

부조일에 따른 독립형 태양광 풍력 복합발전 시스템에서 전기저장장치의 경제성에 관한 연구

(A Study on the Economic of Electrical Storage Device of Stand Alone PV/Wind Hybrid System Based upon Sunless Days)

최병수* · 김재철**

(Byoung-Soo Choi · Jae-Chul Kim)

Abstract

This paper relates to a study on the economic of electrical storage device for supplying power in sunless days, in the stand alone PV/Wind hybrid system, which it is applied to separate houses. In a photovoltaic/wind hybrid power system used in a separate house, when only the battery is used in sunless days, the capacity of the battery is become larger. For example, as in recent days, if cloudy days are frequent due to anomaly climate, it is difficult to supply power stably by only the battery based upon pre-estimated sunless days. Accordingly, in order to supply stably power of new renewable energy such as solar to any separate houses, it is preferable to reduce the capacity of battery by decreasing the number of sunless days when estimating the capacity of battery and to drive the small generator for compensation of the power shortage.

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

1. 서 론

신재생에너지 중 활용도가 높은 것은 태양광발전에 의한 것으로 요즘 각광을 받고 있으나 이는 필요한 시점에 필요한 전력을 생산하지 못하고 태양광이 없는 시간에는 발전조차 할 수 없다는 단점이 있다. 이

렇게 신재생에너지는 불규칙한 자연에너지원으로서 기후조건의 영향을 많이 받기 때문에 양질의 발전성을 기대하기 어렵다. 이런 문제점을 보완하기 위해서는 두 가지 이상의 신재생에너지를 병합하여 발전하는 복합발전 시스템의 출력제어와 용량산정 등이 필요하며 이에 관한 연구들이 발표되었다[1-3].

신재생에너지에 의한 소규모 복합발전으로 독립가옥에 전력을 공급하기 위해서는 일조가 없을 때와 부하로 전력을 공급할 때 전기저장장치의 구축과 활용은 매우 중요하다.

충전지는 매일 충전과 방전을 반복하고 충전상태도 일정하지 않으며, 충전보다 방전이 많으면 안정된 전

* 주저자 : 숭실대학교 전기공학부 박사수료

** 교신저자 : 숭실대학교 전기공학부 교수

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

E-mail : jckim@ssu.ac.kr

접수일자 : 2011년 12월 6일

1차심사 : 2011년 12월 9일, 2차심사 : 2012년 2월 1일

심사완료 : 2012년 2월 6일

력이 공급되지 않고, 축전지가 완전히 방전될 경우에는 축전지가 손상되어 수명이 짧아진다. 또한 축전지의 용량이 너무 클 때는 비용과 장소가 크게 되어 불필요한 비용이 지출되므로 축전지의 적절한 용량과 잔존용량을 측정하는 연구도 발표되었다[4-5].

이 전기저장장치의 운용방법으로서 축전지의 용량을 최소화하여 비용을 줄일 것인지, 아니면 품질을 위해서 용량을 크게 할 것인지, 또는 저렴한 소형 비상용 발전기를 붙여서 불일조일 수가 많은 때 부하공급과 축전지 충전용으로 사용할 것인지 등의 여러 방안을 강구할 수 있다.

축전지의 용량산정에서 기존의 계산방식으로 부조일수를 3~4일로 하고 축전지로만 부하의 전력을 담당할 축전지용량을 산출하면 축전지의 용량이 상당히 커져서 비용과 설치장소도 크게 된다.

더욱이 요즘은 이상기후가 빈발하고 향후 이런 이상기후가 점점 증가할 것으로 예상되어 부조일이 4일이 넘어가는 경우가 많을 것으로 보인다. 이렇게 부조일이 길어지면 부조일에 필요한 소비전력을 축전지로만 공급하려고 설계한 축전지용량은 무의미하게 되며 정전으로 이어진다. 그러므로 축전지 용량을 최소화하면서 부하에 영향을 주지 않는 전력공급이 필요하다.

