Utility Interacted Photovoltaic), Peak-cut Effect, Peak-tim, Battery

1. 서 론

에너지의 이용은 현대의 윤택한 생활과 눈부신 사회 발전을 가능하게 한 원동력이다. 특히, 석유와 석탄 등

의 화석 에너지는 인류의 주된 에너지원으로 오늘날까지 폭넓게 사용하고 있다. 그러나 화석 에너지의 양은 한정되어있어 또 다른 종류의 에너지인 신재생에너지의 확보가 절실히 요구되고 있다. 그 중 태양광발전시스템(이하 PV시스템)은 무한정, 무공해의 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로 독립형 보다는 계통과 연계시켜 그 사용도가 급증하고 있다. 그러나 기존 시스템의 고유기능인 에너지원으로서의 계통연계형 PV시스템이 낮은 에너지 이용율을 가지므로 이를 보상하기 위한 방안으로 첨두부하저감용 PV시스템을 3가지 특성Mode로 나누어 제안하였다. 그리고

†교신저자 : 정회원, 건국대 전기공학과 교수
E-mail : ghchoe@konkuk.ac.kr

*학생회원, 건국대 전기공학과 석사과정

**정회원, 건국대 전기공학과 박사과정

***정회원, 포스콘 연구원

접수일자 : 2008. 6. 26

1차 심사 : 2008. 8. 5

2차 심사 : 2008. 9. 8

심사완료 : 2009. 9. 17

에너지저장장치를 이용하여 고에너지가치를 갖는 시스템으로서 활용될 수 있도록 침두부하 저감을 위한 고가치PV 시스템의 개념 설계와 해석을 다루었다. 시뮬레이션 및 실험을 통하여 침두부하저감효과가 동일 용량대비 6배까지 격차가 나타남을 보였으며, 참고적으로 설치면적과 단가의 면에서도 더욱 경제적임을 보였다.^{[1][2]}

2. 제안된 UIPV시스템의 제안배경

기존의 PV시스템을 계통연계형으로 사용할 경우 발생할 수 있는 악영향으로는 불안정한 출력의 전기적 문제점, 낮은 시스템 이용률, 낮은 kW가치, 높은 가격 등의 여러 개선해야 할 점을 가지고 있었다.^{[3][4]}

먼저, PV-array의 불안정한 출력에 의한 전압 및 주파수 변동, 고조파 발생, DC성분 유입, 단독운전, 보호협조 등의 전기적 문제점들이 발생할 수 있다.

일본의 경우 시스템 이용률은 11.4[%]로 하루 24시간 중 2.7시간 정도 시스템이 정격으로 운전된다. 즉, 1[kW] 시스템의 설치 시 하루의 총발전량은 하루 2.7시간정도의 짧은 시간 동안 태양광 시스템이 정격 운전하는 것으로 환산될 수 있다. 이러한 낮은 시스템 이용률은 다음의 식[1] 같이 정의되며, 우리나라는 통상 12%의 이용률을 가지게 된다.^[5]

$$\text{이용률} = \frac{\text{시스템년간발전량 [kWh]}}{\text{시스템정격용량 [kW]} \times 24 \times 365} \times 100 [\%] \quad (1)$$

또, 태양광 시스템의 에너지 측면에서 가치를 평가할 때 쓰이는 표현으로 'kWh가치' 및 'kW가치' 등의 용어측면에서도 생각할 수 있다. kWh가치가 높다는 의미는 동일 용량의 PV-array로 부터 많은 출력량을 내면 kWh가치가 높다고 한다.

그러므로 kWh가치를 자연조건으로 말하자면 하루 일사량이 많은 지역 일수록 시스템의 kWh가치는 높아진다고 할 수 있다. 그리고 kW가치는 전력 예비율 확보에 얼마나 도움을 줄 수 있는가 하는 개념으로서 침두부하 소비 시간대의 시스템의 발전량이 클수록 kW가치는 높다고 할 수 있다. 기존 시스템의 침두부하 삭감 기여도는 35[%]~17[%]정도이다. 다시 말하면, 1[kW] 시스템의 설치시 0.35[kW]~0.17[kW] 정도가 침두부하 삭감에 기여한 다는 것이다. 이렇게 태양광 시스템 출력의 불안정성으로 일정한 출력을 갖는 전원으로 평가되지 않는 태양광 시스템에서는 그 kW

가치는 전력 수급 계획 수립 시 태양광 시스템의 반영을 어렵게 하였다.

최근 7년간의 피크전력 소비 발생시간을 나타내고 있는 표 1과, 그림 1의 시스템의 여름철 1일 출력특성과 그림 2의 부하곡선과 같은 데이터를 통해 양자의 운전시간이 거의 일치하지만, 약1.5시간 정도의 지연이 존재하므로 실용상 PV시스템은 필요한 시기에 충분한 에너지를 공급해 주지 못하는 상태, 즉 시스템의 kW가치가 저하되는 단점이 있다. 만약 이 시간차를 보상할 수 있다면 실제 계통에서 문제가 되는 침두부하저감효과를 극대화할 수 있을 것이다.

