

# 기후조건 및 실부하패턴을 고려한 태양광 시스템 최적 운전기법

논문
58-12-13

## Photovoltaic System Operation Optimal Technique Considering Climate Condition and Residential Loads Pattern

문희성\* · 최규영\*\* · 김종수\*\* · 이영국\*\*\* · 이병국†  
(Hee-Sung Moon · Gyu-Yeong Choe · Jong-Soo Kim · Byoung-Kuk Lee)

**Abstract** - Based on the detailed analysis of output characteristics of PV array and residential load usage pattern, a design method to calculate optimal battery capacity for stand-alone PV generation systems is proposed. And also, according to power flow Actual irradiation and temperature data are analyzed to compose a PV array simulator and also six representative home appliances are electrically modeled for load simulator, along with 24hours usage pattern. The surplus and insufficient power can be calculated from the proposed simulation platform, so that selection of an optimal battery capacity can be possible. The theoretical analysis and design process will be explained, along with informative simulation results.

**Key Words** : Battery, Stand-Along PV system, Optimal battery design, PV modeling, Load modeling

### 1. 서론

최근 다양한 형태의 에너지를 복합적이고 효과적으로 활용하기 위해서 하이브리드 시스템에 대한 관심이 고조되고 있으며 무정전 전원시스템, 배터리 충·방전 시스템, 연료전지와 태양전지 등 대체에너지를 위한 독립전원시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 낙도와 같이 상용전원의 공급이 불가능한 도서지역에서는 태양광발전이나 디젤발전시스템과 같은 독립전원이 필수적이고, 현재 설치되어 운용되고 있다. 현재 국내 유인도 섬 464개 중 270여개의 도서가 디젤발전기에 의한 제한송전, 또는 전력을 공급받지 못하고 있다. 기존발전방식의 해저케이블을 통한 송전설비의 투자비나 기술적인 문제점 등을 감안하면 독립형 태양광발전시스템 (Stand-Along Photovoltaic System)은 기존 발전방식과 경쟁 가능한 전원으로 자리매김할 수 있다 [1-4].

태양광 발전은 Grid와의 연결 여부에 따라 계통연계형과 독립형으로 나뉘며 본 논문에서는 독립형 태양광 발전을 타겟으로 삼았다. 태양전지의 경우 기상변동에 따라 출력이 예민하게 변화한다는 특징을 가지고 있으며, 따라서 독립형 태양광 발전에서는 24시간동안의 일사량과 온도의 데이터를 바탕으로 한 발전 양상을 가지고 연구를 진행하여야 하며 오랜 기간에 걸쳐 누적된 기상 데이터를 바탕으로 할 경우

발전 양상을 정확히 예측가능 하다.

계통연계형 태양광 발전과 다르게, 독립형 태양광 발전의 경우 자연조건에 의존하는 특성으로 인하여 전력공급의 안정성 및 지속성에 있어 단점이 있으며 발전전력이 직접 부하에 전달되기 때문에 태양전지로부터의 출력전력과 부하의 필요전력 사이의 에너지 밸런스가 무엇보다 중요하다. 독립형 태양광발전 시스템에서 출력전력과 필요전력 사이의 에너지 총 합이 0이 아니므로 에너지 저장장치가 필수적으로 필요하게 되며 정격부하를 초과하고 남은 잉여전력은 배터리에 충전되고, 부하량보다 부족하면 방전하도록 운전한다. 현재까지 진행된 많은 연구들은 순시적으로 변하는 실제 일사량과 부하량을 고려한 것이 아니라 일사량을 일정하게 두거나 스텝으로 변화시켰기 때문에 실제 에너지 밸런싱 양상과 그에 따른 배터리 용량 최적산정이 이루어 지지 않은 실정이다.