본 논문에서는 독립가옥이나 소규모 가구에 태양광 등의 신재생에너지에 의한 안정적인 전력공급을 위한 부조일을 종래에 해오던 대로 3~4일로 하고 부족한 전력을 소형발전기로 할 것인지, 아니면 부조일을 최소화한 1일로 하고 부족한 전력은 소형발전기로 하는 것이 더 경제적인지 분석한다.

2. 시스템 구성안

그림 1은 단독가구나 소규모가구일 때 축전지 용량 산정을 위한 복합발전 파워시스템의 구성안을 보여 준다. 신재생에너지를 이용한 소형풍력발전기(200[W])와 태양광모듈(1.2[KW])로부터 발생된 전력은 인버터에서 교류로 변환되어 부하에 전달된다. 또한 부하에서 사용하고 남는 전력은 전기저장장치에 저장하였다가 풍력이나 태양광이 발전되지 않는 휴지 시간에 사용한다. 소형발전기는 부조일이 1일이 초과

되는 때에 기동하여 부족한 전력을 공급한다.

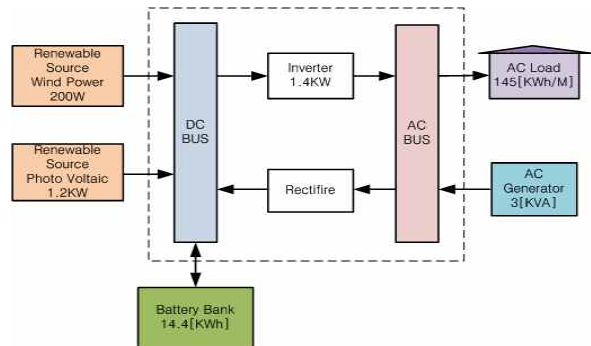


그림 1. 단독가구나 소규모가구일 때 시스템 구성
Fig. 1. System View in case of Detached House or small village

그림 1에서 정류기와 인버터는 별도로 표시되는데 양방향인버터로 결합할 수 있으며 발전기와 부하를 공유하거나 발전기로부터 전력을 받아 배터리 충전기로 충전할 수 있다. 컨트롤러는 시스템의 운영을 제어하기 위해 필요한데 이러한 하이브리드시스템은 전원의 중단 없이 부하에 전력을 안정적으로 공급하기 위해 적절하게 가동하고 높은 평균 운영전력으로 연료 효율을 극대화할 수 있다[6].

3. 월 전력량 추계와 시스템 발전용량

시스템 설계에 있어서 가장 먼저 해야 할 일은 부하 특성분석으로 부하의 크기 및 운영조건에 따라 태양전지 및 축전지 용량이 결정되기 때문이다[7]. 수전가의 시스템 용량은 보통 독립가옥에서 꼭 필요한 최소한의 소비전력을 기준으로 전등, 냉장고, 세탁기, 텔레비전, 컴퓨터 등 기본적인 필수적인 전자제품을 기본으로 월 평균사용량을 산출하고 여기에 기타 사용량으로 30[%]를 고려하여 추산해보면 표 1과 같이 전기 기구들의 최대 소비전력의 합은 1,812[W]이며, 월 총 소비전력은 145.86[KWh]이다.

표 1에서 산출한 독립가옥의 한 달 소비전력량에 필요한 시스템 발전용량은 약 145[KWh]로 이 용량에 필요한 발전시스템을 1.2[KW]의 태양전지 모듈과 200[W]의 풍력발전기를 장착했을 때 태양광발전의 1

일 평균 발전가능 시간을 약 4시간, 풍력발전기의 1일 발전가능 시간을 2.4시간으로 하면 한달 발전 가능예상량은 $(1.2[\text{KW}] \times 4 + 0.2[\text{KW}] \times 2.4) \times 30 = 158.4[\text{KWh}]$ 로써 적정하다.