게다가 국내 계통연계형 태양광 시스템의 표준형인 3[kW] 시스템 가격은 한화로 환산시 1000만원 이상으로 매월 전기료절감을 통하여 설치비용을 보전하기에는 다소 부담스러운 금액일 수 있다.

표 1 최대 전력 수요 발생시간 및 발생 일자[하계]^[6]
Table 1 Maximum power demand time and date [summer]

발생일자 [하계]	발생시간
2001년 7월 26일 (목)	15:00
2002년 8월 29일 (목)	15:00
2003년 8월 22일 (금)	12:00
2004년 7월 29일 (목)	15:00
2005년 8월 17일 (수)	12:00
2006년 8월 16일 (수)	12:00
2007년 8월 17일 (금)	12:00

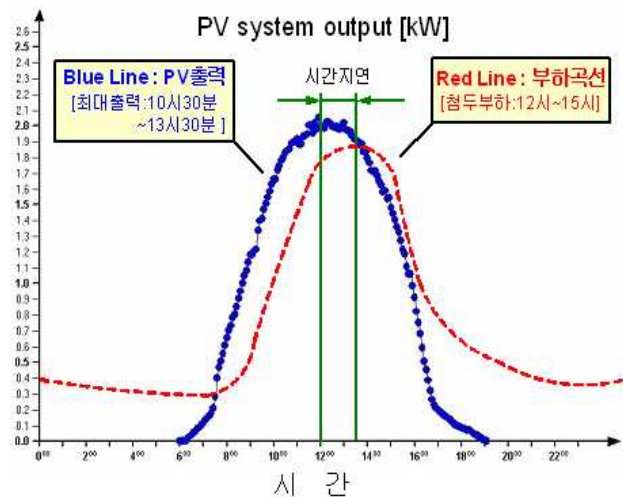


그림 1 시스템의 여름철 1일 출력 특성
Fig. 1 Daily power output during the summer season

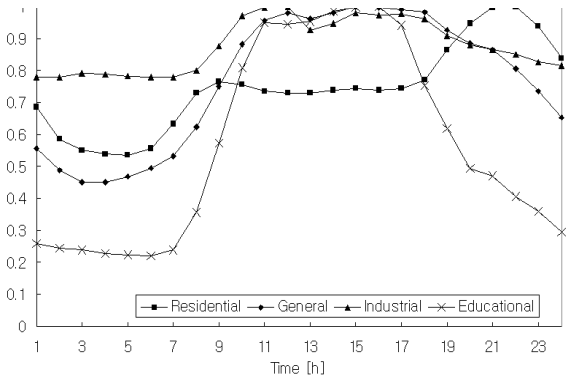


그림 2 일별 부하 곡선
Fig. 2 The daily load curves

본 연구에서는 이러한 기존의 계통연계형 태양광 시스템의 문제점 중 시스템의 낮은 이용률, kW가치를 개선하기 위한 에너지 저장장치를 가지며 첨두부하 삭감효과를 갖는 계통연계형 PV시스템을 위한 개선된 운용모드를 제안하였다. 그리고 제안된 운용모드의 평가를 위해 기존의 시스템과의 비교를 통해 상대적으로 경제성이 좋을음을 보였다.^[7]

3. 제안된 시스템의 기본동작

제안된 시스템의 기본동작을 살펴보면, 그림3 에서 스위치 $S_P(\text{red})$ 는 첨두 전력 삭감이 필요한 여름철에 닫혀진다. S_P 가 열려 있을 경우에는 제안된 UIPV시스템과 기존의 시스템간에 별다른 차이가 없다. 그래서 UIPV 시스템의 전체 제어기 구성에는 기존에 비해 큰 변화가 없다. 그러나 태양광 어레이의 에너지 발생 상태 및 배터리의 충전 상태 또는 이들의 서로의 관계들의 조건에 의해서 UIPV 시스템의 동작이 이루어진다.

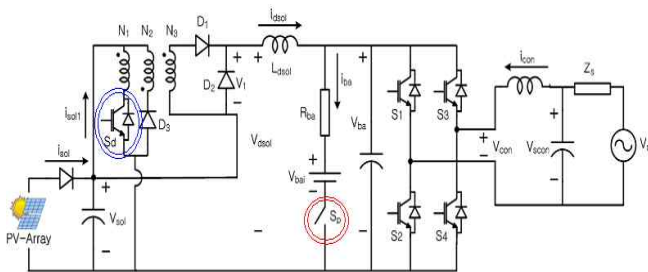


그림 3 제안된 시스템
Fig. 3 Proposed system

전체 제어 루프는 3가지로 구성되어 있으며 인버터 제어부, 컨버터 제어부 그리고 PV 어레이의 출력 및 배터리 충전상태에 따라 제어를 하는 이 두 시스템을 다루기 위한 부분으로 구성되어있다.