따라서 본 논문에서는 2007년도의 전체 일사량과 온도 데이터를 바탕으로 하여 하루 24시간동안의 평균적인 발전패턴과 하루 동안 가정에서 소비하는 부하들을 전기적으로 모델링한 부하모델링을 이용하여 하루 동안의 실제 에너지 변동 양상을 추출해냈으며 실시간으로 변하는 입력전력과 부하용량의 변동에도 항상 일정한 전압을 공급하도록 배터리 용량산정을 하였으며, 시뮬레이션 Scale에 맞도록 배터리 용량을 Scale-down하여 전체 시스템 제어를 시뮬레이션을 통해 이를 검증하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 전원 및 부하모델링 [5]

출력전력과 부하의 필요전력 사이의 균형이 중요한 독립형 태양광발전의 경우 발전양상과 사용전력 추이를 살펴보

\* 준회원 : 성균관대 전자전기컴퓨터 공학과 석사과정  
\*\* 정회원 : 성균관대 전자전기컴퓨터 공학과 박사과정  
\*\*\* 정회원 : 현대자동차 하이브리드설계팀 선임연구원 · 공박  
† 교신저자, 시니어회원 : 성균관대 전자전기컴퓨터공학과  
조교수 · 공박

E-mail : bkleeskk@skku.edu

접수일자 : 2009년 10월 15일

최종완료 : 2009년 11월 21일

기 위해서 전원인 태양광발전의 모델링과 부하의 모델링이 필요하게 된다. 본 절에서는 2007년의 신뢰도 있는 자료를 이용하여 24시간동안 기상조건을 고려한 실제적인 태양전지 시뮬레이터를 구현하였으며, 또한 24시간동안 가정용 6대부하의 사용패턴 통계자료를 이용하여 부하모델링을 수행하였다.

2.1.1 기상조건을 고려한 태양전지 시뮬레이터

본 논문에서 시뮬레이션 시 적용한 일사량과 온도는 다음과 같은 방법으로 구하였다.

- ① 계절별/시간별 일사량 구하기
  - 2007년 수원의 1시간단위로 나타내어진 일사량 데이터 수집
  - 일사량을 단위시간동안 일사합인 MJ/m<sup>2</sup>에서 W/m<sup>2</sup>으로 단위 변환
    - J 단위에서 Wh단위로 변환 (1J=1/3600Wh)
    - MJ/m<sup>2</sup> 에서 MWh/m<sup>2</sup>으로 단위 변환
    - Mega 단위를 없애기 위해 10<sup>6</sup>×Wh/m<sup>2</sup>으로 변환
    - MJ/m<sup>2</sup> 단위시간 별 일사량을 이용했으므로 실제로는 MJ/m<sup>2</sup>h로 생각할 수 있으므로 Wh/m<sup>2</sup>의 h 상쇄 가능
    - W/m<sup>2</sup>로 단위변환 할 수 있음
  - 단위 변환된 일사량 데이터를 계절별/시간별 평균데이터로 변환
  - 계절별/시간별 평균 일사량을 하루의 데이터로 나타내어 시뮬레이션에 적용
- ② 계절별/시간별 모듈온도 구하기
  - 2007년 수원의 10분 단위로 나타내어진 온도(외기 온도) 데이터 수집
  - 외기온도를 모듈온도로 변환 [6],[7]
    - 외기온도를 이용하여 모듈온도 구하는 수식 이용

$$T_c = T + (NOCT - 20/0.8) \times \frac{s}{800} \quad (1)$$

T<sub>c</sub> : 모듈온도 [°C]  
 T : 외기온도 [°C]  
 NOCT : 공칭 동작 온도 [°C]  
 s : 일사량 [W/m<sup>2</sup>]

- 모듈온도 데이터를 계절별/시간별 평균데이터로 변환
- 계절별/시간별 평균 모듈온도 데이터를 하루의 데이터로 나타내어 시뮬레이션에 적용

태양전지는 일사량의 모듈온도보다 큰 영향을 미치기 때문에 태양전지로부터 발전되는 발전전력 양상은 일사량과 유사하게 되어 그림 1과 비슷한 추이를 보인다.

