

전력저장장치를 적용한 주택용 PV시스템에 관한 연구

나종덕\*, 박정국\*, 박정민\*, 이강연\*, 백형래\*, 조금배\*  
\*조선대학교

A study on the Residential PV system with BESS

Zheng-guo Pia\*, Jeong-min Park\*, Kang-yeon Lee\*, Hyung-lae Baek\*, Geum-Bae Cho\*  
\*CHOSUN UNIVERSITY

**Abstract** - In this paper presents residential PV system based on battery energy storage system for managing the electric power, a pattern of daily operation considering the load characteristic of the house, the generation characteristic of PV power, and utility power leveling. For apply to control algorithm, we consider the load on monthly power consumption trend and daily usage pattern. As for the control of the proposed system, to increase the conversion efficiency of the PV power, bidirectional converter is used for MPPT and SVPWM inverter. An experimental system is implemented, and some experimental results are provided to demonstrate the effectiveness of the proposed system.

1. 서 론

태양광발전시스템은 태양광을 에너지원으로 하여 직류 전력을 발전하는 태양전지 어레이와 전력변환장치로 구성되며 발전시스템의 종류에 따라서 상용과의 연계역할도 하여야 한다.

계통연계형 태양광발전시스템은 발전전력이 없는 밤에는 계통으로부터 전력을 공급받을 수 있기 때문에 독립형보다는 계통연계형 태양광발전시스템이 안정적이고 상용전력의 부하분담효과에 어느정도 실효를 거둘것으로 내다 보고 있다. 그러나 이런 계통연계형 발전시스템은 그 원천이 계통에 있으므로 실질적으로 계통(상용전력)에 문제가 발생할시 태양광발전시스템이 다운되는 문제점을 앓고 있다.

따라서 본 연구에서는 이런 현상을 없애고자 소규모의 계통연계형 태양광시스템의 계통에 이상이 발생하여도 부분적으로 독립운전이 가능하도록 BESS(Battery Energy Storage System)시스템을 구성하여 일부하에 전력을 안정적으로 공급하고 주거용 부하의 용량에 따라 계통으로의 전력을 되돌려주어 가정용부하가 피크인 야간시간대의 부하를 중점적으로 분담하도록 설계함으로써 전체계통에서는 전력의 분담효과를 거두고 낮시간대의 잉여전력을 계통에 공급함으로써 사무실 등과 같은 낮시간대에 부하가 많이 걸리는 곳에 공급할 수 있는데 역점을 두어 시스템을 구성하였고 실험을 행하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

계통연계형 태양광발전시스템은 계통에 문제가 발생할시 부하에 전력을 공급하지 못하는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 보완하고자 소규모의 계통연계형 태양광시스템의 계통에 이상이 발생하여도 부분적으로 독립운전이 가능하도록 BESS시스템을 구성하여 부하에 전력을 안정적으로 공급하기위한 시스템을 제안하였다. 그림 2-1은 제안된 시스템의 구성도를 나타낸다.

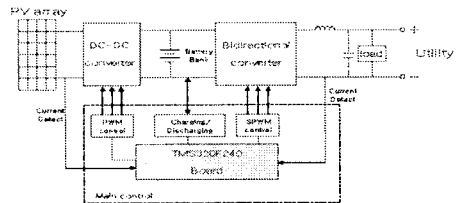


Fig. 2-1 Configuration of the proposed system

2.1.1 인버터

본 논문에서 구현한 인버터시스템은 DSP를 이용한 제어를 통하여 태양전지의 최대전력점에서 동작하도록 전류를 검출하고 입력단자 전압 및 인버터 출력단의 전류 및 전압을 검출한다. 이는 상용전원과 인버터 출력전압과 동기추종전압을 검출하기 위함이다. 연계운전은 전압형 전류제어방식(정현파 PWM)으로 하며, 정격출력 3kW, 정격입력전압 DC 340[V], 직류 입력전압범위는 DC 200-350[V], 전력제어는 태양전지 최대전력점 추적 제어(MPPT)를 하며 정격출력전압은 AC 220[V], 전력변환효율은 90%이상이다. 그림 2-2는 실험에 사용된 인버터 사진이다.