Peak-cut 3시간 동안에 인버터는 동작하며 전력을 계통으로 보내며, 이때 배터리는 방전 Mode로 동작이 된다(그림8 참조). 태양광 출력이 좋지 않을 때 혹은 배터리 충전이 제대로 작동이 안됐을 때 계통에서 배터리를 충전시킬 경우 인버터는 정류기 Mode로 동작할 수 있다. 계통에서 전력을 공급하여 배터리를 충전할 수 있음을 그림4의 Mode3에서 볼 수 있다. Mode 3에서는 전력사용이 적을 때의 심야 전력을 이용하여 배터리를 충전한다. Peak-cut 시간외에는 승압 컨버터를 통해 승압된 태양광 어레이 에너지로 배터리를 충전한다. 인버터 동작이 멈추었을 때 태양광에서 발생된 에너지로 배터리를 충전 시킨다 (그림5, 6 참조).

4. 제안된 시스템의 운용방법

시스템 이용률, PV-array 정격, 시스템 운전시간이 결정되면 이는 하루 평균 발전시간을 구할 수 있고, 이를 기준으로 1일 PV-array의 출력 E_{PV} 가 식(2)와 같이 계산된다.

$$E_{PV} = \int_0^{\text{발전시간}} v_{sol} i_{sol} dt [kWh] \quad (2)$$

(v_{sol} : 태양광출력전압, i_{sol} : 태양광출력전류)

1년 동안 PV-array에서 발전된 에너지의 합을 365일로 나눈 년 평균 출력 E_{AAG} 을 기준으로 E_{PV} 와 비교하여 3가지 운전Mode와 전력 조절기를 사용하지 않은 Mode를 다음과 같이 얻을 수 있다.

① Mode I: $E_{AAG} = E_{PV}$

실제 이 Mode는 이상적인 Mode로서 일어나기 힘든 Mode로 볼 수 있으나 시스템 운전 방법을 설명하기 위한 중심 개념이 되므로 언급하였다. 이 Mode에서는 1일 시스템 발전량은 기준치와 동일하므로 DC/AC 컨버터는 외부에 의해 설정된 운전시간대에서만 운전한다. 이를 그림으로 표현하면 그림 4의 Mode I과 같다.

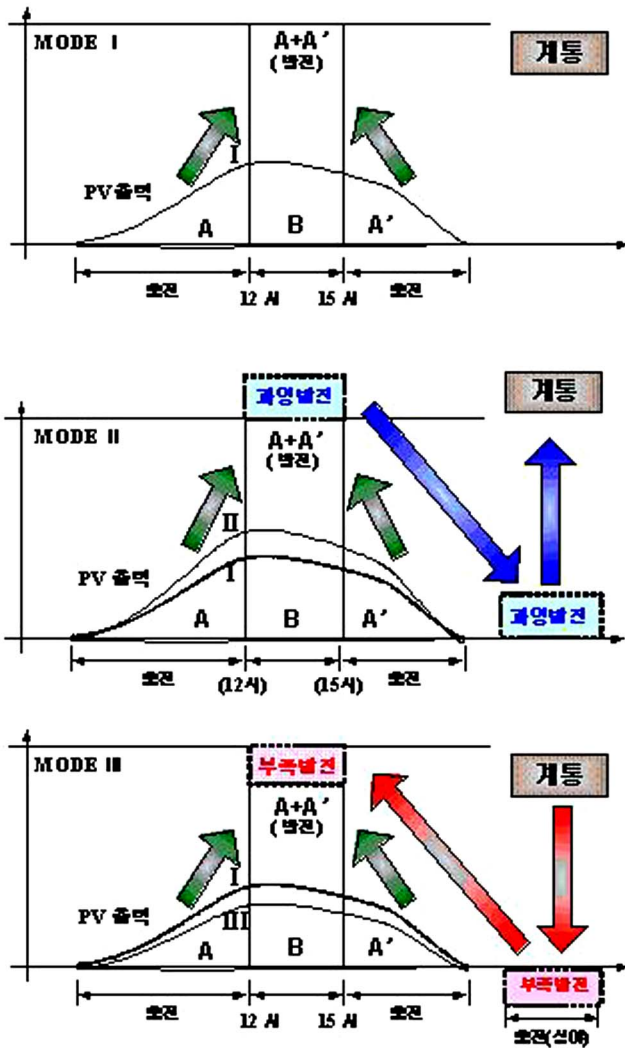


그림 4 개선된 침두부하 삭감효과를 갖는 시스템 운용방법
 Fig. 4 The related control sequence of the proposed UIPV system