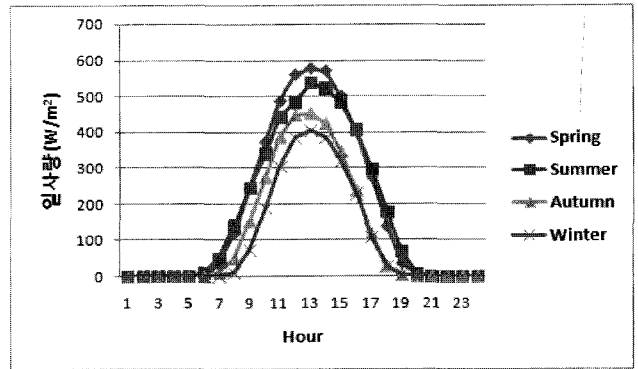


그림 1 시간별 일사량 변화  
 Fig. 1 Variation of irradiation every 1 hour

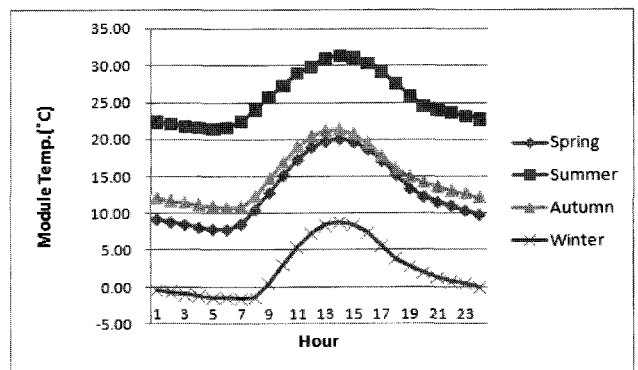


그림 2 시간별 모듈온도 변화  
 Fig. 2 Variation of module temperature every 1 hour

시뮬레이터의 입력으로 사용되는 일사량과 모듈온도의 계절별/시간별 평균을 구하면 그림 1, 그림 2와 같다. 이를 이용하여 시뮬레이터의 출력인 Power 로 나타내면 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

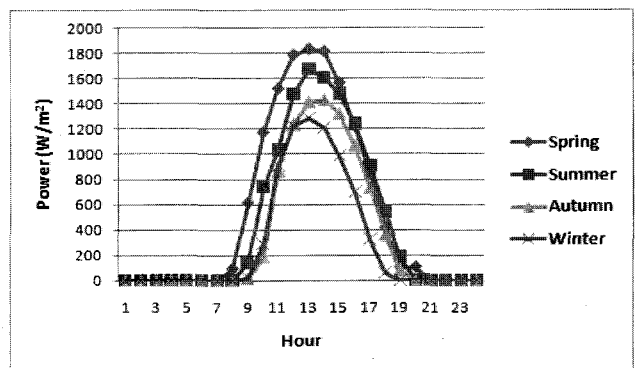


그림 3 시간별 출력전력 변화  
 Fig. 3 Variation of generated power every 1 hour

2.1.2 6대 가전부하 모델링

가정에서 사용하는 부하들(가정용 부하)은 대부분 TV, 냉장고, 컴퓨터 등과 같은 정류부하이다. 에너지관리공단의 자료를 바탕으로 특별히 일일 가전기기 사용량의 62%를 차

지하고 있는 가정용 6대 부하를 선택하여 계절별 소비전력 패턴을 그림 4에서 보여주고 있다.

