

## 독립형 태양광 풍력 복합발전 시스템에서 안정적인 전력공급을 위한 축전기 용량의 최적 산정에 관한 연구

(The Study on Optimize the Battery of Stand Alone PV/Wind Hybrid System for Supplying  
Stably Power)

최병수\* · 김재철\*\*

(Byoung-Soo Choi · Jae-Chul Kim)

### Abstract

The object of this paper is to optimize the battery system for supplying stably power in separate house in which a PV-wind hybrid power generation system is applied. In a power system to be used in a stand alone, it is very important to build optimize the electrical storage system and to utilize it for supplying stably output voltage when there is a shortage of the power generation capacity or there is no sunshine, or when power is to be supplied with a load. This paper provides an optimized method to evaluate capacity of battery by analyzing advantages and disadvantages of the existing battery evaluating method being used in each company for supplying stably power in separate house utilizing the new renewable energy such as a light of the sun.

Key Words : Stand Alone, PV system, Wnd Turbine, Lead Acid Battery

### 1. 서 론

전원에서 수십[km] 이상 떨어진 독립가옥이나 몇 가구에 급전을 할 경우에는 발전소로부터 수용가까지 가설비용과 향후 그것을 운용하는 비용이 상당하다. 이러한 점을 감안하여 떠오르는 대안이 신재생에너지에 의한 소규모 복합발전이다.

우리나라에서는 지난 2004년 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 개정으로 태양광 10만호 보급 사업이 시작되었으며 주택별, 용도별 특성에 적합한 가정용 신재생에너지 보급을 위해 지난해부터 그린홈 100만호 보급 사업으로 확대되었다.

이러한 보급 사업으로 인해 현재 태양광발전 설비비의 50[%]는 국가가 부담하고 있으며, 일부 지방자치단체에서는 설비비의 10~20[%]를 더 부담함으로써 수용가의 부담은 적은 편이다. 특히 도서지방의 독립가옥이나 소규모가구에는 무전화사업의 일환으로 비용을 전량국가가 부담해야 할 것으로 보인다.

신재생에너지는 대부분 풍력이나 태양광 등과 같은 불규칙한 자연에너지원으로서 기후조건의 영향을 받

\* 주저자 : 숭실대학교 전기공학부 박사수료

\*\* 교신저자 : 숭실대학교 전기공학부 교수

Tel : 02-820-0647, Fax : 02-817-0780

E-mail : jckim@ssu.ac.kr

접수일자 : 2011년 6월 1일

1차심사 : 2011년 6월 8일, 2차심사 : 2011년 7월 26일

심사완료 : 2011년 8월 16일

이 받기 때문에 양질의 발전성능을 기대하기 어렵다. 이런 문제점을 보완하기 위하여 두 가지 이상의 신재생에너지를 병합한 복합발전 시스템의 출력제어와 용량산정 설계 최적화 등에 관한 연구들이 발표되었다 [1-3].

신재생에너지에 의한 소규모 복합발전으로 독립가옥에 전력을 공급하기 위해서는 일조가 없을 때와 부하로 전력을 공급할 때 출력전압의 안정화를 위해서 전기저장장치의 구축과 활용은 매우 중요하다. 그것은 매일 충방전을 반복하고 충전상태도 일정하지 않으며, 충전보다 방전이 많으면 안정된 전력이 공급되지 않고, 축전지가 완전히 방전될 경우 축전지에 손상이 발생하여 수명이 급격히 짧아지며 고장의 원인이 되기 때문이다. 그러므로 축전지의 적절한 용량과 잔존용량을 측정하는 연구도 발표되었다[4-5].

전기저장장치에 있어서 축전지의 용량을 최소한도로 하여 비용을 최소화 할 것인가, 아니면 좋은 품질을 위해서 용량을 크게 할 것인지, 또는 저렴한 소형 비상용발전기를 활용하여 불일조일이 많은 때 축전지의 충전용으로 사용할 것인가 하는 여러 방안이 있을 수 있으나 신재생에너지에 의한 저탄소 녹색성장의 실행방안과 환경에 적응하며 지속가능한 전기에너지를 사용한다는 취지의 발전방식을 지향한다면 통상적인 불일조일 때에 축전지로만 전력공급이 가능하도록 설계하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 독립가옥이나 소규모 가구에 태양광 등의 신재생에너지에 의한 안정적인 전력공급을 위해 지금까지 사용되어 왔던 축전지 용량산정방법[10-12]의 장점과 단점을 각각 분석하고, 좀 더 사용하기 용이하고 최적화된 용량산정방식을 제시한다.