② Mode II : $E_{AAG} < E_{PV}$

이 Mode에서는 1일 PV-array의 발전량이 기준치를 초과한 경우로서 동작 방식은 그림4의 Mode II와 같다. 이런 Mode가 반복되면 배터리와 같은 전력 저장 디바이스의 이용시 배터리가 과충전 Mode에 도달하는 경우가 발생하여 익일 PV-array로부터 발전된 전력을 충전시킬 수 없는 경우가 발생할 수 있으므로 다음에 해당하는 전력량[kWh]를 방전 시킨다.

$$\text{잉여량}[kWh] = \int_0^{\text{발전시간}} v_{sol} i_{sol} dt - \text{일일기준치} (> 0) \quad (3)$$

그리고 전류 i_{con} 의 실효치는 외부에서 주어지는 침두부하 시간대외의 방전시간을 이용하여 다음과 같이 계산된다.

$$I_{s.dis} = \frac{\text{잉여 전력량}[kWh]}{V_{scon} \cdot \text{peak시간대외 방전시간}} [A] \quad (4)$$

③ Mode III : $E_{AAG} > E_{PV}$

일기가 좋지 않을 경우 발생할 수 있는 Mode로서 이 Mode가 반복되면 침두부하 발생 시간대에 발전해야 할 전력량을 확보할 수 없는 경우가 발생한다. 그러므로 이런 경우에는 DC/AC 컨버터의 양방향 전력 제어 특성을 이용하여 침두부하 시간대외의 시간인 발전 설비의 이용률이 낮은 심야 시간대를 이용해서 전력량을 충전한다. 동작 방식은 그림 4의 Mode III에서 표현한다.

$$\text{충전량}[kWh] = \int_0^{\text{발전시간}} v_{sol} i_{sol} dt - \text{일일기준치} (< 0) \quad (5)$$

그리고 이때 전류 i_{con} 의 실효치는 외부에서 주어지는 침두부하 시간대외의 충전시간을 이용하여 다음과 같이 계산된다.

$$I_{s.ch} = \frac{\text{충전 전력량}[kWh]}{V_{scon} \cdot \text{peak시간대외 충전시간}} [A] \quad (6)$$

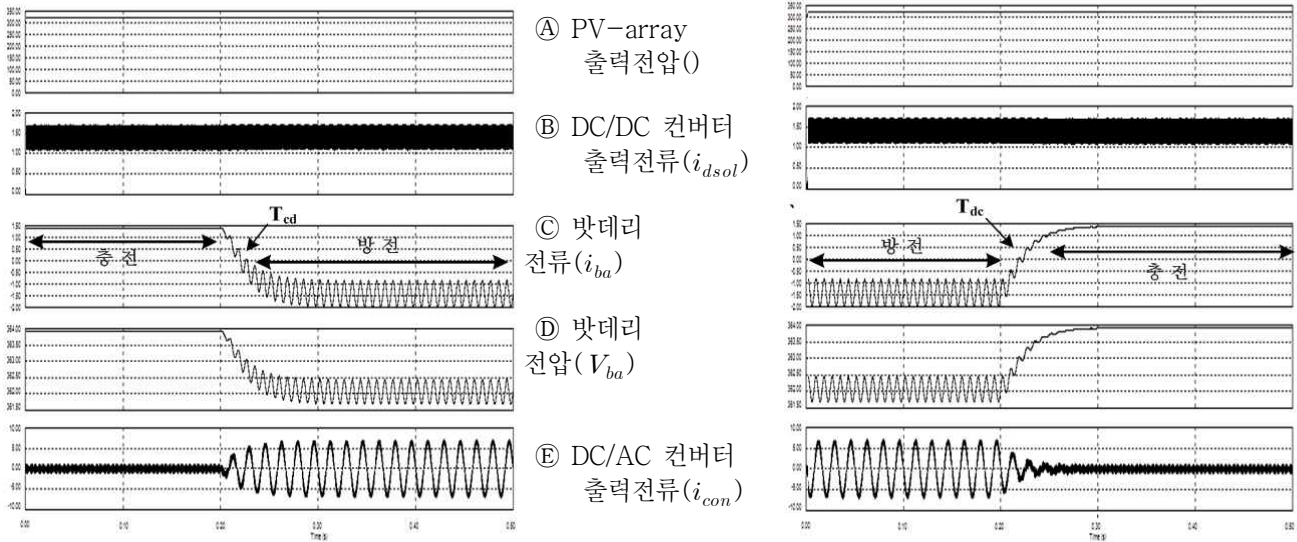
④ 전력 조절기를 사용하지 않는 Mode

그림3의 스위치 S_p 를 open 시킨 Mode로서 기존의 계통연계형 태양광 시스템과 동일한 형태이다. 전력의 피크 수요가 발생하는 때는 보통 한 여름에 발생하며 이 시간대 외에는 전력 예비율이 충분한 상태로 볼 수 있다. 이런 경우에는 스위치 S_d (blue)를 열어서 기존 시스템과 같이 운전함으로써 kWh 가치를 강조한 측면에서 PV시스템을 이용할 수 있는 Mode이다. 이 Mode에서는 DC/AC 컨버터의 운전 시간대는 PV-array의 발전 시간대와 동일하다.