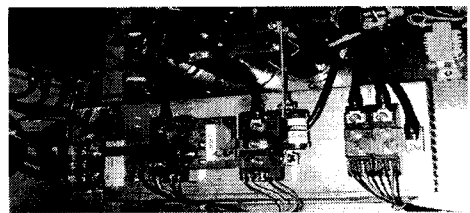


Fig. 2-2 Photograph of the inverter using experiment

본 논문에서의 인버터 구동회로는 그림 2-3와 같다. PWM ROM으로부터 출력되는 신호는 트랜지스터에 의해 포토크플러에 의해 출력되는 신호는 Q2와 Q5의 준 콤포지터리 회로를 구동하고 구동된 전류 증폭은 Q3을 구동하고 최종 IGBT를 구동하여 인버터의 출력을 얻는다. 여기서 D1-D5은 IGBT의 역 바이어스를 위한

것으로 게이트와 소스간의 잔류 이온을 역으로 흘려 주파수 응답 특성을 개선할 수 있도록 하였다. 이 구동 회로로부터 작동되는 인버터의 회로는 그림 2-4과 같다. 여기서 Q5는 유도부하시 부하로부터 발행되는 역기전력이 스위칭 소자를 파괴할 수 있으므로 과다 회생 제동시 전원전압이 일정 부분 상승할 경우에 이를 열로 소호할 수 있는 회로를 부가 하므로써 유도 부하에서도 안정성이 확보 되도록 하였다.

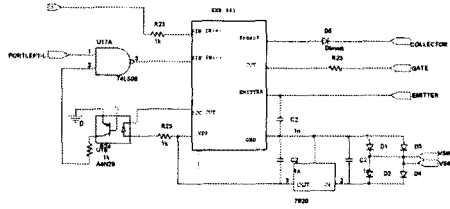


Fig. 2-3 Circuit of IGBT driver

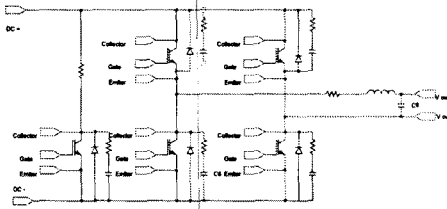


Fig. 2-4 Circuit of IGBT power module

### 2.1.2. 태양전지 모듈

본 연구에 사용된 태양전지 모듈은 단결정 실리콘으로 개방전압 21.0[V]에 정격전압 17.4[V]이며, 단락전류는 3.35[A]에 정격전류 3.04[A], 오차범위가 10%인 정격용량 53W로 전력변환효율은 14% 이상이고 수명은 20년이 상으로 전체 설비용량은 3[kW]로 설치하였다.

### 2.1.3. 배터리

배터리는 정격전압 12[V] 50Ah(20hr) 델코사 Hi-Ca50 제품 16개를 직렬연결하여 직류 192[V]를 얻고 최대 충전시 210[V]까지 얻을 수 있었다. 총용량 10[kWh]이다. 충진율이 100%인경우가 드물고 완전 충전시까지 시간도 오래 걸리므로 일반적인 충진율 80%정도의 효율을 기대할 수 있다. 그러나 보통의 경우 완전방전상태까지 전력을 운용하는 경우는 극히 드물어 전체용량의 40-60%정도만 사용하는것이 이상적인 운전이다. 따라서 충전장치의 적절한 전력사용가능량은 4-6[kW]정도로 이는 본 연구에서의 나타난 가정용부하의 피크시간대의 전력을 충분히 감당할 수 있다. 그림 2-5는 실험에 사용된 배터리 사진이다.

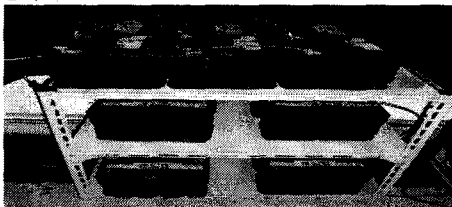


Fig. 2-5 Photograph of the battery using experiment

## 2.2 소비전력과 PV발전전력

### 2.2.1 전력사용가의 소비패턴

본 연구에서는 1일 소비전력량의 사용추이를 알아보기 위한 조건으로는 전력사용량이 많이 늘어나는 추세를

감안하여 실 주거인원 4명, 32평형 거주자를 샘플링하여 조사하였는데 춘계때(4월) 측정된 것이다. 월 사용전력량 300[kWh], 하루 전력사용량 평균 10[kWh]정도로 나타났는데 조사에 표본이 된 가정의 부하에는 거실 전등 6개(20W), 안방 전등 2개(40W), 작은방 2개에 전등 2개(각 40W), 세면장 2곳 전등 2개(60W), 주방 전등 2개(각 40W)와 냉장고(500W), 김치냉장고 (300W), 전자렌지(500W), 런닝머신(1kW), TV 2개(300W), 오디오등이었다. 1일 시간대별 전력 소비패턴은 그림 2-6에 보여주고 있다.