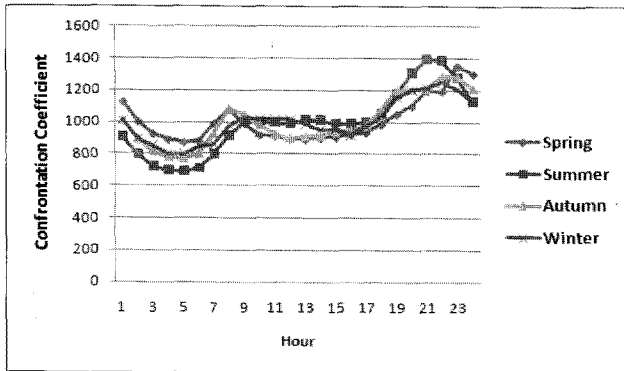


그림 4 시간별 부하 전력사용량  
Fig. 4 Power consumption of home appliances every 1 hour

여기서 말하는 가정용 6대 부하는 냉장고, TV, 밥솥, 컴퓨터, 세탁기, 에어컨이다. 그림 3의 전력 패턴을 살펴보면 전력 사용량은 가정 구성원이 주로 집에서 활동하는 오전 시간과 오후, 가정부하가 집중되는 일몰 시간대 이후에 더 상승한다. 봄, 가을, 겨울은 비슷한 패턴을 보이고 있으나 여름에는 에어컨의 사용으로 20시쯤에 더 많은 전력을 사용하고 있다. 가정용 부하의 사용시간과 정격소비전력을 바탕으로 R과 C의 수동소자로 모델링을 하기 위하여 각 부하의 정격전력을 표 1과 같이 나타내었다.

표 1 6대가전기기 사용 비율 및 정격소비전력  
Table 1 Percentage and Power consumption of 6 number of home appliances

분류	기기명	사용 비율	정격소비전력(Wh)
냉장고	zipel / SRT686UTCE	21	개폐없이 29,400 (1month) 개폐시 60,000 (1month)
TV	PAVV / SPD-42Q92HD	14	410 (LCD 180Wh)
전기 밥솥	쿠쿠 / CRP-HES1010FI/IH	11	취사 중 : 1,100 보온 중 : 135
컴퓨터	삼성 / DB-Z60 + CX930T	7	PC : 240(W) 모니터 : 38
세탁기	Hauzen/SEW-HKR 149ATA	5	일반세탁 : 150 가열 : 2,100 / 건조 1,900
에어컨	Hauzen/HPHC290R *2T	4	냉방 : 2,600 난방 : 2,670
Total		62	

본 논문에서 선정된 6대 가전기기들의 전력 사용 타이밍에 대해 나타내면 그림 5와 같고 사용시간과 정격소비전력을 바탕으로 R과 C의 수동소자로 모델링하기 위해 그 값을 결정하면 표 2와 같다.

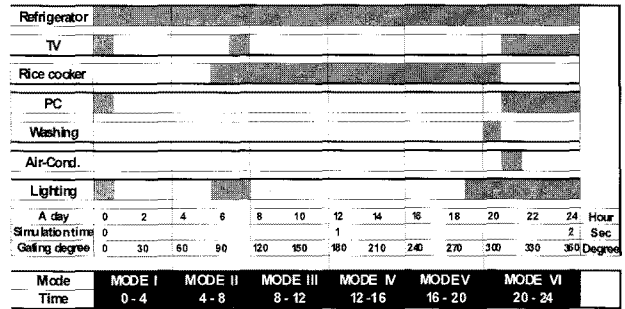
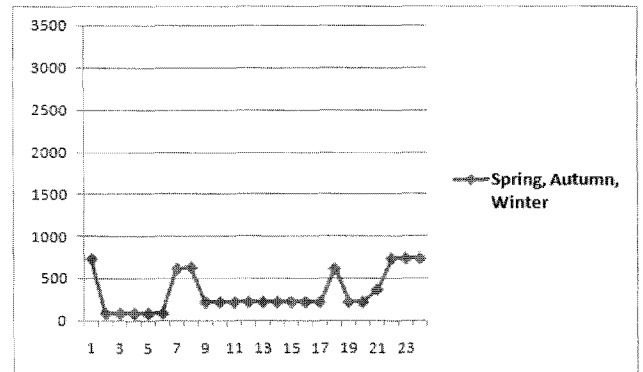