5. 시뮬레이션

5.1 시뮬레이션 조건

현재 국내에서 가정용 계통연계 시스템의 표준 시스템은 3[kW]이다. 하지만 국내 가옥구조상 3[kW]의 PV-array를 설치하는 것은 공간상 문제를 안고 있어



(a) 충전-방전 Mode변환 특성 (charging to discharging transient) (b) 방전-충전 Mode변환 특성 (discharging to charging transient)

그림 5 배터리 조건이 바뀌었을 때의 UIPV 시스템의 동작 특성

Fig. 5 The dynamics of UIPV system when the conditions of battery changes

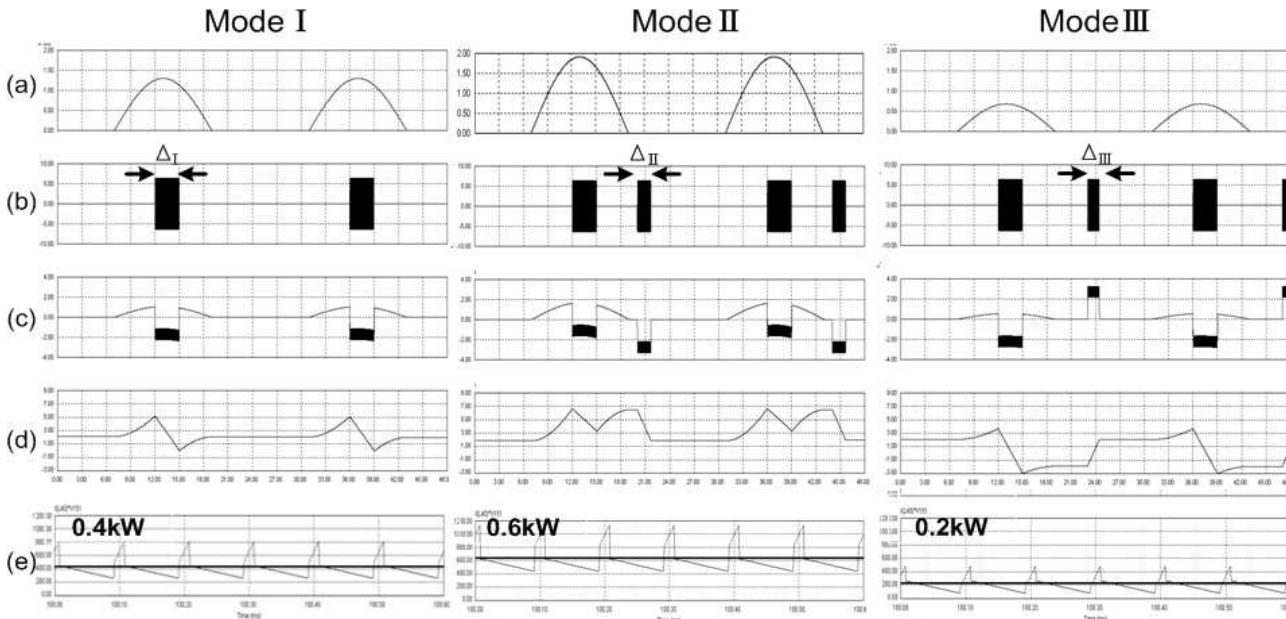


그림 6 모드별 시뮬레이션 결과의 비교

Fig. 6 Comparison of simulated results at each Modal operation

서 PV-array 정격을 1[kW]로 설정하였다. 정격 PV-array 전압은 50[kW]의 PV-array 20장을 직렬로 연결하여 340[V]로 설정하였다. 12[V] 배터리를 33개를 직렬로 연결하여 380[V]의 배터리 정격 전압, 방전

중지 전압과 충전 중지 전압으로 변동범위를 잡아 357~462[V], 내부저항을 0.66[Ω]으로 설정하였다. 여기서 배터리의 잔존용량은 수명과 관련이 있어 잔존용량이 0[%]시 충방전 한 사이클은 300이 되고, 잔존용

량이 50[%]가 되면 600사이클 정도가 되어 수명이 2배 정도 길어지게 된다. 만일 잔존용량이 70[%]가 되면 사이클이 1300정도 되어서 잔존용량 0[%]보다 수명이 4배 넘게 길어지게 된다. 본 논문에서는 일반적인 잔존용량의 설정을 고려하여 66[%]로 정의를 하였다. 잔존용량이 66[%]는 다시 말해 배터리용량이 6.6[kW]~10[kW] 사이에 있는 것이다. 기존 시스템 Peak-cut 효과는 35[%]~17[%]로 1kW 시스템의 경우에는 시간당 350~170[W] 피크컷 효과를 가지게 된다.