## 2. 시스템 구성안

그림 1은 단독가구나 소규모가구 일 때 복합발전 파워시스템의 구성안을 보여준다. 구성안에서 적색라인은 AC, 흑색라인은 DC, 청색은 통신라인을 표시한다.

신재생에너지원을 이용한 소형풍력발전기(200[W])와 태양광모듈(1.2[KW])로부터 발생된 전력은 Power regulator를 거쳐 인버터에서 교류로 변환되어 수용가

에 전달된다. 또한 Power regulator에서는 수용가에서 사용하고 남은 전력을 전기저장장치에 저장하였다가 풍력이나 태양광이 발전되지 않는 휴지시간에 사용한다. 소형디젤발전기는 불일조일이 설계시 고려한 기간보다 오래되어 축전지에 저장된 에너지가 고갈되었을 때나 유사시에만 부족한 전력을 공급하기 위해 가동한다.

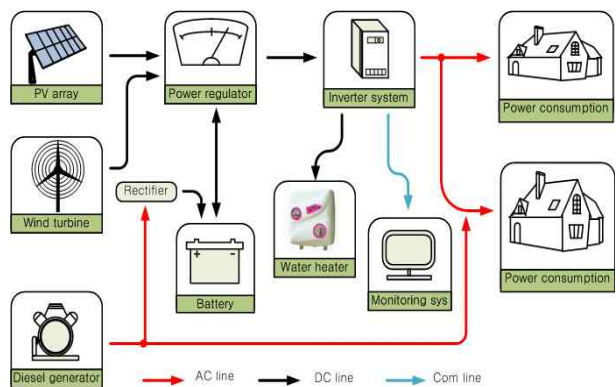


그림 1. 단독가구나 소규모가구일 때 시스템 구성  
Fig. 1. System View in case of Detached House or small village

## 3. 월 전력량 추계와 시스템 발전용량

### 3.1 월 전력량 추계

시스템 설계에 있어서 가장 먼저해야할 일은 부하 특성분석으로 부하의 크기 및 운영조건에 따라 태양전지 및 축전지 용량이 결정되기 때문이다[8]. 수전가의 시스템 용량은 보통 독립가옥에서 꼭 필요한 최소한의 소비전력을 기준으로 전등, 냉장고, 세탁기, 텔레비전, 컴퓨터 등을 기본으로 월 평균사용량을 산출하고 여기에 커피포트, 전기다리미, 선풍기, 모터펌프, 앰프 등은 기타 사용량으로 30[%]를 고려하여 산정한다.

표 1은 독립가구에서 사용할 수 있는 일반적인 전기기구들에 대해 한 달 전력량을 추계해 본 것이다.

수용가에서 사용하는 전기 기구들의 최대소비전력의 합은 1,812[W]이며, 월 총소비전력은 145.86[KWh]이다.

표 1. 월 사용전력량 추정

Table 1. Amount of Consumed Power in one month per a house

품 목	규 격	소비 전력	월 소비전력량	비 고
전 등	거실 1등 방 2등	70[W] 35[W]×2	12[KWh]	LED 등
냉장고	국내 L회사 760L	350[W]	39[KWh]	투 도어 기준
세탁기	국내 L회사 13Kg	550[W]	10[KWh]	3일 1회 사용
텔레비전	국내 L회사 LED 32inch	200[W]	48[KWh]	8시간 시청 LED TV
컴퓨터	국내 L회사	200[W]	3.2[KWh]	하루 4시간 사용
기타	30[%]	372[W]	33.66[KWh]	총소비전력× 0.3
합계		1812[W]	145.86[KWh]	

### 3.2 시스템 발전용량

표 1에서 산출한 독립가옥의 한 달 소비전력량에 필요한 시스템 발전용량은 약 145[KWh]로 이 용량에 필요한 발전시스템을 태양광과 풍력으로만 구성했을 때 1일 평균 발전량을 산출하면 다음과 같다.