표 1. 월 사용전력량 추정
Table 1. Amount of Consumed Power in one month per a house

품목	전등	냉장고	세탁기	텔레비전	컴퓨터	기타	합계
규격	거실 1등 방 2등	760L	13Kg	LED 32"	데스크탑	30[%]	
소비 전력	70[W] 35W×2	350[W]	550[W]	200[W]	200[W]	372[W]	1812[W]
일 소비 전력량	400[WWh]	1300[WWh]	333[WWh]	1600[WWh]	107[WWh]	1122[WWh]	4862[WWh]
월 소비 전력량	12[KWh]	39[KWh]	10[KWh]	48[KWh]	3.2[KWh]	33.66[KWh]	145.86[KWh]
비고	LED 등	국내 L회사 투도어	국내 L회사 1회/3일	국내 L회사 8시간/일	국내 L회사 4시간/일	총 전력× 0.3	

4. 축전지 용량의 산정

4.1 축전지 용량 산정식

본 논문에서는 독립가옥에서 최적의 축전지 용량의 산출식으로 1일 누적 부하량과 축전지 보수효율, 인버터 효율, 축전지의 방전심도, 축전지 공칭전압 등이 포함된 식 (1)을 적용한다[8].

$$AH_e = \frac{P_{load} \times n}{\eta \times \zeta \times d \times V_{bat}} \quad (1)$$

AH : 축전지 용량[Ah]

n : 부조일수[Day]

V_{bat} : 축전지 공칭전압[V]

η : 축전지 보수효율

ζ : 인버터 효율

d : 축전지 방전심도

P_{load} : 1일 누적 부하량[Wh/일]

4.2 부조일 산정

축전지의 용량 산정식에서 중요한 파라미터의 하나는 부조일이다.

2010.4.27 기상청에 따르면 ‘올해 4월 21~26일 일조 시간은 서울 24.4시간, 대전 22.8시간, 대구 23.8시간, 광주 32.8시간, 부산 26.1시간으로 하루 평균 3.8~5.5 시간에 그쳤으며 2월 초순부터 4월 중순까지 약 70여 일 동안에 전국 평균 강수량은 223.4[mm]로, 평년치보다 37[%] 많았고 강수일도 29.7일로 평년보다 46[%]나 늘었다’고 발표하였다. 이렇게 요즘 이상기후가 빈발하고 향후에도 이상기후가 점점 증가할 것으로 예상되어 부조일이 4일이 훌쩍 넘어가는 경우가 많을 것으로 보인다. 이런 때에는 부조일에 축전지로만 전력을 공급하려던 기존의 축전지용량의 산정은 무의미하다. 그것은 축전지 용량을 여유롭게 하여 안정적인 전력을 공급하도록 부조일을 4일로 하더라도 부조일 4일이 넘어가면 정전이 되어 좋은 품질의 전력을 공급할 수 없기 때문이다.

표 2는 2009.11부터 2010.10까지 1년 동안 수원지방의 부조일수를 나타낸 표이다. 이 표에서 나타난 바와 같이 2009년에는 굳은 날이 많아 농작물에 큰 피해가 있었다. 표 2의 2009.11에는 비, 흐림, 구름 많음, 눈 등의 해가 없는 부조일이 1일인 경우는 6회로 6일이었고, 2일 연속인 경우가 3회로 6일, 3일 연속인 경우가 1회로 3일이어서 총 부조일수는 15일이었다.

표 2에서 2010.1에는 연속부조일이 10일이 넘어서는 날이 있었고, 이러한 연속 부조일이 4일이 넘어서는 날이 거의 매월 반복되어 나타나는 것을 볼 수 있다.

이렇게 표 2의 2009.11부터 2010.10까지의 기간 동안에 수원지방의 일기가 좋지 않아 총 부조일수는 무려 217일이나 되었다. 이는 독립가옥에 전력을 공급하는데 있어서 요즘 빈발하는 이상기후의 영향으로 태양광발전만으로는 안정적인 전력을 공급하는 것이 매우 어려움을 알 수 있다.