이 시스템은 피크부하 시간을 3시간으로 정의하기 때문에 피크부하 시간에 1050~510[W]가 피크컷 효과를 낸다고 말할 수 있다. 그러므로 피크컷 효과를 100[%]를 내기 위해서는 배터리에서 1950~2490[W] 공급이 필요하다고 생각할 수 있다. 악조건의 기상일 경우를 생각하면 PV-array에서 510[W]를 공급하므로 배터리에서 2490[W]가 필요하다(510+2490=3000). 그런데 배터리의 잔존용량은 6600[W] 아래로 내려갈 수 없으므로 최악의 경우 2490[W]가 피크컷 시간에 공급할 것을 생각하면 9090[W]가 피크컷 시간 이전에 확보되어야 한다. 그래서 초기값을 9090[W]로 설정하였고, 매일의 초기값을 9090[W]로 만들어 주기 위해 PV-array에서의 발전이 끝난 시간 이후에 배터리 잔존용량이 9090[W] 이상 시에는 9090[W] 잔존용량이 남겨지게 잉여전력을 계통으로 보낸다. 9090[W] 이하인 경우 계통연계형 인버터의 양방향특성을 이용하여 전기 사용이 적은 심야전기를 이용하여 배터리 잔존용량이 9090[W]가 될 때까지 충전을 한다. 그리고 초기값에서 피크부하 시간 전까지 PV-array에서 발전된 에너지를 충전하게 되는데 배터리가 만충전 되면 그 뒤로 발전된 에너지는 일반의 계통연계형 인버터처럼 계통으로 보내진다. 피크부하 이후도 PV-array에서 발전된 에너지를 충전하게 되는데 충전되는데 만충전시 피크부하 이전 시간처럼 보통의 계통연계형 인버터로 작동을 하게 되고 충전된 양이 9090[W]가 넘게 되면 PV-array에서의 발전이 끝나면 초과된 양이 잉여로 계통으로 보내지게 된다.

5.2 시뮬레이션 결과

시스템 운영방법인 그림 4를 관찰하면 PV-array의 처음 동작점 부터 침두부하 시간대에 진입하기 직전까지 PV-array에서 발전되는 모든 에너지는 전력저장 장치에 충전하게 된다.

그리고 침두부하시간에 진입하게 되면 전력저장 장치에 저장된 에너지는 침두부하 삭감효과를 위해 방

전하게 된다. 이 방전된 에너지와 침두부하 시간대에 PV-array에서 발생된 에너지는 인버터를 통해 출력이 된다. 침두부하 시간대가 지나면 다시 PV-array에서 발전되는 모든 에너지는 배터리에 충전하게 된다. 앞에서 언급한 충전에서 방전, 방전에서 충전의 Mode변환 특성을 시뮬레이션 하였다. PV-array 출력은 0.5[kW], 배터리 전압은 363[V], DC/AC 컨버터에서의 출력은 1[kW]로 설정하였다.

그림 5의 ㉔는 시스템 운전조건에서 설정한 PV-array의 출력을 나타내고 있다. 그림 5의 ㉕는 제안된 승압컨버터의 장점인 전력저장 장치에 들어가는 전류가 연속전류가 흐른다는 것을 나타내고 있다. 그림 5의 (a)중 ㉖, ㉗, ㉘에서는 충전Mode에서 T_{cd} 기점으로 방전Mode로 전환할 때의 배터리의 전류 및 전압, 그리고 DC/AC 컨버터출력 전류를 보여주고 있다. T_{cd} 부터 DC/AC 컨버터가 발전을 시작하므로 배터리 전류와 전압이 감소하기 시작하고, DC/AC 컨버터의 출력 전류는 교류가 되는 것을 알 수 있다. 그리고 DC/AC 컨버터 출력전류는 5주기후 정상상태에 도달하도록 소프트 스타트 기능을 내장하였기 때문에 서서히 출력이 증가하여 5주기 후 정상상태에 도달함을 볼 수 있다. 마찬가지로 그림 5의 (b)중 ㉖, ㉗, ㉘에서는 방전Mode에서 T_{dc} 기점으로 충전Mode로 전환할 때의 배터리의 전류 및 전압, 그리고 DC/AC 컨버터출력 전류를 보여주고 있다. T_{dc} 부터 DC/AC 컨버터가 발전을 정지하고 PV-array에서 발생하는 에너지를 충전하므로 배터리 전류와 전압이 상승하기 시작하고, DC/AC 컨버터의 출력 전류는 0이 되는 것을 볼 수 있다.