1.2[KW]의 태양전지 모듈과 200[W]의 풍력발전기를 장착했을 때 태양광발전의 1일 평균 발전가능 시간을 약 4시간[6], 풍력발전기의 1일 발전가능 시간을 2.4시간으로 하면 발전 가능예상량은

$$1.2[KW] \times 4 + 200[W] \times 2.4 = 5.28[KWh]$$

이다. 그러므로 한 달 발전총량은

$$5.28[KWh] \times 30 = 158.4[KWh]$$

로서 수용가에 필요한 월 소비전력량인 145.86[KWh]에 근접 상회한다.

## 4. 축전지 용량의 최적산정

### 4.1 축전지의 선정

독립가옥에 사용될 전원시스템의 축전지를 선정할

때는 전압전류특성 등의 전기적 성능, 비용, 수차, 중량, 수명, 보수성, 안전성, 재활용성과 경제성을 감안하여 최적의 것을 선택해야 한다.

특히 태양광이나 풍력 등의 발전에 의한 충방전은 날씨에 크게 좌우되며 매일 충방전을 반복하고 충전상태도 일정하지 않기 때문에 평균적인 방전심도를 설정하여 축전지를 선정해야 한다. 납축전지의 방전심도(DOD ; Depth Of Discharge)는 축전지의 사용조건(방전시간율)의 방전용량에 대한 비율을 나타내는데 방전횟수 사용온도 등에 크게 좌우되며, 그림 2와 같이 전원시스템용 축전지의 기대수명은 방전심도와 매우 관련이 깊다[6].

그림 2에서 소형제어변식의 경우 방전심도가 0.15일 때와 0.7 때의 기대수명은 10배 이상의 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 방전심도를 0.7 이상으로 함으로써 축전지 용량은 줄어들어 비용은 적게 들지만 축전지 교체시기가 빠르게 되도록 할 것인지, 아니면 방전심도를 낮게 함으로써 축전지의 용량이 넉넉함으로 부조일수 동안에 안정적인 전력을 공급함과 동시에 축전지교체 시기를 길게 할 것인가는 설계자의 몫이지만 독립형 가구의 특성상 후자의 경우가 더 바람직하다.

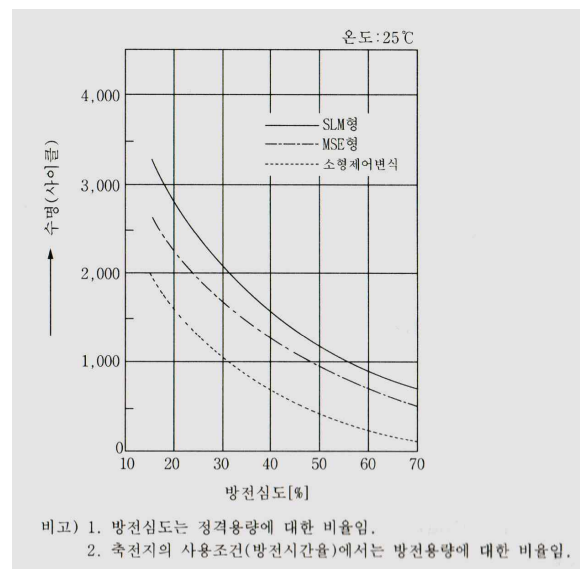


그림 2. 축전지의 방전심도와 수명과의 관계  
Fig. 2. Depth of Discharge vs Cycle Life

그러므로 축전지를 완전히 방전할 경우 축전지에 손상이 발생하여 수명이 급격히 짧아지고 고장의 원인이 되므로 축전지가 완전히 방전하지 않도록 방전심도를 고려해야 한다. 특히 독립가옥의 전원시스템용 축전지를 경제적으로 설계하기 위해서는 부하에서 필요한 전력량을 면밀히 검토하여 태양전지의 용량, 풍력발전기의 용량, 축전지의 용량, 충방전 제어장치 설정 값 등이 최적화되어야 한다[7].

축전지에는 납축전지, 니켈카드뮴 축전지, 니켈수소 축전지, 리튬 2차전지 등이 실용화되어 있다. 본 논문에서는 수명이 길며 보수가 필요하지 않고 충방전 특성을 고려한 제어변식 거치 납축전지를 사용한다.