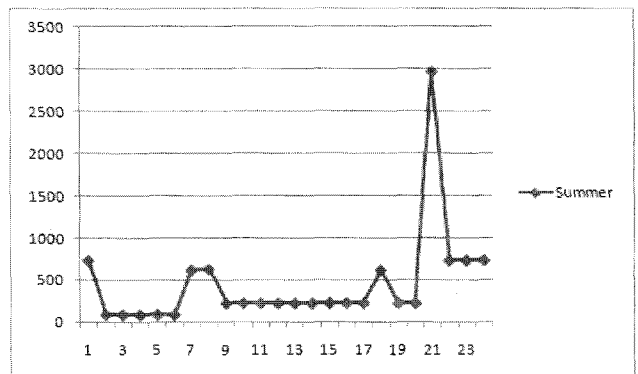
그림 5 6대 가전기기의 전력사용 패턴  
Fig. 5 Consumed power pattern of home appliances

표 2 6대 가전기기의 전기적 특성 모델링  
Table 2 Electrical modeling of 6 number of home appliances

Item	Power (W) x Time (h)	Watt Hour (kWh)	Devices	R (ohm)	C (uF)
냉장고	83 x 24	1.992	C+R	583.13	680
TV	410 x 6	2.46	C+R	118.04	680
전기밥솥	1,100 x 0.5	0.55	R	44	-
PC	240 x 5	1.2	C+R	1,273.6	680
세탁기	1,250 x 1	0.15	C+R	322.67	680
에어컨	2,600 x 1	2.6	C+R	18.62	680



(a) 봄, 가을, 겨울



(b) 여름

그림 6 모델링 된 부하의 전력 소모 패턴  
Fig. 6 Power consumption of Built Load model

표 2의 R은 각 부하의 정격전력을 나타내고 있고, C는 단상 AC에서 60Hz의 전압이 정류기를 거친 후 갖는 120Hz의 리플을 평활하기 위한 것이다. 표 2와 그림 4를 기준으로 부하 전력 소모의 패턴을 나타내면 그림 6과 같다.

4계절 중 여름의 경우에만 난방부하의 사용으로 전력 소모 패턴이 조금 다르게 나타난다는 점을 제외하면 1년동안 전력 소모패턴은 거의 동일하다. 따라서 봄, 가을, 겨울은 그림 6의 (a)의 전력 소모 패턴을 이용하고, 여름은 (b)의 전력 소모 패턴을 이용하여 배터리 충·방전 패턴을 생성하였다.

2.1.3 잉여 및 부족전력

그림 7은 실제 일사량과 온도의 영향을 받는 태양광 발전량에서 부하 소모량을 제외한 나머지 부분을 의미하는 에너지 밸런싱 레벨(Energy Balancing Level, EBL)을 보여주고 있으며 이것은 24시간동안의 양상을 나타내고 있다. 배터리는 발전전력과 소비전력사이의 차이를 저장하는 에너지 밸런싱을 맞춰주는 설비이므로 그림 7와같이 0보다 큰 값으로 나타내어지는 잉여 전력이나 0보다 작은 값으로 나타내어지는 부족전력이 생겨서 남거나 부족하게 되는 경우 배터리에 충·방전을 하게 된다. 충전 및 방전전력이 양과 음의 2상한 조건을 가지므로 배터리 시스템 또한 2상한 특성을 가져야 한다. 따라서 배터리 시스템은 2상한 특성을 가지는 양방향 DC-DC 컨버터를 사용하여야 하며, 양방향 DC-DC 컨버터를 통해 배터리로 그림 7에서 볼 수 있는 충전 전력과 방전전력만큼을 전달하게 된다. 이를 통해 배터리의 충전·방전 시퀀스가 그림 7와 비슷한 양상으로 나오게 될 것임을 예상할 수 있다.