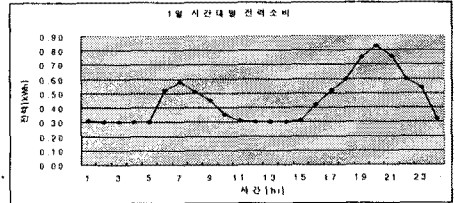


Fig. 2-6 Power usage of a day

### 2.2.2. 발전전력

그림 2-7은 1일 수용가의 전력사용량과 PV어레이의 전력발생량을 비교한 것으로 PV어레이의 발전전력은 낮 시간대에 최대 전력을 생산하는데 반해 수용가의 소비전력은 야간시간대에 최고임을 알 수 있었다. 야간시간대의 소비전력량은 시간당 0.7-0.8[kW]로 나타났으며, PV어레이 최대발전전력은 낮 시간대에 시간당 2.3[kW] 정도로 발전되는것을 알 수 있었다.

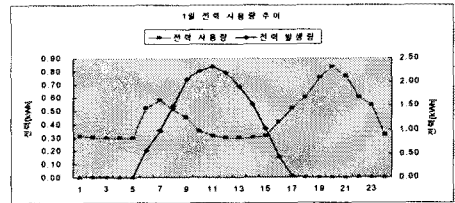


Fig. 2-7 Comparison graph of the PV generation & power consumption a day

그림 2-8은 전력저장장치에서 전력의 입출력 상황을 보여주고 있는데 제어장치에 의해 전력의 일률적인 충방전 상태로 기저부하대인 23시부터 아침 6시까지는 계통에 이상이 없는 경우 계통으로부터 전력을 받아 부하에 사용하고 저장시스템에도 전력을 공급하여 충전하고 있으며 가정용부하의 피크시간대인 18시부터 22시까지 전력을 전담하고 있다. 전력저장장치에서 평상시 감당하는 부하량은 약 3.4[kW]임을 알 수 있었다.

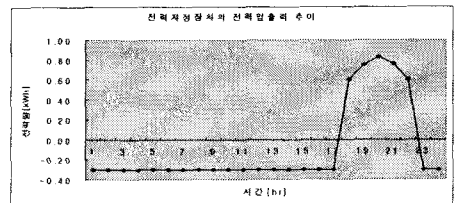


Fig. 2-8 Power flow of the BESS

그림 2-9는 계통쪽에서의 전력입출력 추이를 보여주는 것으로 낮시간대에는 계통으로 전력을 공급하는 PV전력이 공장이나 사무실등의 부하는 감당하는데 사용할 수 있을것으로 보인다. 또한 가정용부하의 경우 피크시간대인 18시부터 22시까지는 계통으로부터 공급받는 전력이 없으므로 부하분담에 효과가 있을 것으로 나타났다.

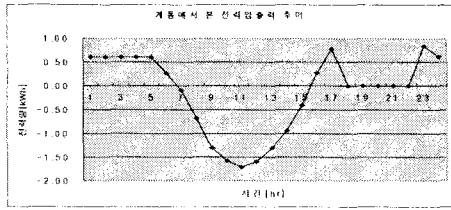


Fig. 2-9 Power flow of the utility

### 2.3. 실험결과 및 고찰

시스템을 구성하여 인버터측, BESS의 충전·방전시, 계통전력 이상시 부하에의 전력공급을 실험을 하였다. 시스템은 정상적으로 동작하고 계통이상을 가정하여 실험을 행하였으며 다음과 같이 파형과 함께 나타내었다.

그림 2-10는 부하를 연결하여 전압과 전류의 출력을 확인한 것이다. 그림 2-11는 배터리로 부터 전력을 공급받고 있을 때 부하급변시 전류파형을 살펴본 파형이다. 그림 2-12는 배터리로 부터 전력을 공급받을 때의 전압전류 파형으로 실부하시 모터부하(정소기)를 사용한 것으로 전류의 리플이 많은 것을 볼 수 있다. 그림 2-13는 배터리로 전력을 저장중에 계통의 이상으로 배터리에 의해 전력을 공급받는 순간을 보여준다. 배터리 저장 전류는 일정하게 흐르다가 실부하로 전력을 잘 공급하는 것을 볼 수 있다.