위에서 UIPV시스템의 배터리와 인버터의 정상적인 동작을 확인하였다면, PV출력의 과발전, 부족발전, 평발전에 따른 배터리의 이용과 동작모드를 설명하기 위한 시뮬레이션의 결과는 그림 6에서 확인할 수 있다. (a)는 하루 동안 일사량의 변화에 따른 PV출력을 나타낸다. (b)는 인버터 전류(-icon)를, (c)는 배터리 충전전류 iba, (d)는 배터리 에너지 레벨을 나타내며, (e) 인버터의 순시 전력으로, 실선은 평균전력을 나타낸다. 모드 1의 평발전에서 UIPV 시스템은 에너지 평형상태에 도달 한다.

즉, 배터리로의 에너지 충전 A와 A' 과 같은 양의 에너지가 배터리로부터 방전되는 것을 그림 4에서 보여준다. 모드 2에서 일사량의 증가로 인해 PV출력은 과발전을 하게 되며, 에너지를 더 생산한다. 그때의 잉

여 에너지는 침두 부하 3시간이 지난 후 특정 시간 동안 계통으로 보내지게 되므로, 인버터와 배터리에 의해 외부로 보내지는 잉여 에너지는 모드 1의 에너지보다 많게 되는 것이다. 모드 3에서 PV출력은 모드 1보다 적게 되는 부족발전이 된다. 이렇게 부족한 전력은 외부로부터 1kW의 전력 정격용량을 유지하기 위해 보충되어 진다. 실제로 전력사용이 적어지는 새벽시간을 이용하여 ΔⅢ 동안 부족량은 220[v] AC 계통에서 보충되어지는 것을 그림 6[b]에서 보여주고 있다.

6. 비교분석

기존의 PV시스템 출력은 여러 가지 자연조건에 의존하기 때문에 변화가 심한 출력을 가지고 있다. 그러나 제안된 시스템에서의 출력전력은 추가된 배터리로 부하가 집중되는 낮시간 3시간 동안 1kW를 유지한다. 즉 다시 말해 PV시스템의 출력의 변화에도 일정한 1kW전력을 유지하는 제안된 PV시스템이 갑작스런 전력사용의 집중으로 상대적으로 많은 전력이 요구되는 낮 3시간 피크타임 동안 매우 높은 침두부하 삭감 작용을 한다는 것을 확인하였으며, 이러한 제안된 시스템의 운용모드를 평가하기 위해서는 기존의 PV시스템과 비교하였다.

우선 설치면적에 대한 비교로써 기존에 비해 제안방식의 경우 약 1/3로 대폭 줄어든다. 그러나 실제 배터리뱅크를 위한 면적이 필요하지만 이를 어레이 경사면 아래에 위치시키면 사실상 추가되는 면적은 없을 것으로 판단된다. (이때 열과 관련된 손실 및 수명과 관련된 부분은 차후 연구에 고려하고, 본 논문에서는 배제하였음)

표 2 기존의 3[kW] 급 및 제안된 1[kW]급 시스템의 비교표
Table 2 The comparison table between the conventional 3-kW system and the proposed 1-kW system

		Conventional 3kW System	Proposed 1kW System
Installation space of PV array		25.5m ²	8.5m ²
System cost	System	\$15,878.4	\$4,980.6
	Battery	0	\$2,133.0
	cost	\$15,878.4	\$7,113.6
Power amount of peak cut		0.51~1.05[kW]	1[kW]

총 소요비용 면에서는, PV모듈의 가격을 \$267.64이라 하면 기존 3[kW] PV시스템의 단가는 \$15878.4로 계산되고, 제안된 1[kW] PV시스템의 경우 신재생에너지용 배터리 비용 \$2133의 추가비용을 포함하여 \$7113.6으로 볼 수 있어 결과적으로 총 소요비용이 약 44[%] 줄어든다. 이때 사후유지관리 비용을 추가하더라도 총 비용은 줄어들게 된다.

마지막으로 침두전력저감의 효과인데, 이는 충분한 운전결과가 없어 결론을 내리기에는 무리하지만 기존 시스템이 실제 최대로 33[%]에서부터 최소 17[%]에 이르는 것과 앞에서 언급한 운전방법에 따라 예상되는 결과로 추정해 보면 분명히 침두부하저감에는 뚜렷한 효과가 있을 것으로 예상 된다. 즉 단위 kW당 침두부하절감전력의 비율로 피크컷 용량을 정의한다면 제안된 시스템의 용량을 1이라고 할 경우 기존 시스템의 용량은 0.17~0.35에 해당된다. 그러므로 제안된 시스템은 기존의 시스템보다 2.86에서 5.86배 만큼의 피크컷 용량을 증대시킬 수 있는 것이다. 그러나 제안시스템의 경우 배터리를 충전하는 추가비용이 들어가게 되고 또 배터리의 교체 등으로 인한 추가비용이 소요되는 등의 취약점은 있으나, 침두부하절감기능을 빌딩 등 대규모부하 또는 시스템에 적용시킨다면 전체 소요비용은 축소될 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 기존시스템과 제안된 시스템의 PV-array설치면적, 비용, 침두부하삭감효과전력량에 대한 비교를 그림 7에 나타내 보았다.