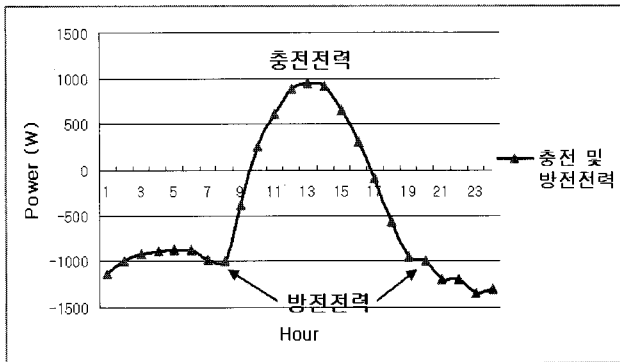


그림 7 봄의 충전과 방전의 하루 양상  
Fig. 7 The whole day appearance of charging and discharging in spring

2.2 배터리 용량 최적 산정 방법

한국의 경우 독립형 태양광 시스템의 배터리 용량산정을 할 때, 배터리 시공하는 회사에서 사용하는 용량산정 법이나, 지자체내에서 제안하는 방법을 이용한다. 따라서 각 지역마다 일관된 방법을 이용하지 않기 때문에 같은 용량의 태양전지를 사용하고 같은 부하를 사용한다고 가정되었다 해도 다른 배터리 용량 산정을 하게 된다. 따라서 가장 최

적의 경제적 효율, 가장 안정적인 발전 및 배터리의 수명 측면에 있어서 신뢰도가 떨어졌다. 본 절에서는 배터리의 수명 및 안정적인 발전을 위한 개선된 배터리 용량산정법을 제안한다.

2.2.1 제안하는 배터리 용량 산정 방법 및 수식

본 논문에서는 기존에 부하량만을 고려하거나 태양전지의 정격만을 고려하여 배터리 용량 산정을 하던 방법을 개선하여 배터리 용량의 최적산정을 위한 새로운 방법을 제안한다. 현재까지 배터리 시공하는 회사 2곳 (A, B)의 방법 2가지와 하화도에서 사용하였던 배터리 용량 산정 방법에 대한 수식을 나타내면 식(2)-(4)와 같다.

$$AH^1 = \frac{P_{max} \times 24 \times n}{V_{bat}} \tag{2}$$

- $AH^1$  : 배터리 용량 [Ah]
- $P_{max}$  : 최대 부하소비전력 [W]
- $n$  : 부조일수 [Day]
- $V_{bat}$  : 배터리 공칭전압 [V]

$$AH^1 = \frac{I_{max} \times t_{max} \times n}{\eta \times \zeta \times d} \tag{3}$$

- $I_{max}$  : 최대누적부하전류 [A]
- $t_{max}$  : 최대배터리사용시간 [Hour]
- $\eta$  : 축전지 보수효율
- $\zeta$  : 인버터 효율
- $d$  : 배터리 방전 심도

식 (4)는 하화도에서 배터리 용량 산정 시 이용한 수식이다.

$$AH^2 = \frac{P_{Load} \times n}{d \times \psi} \tag{4}$$

- $AH^2$  : 배터리 용량 [Wh]
- $P_{Load}$  : 일일누적부하량 [Wh/일]
- $\psi$  : 충·방전효율

식 (2), 식(3)을 Case A, Case B라고 하고, 하화도의 배터리 용량 산정방법인 (4)를 Case C라고 하겠다. 제안하는 내용은 다음과 같다.

- ① 태양광발전을 하는 지역의 일사량 및 온도 데이터 수집
- ② PV 시뮬레이터를 통해 발전 전력량 예측
- ③ 태양광발전 하고자 하는 지역의 부하 전력 소모량에 대한 정보 수집

- ④ 발전전력과 소비전력의 비교를 통해 잉여전력·부족전력 분석
- ⑤ 하루 중 여러번 발생하는 부족전력 중 시간과 함께 고려하여 누적 부족전력이 가장 큰 양을 선택
- ⑥ 제안한 수식에 알맞은 Parameter와 ⑤에서 결정한 누적 부족전력 이용하여 배터리 용량 최적 산정

시뮬레이션을 통해 태양발전 출력전력과 가정용 부하모델링을 이용하여 얻은 잉여·부족전력 정보로 배터리 용량산정이 가능하다. 배터리 용량 산정 시, 잉여전력이 배터리의 용량보다 클 경우에는 더미저항을 이용하여 소모시키기 때문에 부족전력을 기준으로 배터리 용량산정을 해야 한다.