### 4.2 기존 축전지 용량산정식의 비교분석

종래에는 축전지용량의 산정에 부하량 만을 고려한 식 (1), (2), (3)이 주로 사용되어 왔다[8].

$$AH_a = \frac{P_{max} \times 24 \times n}{V_{bat}} \quad (1)$$

$$AH_b = \frac{I_{max} \times t_{max} \times n}{\eta \times \zeta \times d} \quad (2)$$

$$AH_c = \frac{P_{load} \times n}{d \times \psi} \quad (3)$$

- AH : 축전지 용량[Ah]
- $P_{max}$  : 최대 부하소비전력[W]
- n : 부조일수[Day]
- $V_{bat}$  : 축전지 공칭전압[V]
- $I_{max}$  : 최대누적 부하전류[A]
- $t_{max}$  : 최대 축전지사용시간[hour]
- $\eta$  : 축전지 보수효율
- $\zeta$  : 인버터 효율
- d : 축전지 방전심도
- $P_{load}$  : 1일 누적 부하량[Wh/일]
- $\psi$  : 충방전 효율

(가) 식 (1)의 축전지용량  $AH_a$ 의 숫자 24는 하루의

시간을 나타내며, 부조일수 n일을 고려하여 최대부하 전력이 하루 24시간동안 온전히 축전지에 충전된 전력을 사용할 수 있다는 의미이다. 이 식에 의한 용량의 산정은 축전지의 용량이 매우 크기 때문에 안정적으로 전력을 공급할 수 있다는 장점이 있지만 실제 이 용률이 낮고 비용과 장소 등이 필요이상 크게 된다.

(나) 식 (2)의 축전지용량  $AH_b$ 는 축전지의 사용시간과 방전심도, 인버터효율, 축전지 보수효율 등을 고려하여 식 (1)보다 좀 더 세밀하게 용량을 산정하였지만 이 식 또한 최대부하전류를 고려하였다는 단점이 있다. 최대누적부하전류는 최대부하소비전력  $P_{max}$ 에서 산출한 전류로 축전지가 방전할 때 항상 최대부하전류가 흐르는 것이 아님에도 식 (2)는 최대부하전류와 최대축전지사용시간을 고려하였기 때문에 이 식 또한 축전지의 용량이 필요 이상 크게 산출된다.

(다) 식 (3)의 축전지용량  $AH_c$ 는 도서지역에 24시간 전력을 공급하기 위하여 국내 최초로 하화도에 시범 설치한 태양광발전이 적용된 용량 산출식으로[11,13] 1일 부하 누적량과 충방전 효율은 고려하였지만 축전지의 용량이 작게 산출되어 실제로 부족한 전력을 디젤 발전기로 해결하였다. 보조발전기의 가동시간은 8개월 동안에 168시간으로 보조발전기의 의존률이 10%[6]이었다.

(라) 위 식 (1), (2), (3)의 불합리한 조건 및 실부하 패턴을 고려한 태양광 시스템 최적순전기법으로 최근 식 (4) $AH_d$ 를 유도하여 제시된 바 있다[11].

$$AH_d = \int_{t_s}^{t_e} \frac{P_{bat}}{V_{bat} \times d \times \psi} dt + n \times \left( \frac{P_{load}}{V_{bat} \times d \times \psi} \right) \quad (4)$$

- $P_{bat}$  : 충전시 순시적 부족전력량[W]
- $V_{bat}$  : 축전지 공칭전압[V]
- $t_s$  : 부족 전력량 누적 시작 시간
- $t_e$  : 부족 전력량 누적 끝 시간

이 식 (4)의 축전지용량  $AH_d$ 는 위 세 식에 하루 동안의 충방전 양상을 고려하여 주로 방전시간인 0~9시, 17~24시 동안 순시적인 방전 전력을 적분하여 구하였다. 부조일수 n은 간헐적으로 사용하는 부하를 4

일 정도, 연속 사용하는 부하를 6일 내외로 결정하여 표 2의 파라미터를 적용한다[8,12].

표 2. 시스템 파라미터  
Table 2. System Parameter

$P_{max}$	$I_{max}$	$t_{max}$	$V_{bat}$	$n$
1812	7.55	7 hour	240[V]	4
$\eta$	$\zeta$	$d$	$P_{load}$	$\psi$
0.75	0.9	0.5	4,862[Wh/일]	0.85

식 (4)를 사용하려면 그림 3과 같은 태양광과 풍력의 평균 1일 발전량과 그림 4와 같은 각 가구의 1일 평균 충전량과 방전량의 패턴을 비교해서 잉여전력과 부족전력을 예측하고 비교해야 한다. 이렇게 연중 평균부하의 패턴과 태양전지와 풍력의 발전량을 추정하고 발전전력과 소비전력의 비교를 통한 잉여전력과 부족전력을 계산해야 하는 것은 매우 번거롭다.