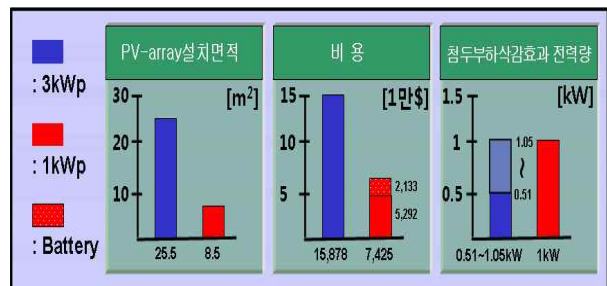


그림 7 기존의 3[kW] 급 및 제안된 1[kW]급 시스템의 비교그래프

Fig. 7 The comparison graph between the conventional 3-kW system and the proposed 1-kW system

7. 결 론

침두부하 삭감효과를 개선하기 위해, 배터리 같은 에너지 저장장치를 갖는 UIPV시스템의 개선된 운용방법이 본 논문에서 제안되었다. 제안된 시스템에서 전력

저장 디바이스의 추가와 연평균발전량의 분석과 개선된 운용모드의 제안을 통하여 PV-array의 용량을 1/3 가량을 줄여도 기존의 3[kW]시스템 수준의 kW가치를 유지할 수 있는 이용률이 높은 시스템을 시뮬레이션으로 그 타당성을 확인하였다.

앞으로의 연구에는 제안된 시스템 내에서 에너지의 흐름에 따른 손실분석 및 컨버터에서 발생하는 리플성분으로 인한 계통의 영향등을 분석하여 개선된 운용방법을 적용한 UIPV시스템의 효율을 극대화시키는 방향의 연구가 필요 할 것이다.

이 논문은 지식경제부 (R-2007-1-015-01) 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] H. Nagayoshi et al, "Peak-power reduction with 100kW PV and battery combined system at Shonan Institute of Technology", Solar Energy Materials & Solar Cell 67, pp. 601-609, 2001
- [2] Hong-Sung Kim et al., "Advanced grid connected PV system with functions to suppress disturbance by PV output variation and customer load change", Solar Energy Materials & Solar Cell 67, pp. 559-569, 2001.
- [3] Dan H. Wloaver, Phas-Locked Loop Circuit Design, Prentice Hall, pp. 9-44, 1991.
- [4] 김말수, "독립운전기능을 갖는 계통연계형 태양광 발전시스템의 설계", 충북대학교 공학석사 학위 논문, 2003.
- [5] 에너지관리공단 신재생에너지센터, 발전차액지원제도 최종보고서 pp. 207-, 제4장 월별 운전실태 및 비교분석, 제1절 태양광발전, 2006.
- [6] 황인호, 안교상, "분산전원 태양광발전시스템의 단독운전 검출기법", 전력전자학술대회 논문집, pp. 64-67, 2005.
- [7] Shinji Wakao, Hiromitsu Takano I, Takeshi Motegi, "Computational Simulation of Peak Cut System Composed of PV Power Generation and Storage Battery", 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Osaka, Japan, poster2407-2407, May 11-18. 2003.

저 자 소 개



김영식(金永植)

1980년 3월 28일생. 2007년 건국대 공대 전기공학과 졸업. 2007년~현재 동 대학원 전기공학과 석사과정.



바이스갈랑

1982년 7월 3일생. 2005년 몽골 과학 기술대학교 기계전자학과 졸업. 2008년 건국대 공대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.



허혜성(許慧星)

1981년 8월 6일생. 2006년 건국대 공대 전기공학과 졸업. 2008년 동 대학원 전기공학과 석사졸업. 2008년~현재 POSCON 연구원.



최규하(崔圭夏)

1955년 7월 24일생. 1978년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1987년~1988년 미국 오레곤 주립대 전기공학과 Post-Doc. 1998년~1999년 버지니아주립대 교환방문교수. 1997년~1998년 건국대 연구처 처장. 1996년~현재 건국대 산업기술연구원 인버터제어기술연구센터 소장. 1999년~현재 건국대 부설 전력전자기술연구센터 소장. 2002년~2004년 건국대 교무처 처장. 1996년~현재 전기안전공사 전기안전기술 자문위원. 현재 건국대 전기공학과 교수. 2007년~2008년 당 학회 회장 역임.