그림 7과 같이 충·방전 양상이 나타날 때, 방전시간인 0시-9시, 17시-24시 동안 순시적인 방전전력을 적분하는 방법을 이용하여 배터리 용량산정이 가능하다.

최적의 배터리 용량 산정을 위한 제안하는 수식은 식 (5)와 같다.

$$AH = \int_{t_s}^{t_e} \frac{P_{bat}}{V_{bat} \times d \times \psi} dt + n \times \left( \frac{P_{Load}}{V_{batt} \times d \times \psi} \right) \quad (5)$$

AH : 배터리 용량 [Wh]

$P_{bat}$  : 순시적 부족전력량 [W]

$V_{bat}$  : 배터리 공칭전압 [V]

$t_s$  : 부족전력량 누적 시작시간

$t_e$  : 부족전력량 누적 끝 시간

제안된 식 (5)에서 첫 번째 항은 하루동안 필요한 배터리 용량을 나타내며, 두 번째 항은 일사량이 없는 부조일 일 때 필요한 배터리 용량이다. 본 논문에서는 식 (5)의 첫 번째 항을 디자인 변수로 삼아 배터리 용량산정법을 제시하였다.

### 2.2.2 배터리 용량 최적 산정

하루 동안 발전되는 전력과 소비되는 전력의 패턴을 통한 불의 잉여전력·부족전력 패턴은 그림 7와 같다. 계절별 잉여·부족전력 정보 중 부족전력 정보를 이용하여 식 (2)-(5)의 각 파라미터에 대한 값들을 나타내면 아래 표 3과 같고 이 파라미터들을 이용하여 각 회사 및 하화도, 제안하는 방법을 이용한 배터리의 용량을 계산해 볼 수 있다.

표 3 파라미터

Table 3 Parameters

$P_{max}$	$I_{max}$	$t_{max}$	$V_{bat}$	$n$
2968W	12.36A	7Hour	240V	4Days
$\eta$	$\zeta$	$d$	$P_{Load}$	$\psi$
0.7	0.8	0.5	10569Wh/일	0.85

$I_{max}$ 는  $P_{max}$ 를  $V_{bat}$ 로 나눈 값이 되겠으며, 부조일수  $n$ 은 간헐적으로 사용하는 부하 등은 4일 정도를 적용하고 24시간 연속 사용하는 부하의 경우에는 6일 내외로 결정하는 것이 좋다 [8]. 표 3의 파라미터를 (2)-(5)의 수식에 적용하여 계산하게 되면 표 4와 같이 나타내 진다.