### 4.3 축전지의 용량의 최적산정식 제안

앞에서 살펴 본바와 같이 발전량이나 부하량 만큼

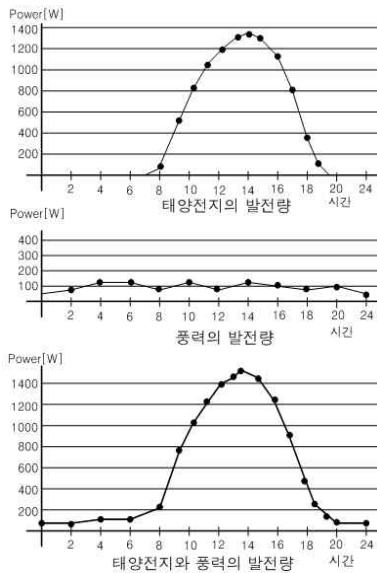


그림 3. 태양광과 풍력의 평균 1일 발전량의 합  
Fig. 3. Sum of Amount of Average Power Generations by Sunshine and Wind per a day

기준으로 축전지의 용량을 산정할 때보다 좀 더 합리적인 용량을 산출하기 위해서는 표 2의 중요 파라미터가 포함되고 보다 계산이 용이한 산출식을 구할 필요가 있다.

하화도의 총가구수는 34가구로 태양광 발전량은 31,188[KWh]이며 보조발전기 출력량은 2,598[KWh]로써 월 가구당 사용전력량은 약 100[KWh] 정도로 식수 공급 시설, 보일러 시설의 증설, 여름철 에어컨 시설, 대형 냉동 시설의 설치 및 향후 동력설비를 갖춘 양만 시설 등을 원하는 가구가 있어 1~2년 안에 부하량이 설계에 반영했던 예상치보다 초과할 것으로 평가하고 있으므로 보고서 작성시점에서의 전체 가구의 전력사용량은 아직 설계치에 미치지 못하고 있음을 나타내고 있다[10].

그러므로 식 (3)의 하화도 경우 총 발전시간의 약 10[%]에 해당하는 시간을 보조발전기를 구동하여 사용하였는데 여기에는 인버터의 고장 등으로 보조발전기를 구동한 것도 포함되어 있기는 하지만 통상적인 부조일에도 태양광과 풍력만으로 전력공급을 하고 방전심도를 낮게 하는 효과가 있기 위해서는 총발전량에서 보조발전기를 구동한 만큼의 축전지의 용량이

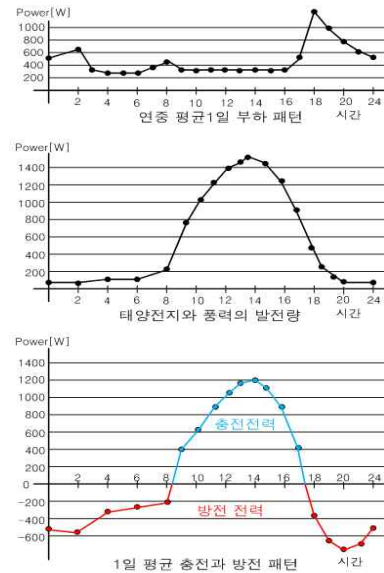


그림 4. 가구의 평균 1일 충전량과 방전량 패턴  
Fig. 4. Pattern of Amount of Average Charge and Discharge per a day

더 필요함을 알 수 있다.