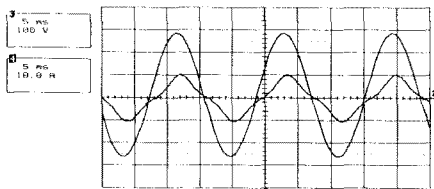


Fig. 2-10 Inverter voltage & current waveform at real load

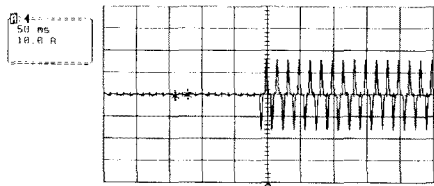


Fig. 2-11 Current waveform at the sudden change load

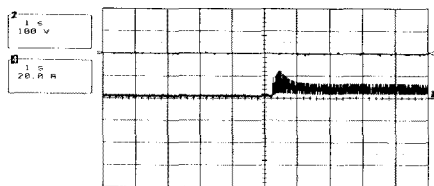


Fig. 2-12 Voltage & current waveform at the power supply from battery

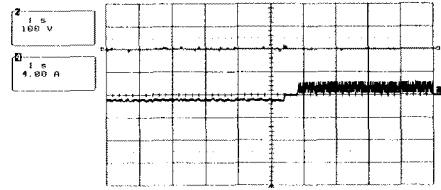


Fig. 2-13 Voltage & current waveform at the utility problem while battery charging

### 3. 결 론

본 논문에서의 주된 연구내용은 주거용 계통연계형태양 광발전을 기본으로 전력저장장치 시스템(BESS)을 연계 하여 주거용 부하를 감당하는 방안을 제안하였다.

첫째, 제안된 시스템으로 전력공급의 안정화를 꾀하고 전력의 수급에 있어 안정적인 운전이 가능하였다. 또한 전체 소비전력중 상당부분을 주거용의 피크시에 감당하고, 낮 시간대의 잉여전력을 계통으로 보내 낮 시간대에 소비가 늘어나는 사무실등의 부하분담을 할 수 있을 것으로 사료된다.

둘째, 계통연계운전시 양방향컨버터를 통한 충전과 부하에 적절히 전력이 공급되었으며 가상적인 계통의 이상시에도 배터리로 부터 부하에 적절히 전력을 공급하였다. 그러나 향후 상용계통의 장시간 고장시의 안정적인 전력 공급은 문제점으로 남을 것으로 사료된다.

셋째, 시스템 구성결과 정전등 계통의 이상시 배터리전력이 원활히 부하에 공급됨을 알 수 있었다.

또한 태양광발전의 전력이 충분할 때에는 배터리로 충전을 시키고, 태양광발전이 되지 않는 시간대의 장시간의 계통이상시에는 배터리만으로 부하에 전력을 공급하지만 용량큰 배터리를 사용할 경우 많은 고비용이 소요되므로 경제적인 단점을 극복하기 위하여 적당한 용량(약 5시간=2kW\*5=10kW)의 배터리를 사용하기 위해 단계적인 부하의 감축이 필요한 시스템을 설계하는것이 필요할 것으로 사료된다.

추후 연구과제로는 배터리의 수명과 용량에 관련한 연구추이에따라 계통의 장시간 이상시 전력 수급의 불안을 자체적으로 해소할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있을 것으로 본다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Fumio Harashima and seiji Kondo, "Optimal Power Flow Control of Photovoltaic Solar Energy System", Institute of Industrial Science, University of Tokyo, 7-22-1, Roppong, Minato-ku, Tokyo 106, JAPAN, 1998.
- [2] J. H. R. Ensli, "Maximum Point Tracking : A Cost Saving Necessity in Solar Energy Systems", IEEE PESC '90, Vol. 1 , pp. 1073-1077, 1990.
- [3] H. J. Noh, D. Y. Lee, D. S. Hyun, " An improved MPPT converter with current compensation method for small scaled PV-applications", IEEE IES, Vol. 2 , pp. 1113-1118, 2002.