표 4 배터리 용량 비교 및 제안하는 배터리 용량

Table 4 Comparison of capacities of battery and proposed battery capacity

	제안하는용량	Case 1	Case 2	Case 3
배터리 용량[Ah]	589	1187	687	414

### 3. 결 론

본 논문은 하루 동안의 일사량 및 온도의 패턴을 고려해 얻은 실제와 유사한 태양광 발전 전력의 양상과 하루동안 가정에서의 부하 사용량의 비교를 통해 독립형 태양광 발전의 에너지 밸런싱에 대해 분석하였다. 또한 기존 연구에서는 고려하지 않았던 실제적인 에너지 밸런싱에 따른 배터리 용량 최적산정 방법 및 수식에 대한 제안과 정리를 하였다. 본 논문을 통해, 배터리의 용량이나 크기가 에너지 밸런싱에 큰 영향을 받기 때문에 독립형 태양발전의 용량을 선정 할 경우 총 부하량과 근접하게 설계를 하여 에너지 밸런싱의 총 합이 0이 되게 하는 것이 중요하게 됨을 예측 할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] R. H. Wai, W. H. Wang, and C. Y. Lin, "High-performance stand-alone photovoltaic generation system," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, no. 1, pp. 240-250, Jan. 2008.
- [2] 정상민, 조진상, 최세완, 한수빈, "하이브리드 에너지 시스템에서 양방향 DC-DC 컨버터에 의한 축전지 제어 기법," 전력전자학술대회 논문집, 359-363, 2004.
- [3] 정병환, 조준석, 고재석, 최규하, 김웅상, 이창성, "공동 DC단을 갖는 복합발전시스템을 위한 전력균형제어에 관한 연구," 전력전자학술대회 논문집, 181-185, 2002.
- [4] 김홍성, 유권종, 송진수, 이병구, 정영석, 강기환, 최규하, "충방전 제어를 이용한 독립형 태양광 발전시스템의 설계," 전력전자학술대회 논문집, 1998.
- [5] 문희성, 최규영, 이병국, "일사량 및 실부하 패턴을 고려한 태양광 시스템 운전기법," 대한전기학회, pp.69-77, 2008
- [6] 김진희, 김준태, "PV모듈 온도를 고려한 BIPV시스템의 성능 평가," 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회, pp.53-58, 2004.
- [7] M. Mattei, G. Notton, C. Cristofari, M. Muselli, P. Poggi, "Calculation of the polycrystalline PV module temperature using a simple method of energy

balance," Elsevier, Renewable Energy 31, pp.553-567, 2006.

- [8] 강신영, "소규모 독립형 태양광 발전 시스템 설계 및 시뮬레이터 개발," 조선대학교 전기공학과 석사학위논문, 2003.

## 저 자 소 개



### 문희성 (文喜聖)

1985년 9월 10일생. 2008년 성균관대학교 전자전기공학과 졸업. 현재 동 대학원 전자전기컴퓨터 공학과 졸업 석사과정.  
Tel : 031-299-4638  
E-mail : mhsl@skku.edu



### 최규영 (崔奎英)

1980년 4월 11일생. 2006년 건양대학교 정보제어공학과 졸업. 2008년 성균관대학교 전자전기컴퓨터 공학과 졸업 (석사). 현재 동 대학원 전자전기컴퓨터 공학과 박사과정.  
Tel : 031-299-4638  
E-mail : lovesagaji@skku.edu



### 김종수 (金鍾秀)

1975년 3월 5일생. 2006년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2008년 성균관대학교 전자전기컴퓨터 공학과 졸업 (석사). 현재 동 대학원 전자전기컴퓨터 공학과 박사과정. 2000년 2월-2004년 7월 SEMIKRON Solution Centre Asia Application Engineer.  
Tel : 031-299-4638  
E-mail : sniper75@skku.edu



### 이영국 (李永國)

1970년 9월 3일생. 1994년 한양대학교전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2007년 Georgia Institute of Technology 전기공학과 졸업 (공학). 1996년 2월-1999년 12월 현대정공 주임연구원. 2006년 1월-2007년 7월 Research Assistant, Georgia Institute of Technology. 2000년 1월-현재 현대자동차 하이브리드 설계팀 선임연구원.  
Tel : 031-368-2196  
E-mail : yklee70@hyundai-motor.com



### 이병국 (李秉國)

1968년생. 1994년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업 (석사). 2001년 Texas A&M University 전기공학과 졸업 (공학). 2002년 1월-2003년 1월 Postdoctoral Research Associate, Texas A&M University 2003년 4월-2005년 9월 한국전기연구원 산업전기연구단 전력전자그룹 선임연구원 (팀장). 2006년 3월-현재 성균관대학교 정보통신공학부 조교수. 2004년 -현재 IEEE Senior Member. 2007년-현재 Associate Editor, IEEE Industrial Electronics Society (IES), ICEMS2007 및 IEEE INTELEC2009 Secretary General, 2009년-현재 KIEE Senior Member, 현재 당 학회 영문지 간사, 전기역사전문위원회 간사, B부문 총무이사.  
Tel : 031-299-4581  
E-mail : bklee@skku.edu