전기저장장치를 설계할 때 필요한 축전지의 용량은 사용보수나 사용조건의 여러 변화에 따라 축전지 용량의 변동을 보상하며, 소정의 부하특성을 만족시키기 위한 보정치로 보수효율(Maintenance Factor)도 고려해야 한다. 그러나 식 (3)은 이를 고려하지 않았고 식 (2)에서는 보수효율은 고려하였지만 최대부하소비전력을 고려하였기 때문에 과대용량이 산출되었다. 그러므로 식 (2)의 최대부하전력 대신 1일 누적부하량을 고려하면 식 (5)를 유도할 수 있다.

$$AH_c = \frac{P_{load} \times n}{\eta \times \zeta \times d \times V_{bat}} \quad (5)$$

본 논문에서는 1일 누적 부하량과 축전지 보수효율, 인버터 효율, 축전지의 방전심도, 축전지 공칭전압 등이 포함된 식 (5)  $AH_c$ 를 독립가옥에서 최적의 축전지 용량의 산출식으로 제안한다.

#### 4.4 축전지의 용량 계산예의 비교

위 식들에 의한 축전지의 용량을 각각 계산하여 보면 표 3과 같은 값이 된다.

이 표 3에서 식 (1)과 식 (2)에 의해 산정된 축전지의 용량은 각각 724[Ah]와 626[Ah]로써 너무 크고, 식 (3)과 식 (4)에 의해 산정된 축전지 용량은 각각 213[Ah]과 229[Ah]로써 다소 적은 값이다.

또 식 (4)를 계산한 값은 식 (3)의 하화도의 경우와 비슷한 값이 되어 실제로 사용할 때에 부조일이 길면 용량이 작아서 비상발전기를 가동해야 하므로 불합리하다.

표 3. 축전지 용량 계산예의 비교  
Table 3. Calculation of Capacity of Battery[Ah]

$AH_a$	$AH_b$	$AH_c$	$AH_d$	$AH_e$
식 (1)	식 (2)	식 (3)	식 (4)	식 (5)
724	626	213	229	240

식 (5)는 240[Ah]로서 이 값은 도서지역에 24시간 전력을 공급하기 위하여 하화도에 시범 설치한 축전

지의 용량계산식인 식 (3)보다 약 12.7[%] 큰 값으로 다음 사항을 고려할 때, 태양광과 풍력의 복합발전으로 독립가구에 안정적인 전력공급을 위한 합리적인 산출식으로 판단된다.

- ① 통상적인 부조일인 간헐부하 4일, 지속부하 6일 동안에도 비상용 발전기를 사용하지 않는 축전지의 최적용량의 산정
- ② 방전심도를 크게 하면 축전지의 용량은 적어지지만 축전지의 수명이 현저하게 떨어지므로 독립가구의 특성상 축전지를 오래 사용할 수 있도록 설계해야 하는 점
- ③ 축전지 최대사용시간이 7시간보다 큰 실제로 7~10시간정도인 점
- ④ 축전지의 용량이 약간 여유로워야 한다는 점
- ⑤ 저녁시간대의 부하가 점차 많아지는 점

식 (5)  $AH_c$ 의 산출값 240[Ah]는 부조일수 4일을 고려한 값이고 시판되는 전압 12[V], 충전용량 250[Ah]인 납축전지를 약 20개를 직렬로 연결하여 사용가능한 용량이다.

소형디젤발전기는 부조일수를 4일로 설계시 결정하였으므로 부조일이 4일이 넘거나 유사시에만 부족한 전력을 자동으로 공급하도록 한다.

그러나 자동으로 소형디젤발전기를 구동하기 위해서는 납축전지의 과충전과 과방전에 대한 모니터링과 잔존용량의 모니터링은 개별 축전지의 전압의 모니터링, 원격통신 및 제어프로그램과 데이터 자동 분석 프로그램이 추가되어야만 축전지 상태에 따른 전력 충방전의 자동관리가 될 것이다[14].

#### 5. 결 론

1) 신재생에너지에 의한 저탄소 녹색성장 실행방안과 환경에 적응하며 지속가능한 발전방식으로 독립가옥의 태양광과 풍력의 복합발전시스템은 발전량의 부족이나 일조가 없을 때, 또는 부하로 전력을 공급할 때 출력전압의 안정화를 위해 적절한 전기저장장치의 구축과 활용은 매우 중요하다.

2) 축전지용량의 산정으로 종래에는 부하량, 축전지 사용시간과 최대 누적 부하전류, 1일 부하 누적량에

부조일수 만을 고려한 식이 사용되었는데 이러한 산정방식은 축전지 용량의 과도 또는 과소한 산정을 가져온다.

3) 독립가옥에 안정적인 전력을 공급하기 위한 축전지는 용량이 과도하여 비용과 장소의 부담이 크지 않으며 반대로 용량이 부족하여 정전 등의 불안정한 전력공급과 축전지의 수명에 악영향을 주지 않는 것이어야 한다. 따라서 적절한 축전지용량을 산정하려면 고려해야할 여러 파라미터 즉, 1일 누적 부하량, 부조일수, 축전지 보수효율, 인버터 효율, 축전지 방전심도, 등이 포함된 산출식이 합리적이다.

4) 전원시스템용 축전지의 기대수명은 방전심도와 관련이 깊어서 방전심도를 깊게 하여 축전지 용량을 줄이게 되면 비용은 적게 들지만 축전지 교체시기가 빨라지게 되고, 반대로 방전심도를 낮게 하면 축전지의 용량이 넉넉하여 부조일수 동안에 안정적인 전력을 공급함과 동시에 축전지교체 시기가 길어지게 되는데 이는 비용과 장소문제 등으로 설계자와 수용가의 판단 몫이지만 독립형 가구나 소규모가구의 특성상 후자의 경우가 더 바람직하다.

## References

[1] F. Valenciaga, P. F. Puleston, and P. E. Battaiotto, "Power Control of a Solor/Wind Generation System without Wind Measurement : A Passivity/Sliding Mode Approach", IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 18, No. 4, pp. 501-507, December.2003.

[2] 김슬기, 전진홍, 조창익, 안종보 계통연계형 풍력, 태양광 및 축전지 하이브리드 시스템의 출력제어 및 동특성 해석 대한전기학회논문지 56권2호 2007. 2.

[3] 오창원, 신영호, 구영아, 김성은 "풍력 태양광 연료전지를 이용한 하이브리드 파워 시스템 시공기술" 한국건축시공학회 추계학술발표대회 논문집 제 10권 2호 통권 제 19집 2010.11.

[4] 송정용, 서유진, 권오상, 정관철, 허창수 "Battery SOC (State of Charge) 축전을 통한 태양광발전시스템 운영 방안연구" 한국태양에너지학회 논문집 vol.24. No2, 2004.

[5] MA Elhadidy, S. M. shaahid, "Parametric study of hybrid (wind+solar+diesel) power generating systems" Renewable energy. 2000.

[6] 이순형 "태양광 발전 시스템의 계획과 설계" (주) 도서출판 기다리 p.103 2008.4.

[7] 최문환 "A Study on the Efficiency Improvement of the PV system by Optimum Design" 조선대학교 전기공학과 박사학위논문 2007.

[8] 이우희, 이미영, 이준하, 이흥주 "안정적인 태양광발전시스템의 설계를 위한 태양전지와 배터리 용량산정 방안" 한국산학기술학회논문지 제6권 제5호 396-400, 2005.

[9] 문희성, 최규영, 김종수, 이병국, "국내 독립형 태양광발전시스템의 배터리 용량산정 비교분석" 대한전기학회 춘계학술대회논문집 2009. 4.

[10] 정명웅, 이만근 "60 kWp 급 하화도 태양광 발전 시스템 설계 및 운전 결과 분석" 한국태양에너지학회 춘계학술 발표회논문집 vol 1 1996.

[11] 문희성, 최규영, 김종수, 이영국, 이병국 "기후조건 및 실부하 패턴을 고려한 태양광 시스템 최적인전기법" 대한전기학회논문집 58권 12호 2009.

[12] 강신영 "소규모 독립형 태양광발전 시스템 설계 및 시뮬레이터 개발" 조선대학교 전기공학과 석사학위 논문 2003.

[13] 문희성 "기후조건 및 실부하 패턴을 고려한 태양광 시스템 최적 운전기법" 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사학위논문 p.49 2009.12.

[14] 문체주 "독립형 태양광 발전소의 연속전지 모니터링장치 개발" 한국태양에너지학회논문집 Vol.29 No. 2009.2.

## ◇ 저자소개 ◇



**최병수 (崔炳洙)**

1954년 4월 18일생. 1978년 숭실대 전기공학과 졸업. 1982년 연세대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 숭실대학교 대학원 전기공학과 수료(박사).  
E-mail : bsc54@hanmail.net



**김재철 (金載哲)**

1955년 7월 22일생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988년~현재 숭실대 전기공학과 교수. 본 학회 감사.  
E-mail : jckim@ssu.ac.kr