표 3은 2010.11부터 2011.10까지 1년 동안 수원지방의 부조일수를 나타낸 표이다. 표 3의 5월에서 8월은 부조일수가 각각 18, 17, 25, 24일로서 이 날 만큼 태양광으로는 발전이 이루어질 수 없었다.

표 2. 2009.11~2010.10 수원의 부조일 수
Table 2. Number of sunless days during November 2009 to October 2010, in Suwon

년 월	부조일 (비, 구름 많음, 흐림, 눈)						합계
	일	2	3	4	5	6	
2009.11	일	1	2	3			15
	회	6	3	1			
2009.12	일	1	2	4			13
	회	3	3	1			
2010.1	일	1	4	10			17
	회	3	1	1			
2010.2	일	1	2	4	8		15
	회	1	1	1	1		
2010.3	일	1	2	3	7		24
	회	3	4	2	1		
2010.4	일	1	4	5	6		16
	회	1	1	1	1		
2010.5	일	3	4				15
	회	1	3				
2010.6	일	2	3	4	5		14
	회	1	1	1	1		
2010.7	일	1	2	4	5	11	28
	회	1	2	1	1	1	
2010.8	일	1	2	4	7	9	24
	회	2	1	1	1	1	
2010.9	일	1	2	4	5		19
	회	1	2	1	2		
2010.10	일	1	2	3	4	5	17
	회	1	2	1	1	1	
합계							217

* 미디어 다음 날씨 참조

실제로 이 기간에 평택시 칠괴동 C씨의 집에 설치한 3[KW] 태양광의 총발전량은 435[KWh]로서 예상발전량 1440[KWh]의 30.2[%]에 불과하였다.

표 3. 2010.11~2011.10 수원의 부조일 수
Table 3. Number of sunless days during November 2010 to October 2011, in Suwon

년 월	부조일 (비, 구름 많음, 흐림, 눈)						부조일에 따른 발전기 가동일			
	일	2	3	4	5	6	1일	2일	3일	4일
2010.11	일	1	2				8	6		
	회	2	3							
2010.12	일	1	2				4	2		
	회	2	1							
2011.1	일	1	2				9	6		
	회	3	3							
2011.2	일		2	3	4		9	9	7	4
	회		1	1	1					
2011.3	일	1	2	3			7	5	3	
	회	2	1	1						
2011.4	일	1	2	3			11	7	3	
	회	4	2	1						
2011.5	일	1	2	3	5	7	18	17	15	12
	회	1	1	1	1	1				
2011.6	일	1	2	9			17	15	9	9
	회	2	3	1						
2011.7	일		3	10	12		25	25	22	22
	회		1	1	1					
2011.8	일		2	3	4	15	24	24	22	19
	회		1	1	1	1				
2011.9	일		2	3	7		12	12	10	7
	회		1	1	1					
2011.10	일	1	2	3	4		10	9	7	4
	회	1	1	1	1					
합계	154						154	139	98	77

* 미디어 다음 날씨 참조

표 3에서 2010.11에서 2011.10까지 수원지방의 부조일이 1일 이상인 경우는 총 154일이고, 부조일이 2일 이상인 경우는 139일, 부조일이 3일 이상인 경우는 98일, 부조일이 4일 이상인 경우는 77일이어서 안정적인 전력공급을 위해서는 부조일 산정에 따른 날만큼씩 각각 발전기를 가동하여야 한다.

5. 부조일에 따른 경제성 분석

독립형 태양광 발전과 풍력복합 시스템에서 최대전력점추적(MPPT)기술에 의해 태양광발전에서의 에너지를 가능한 더 가져오고 적정하고 높은 충전작업으로 충전지의 수명을 증가해야 한다[9]. 최근 브라질의 북부 시골학교에서는 태양광발전(PV)으로 전기에너지를 공급하는 시스템에서 지금까지의 부조일을 3~4일로 하던 것이 아닌 2일로 설계한 것을 볼 수 있다[10]. 그러나 부조일에 어떻게 안정적인 전력을 공급을 할 것인가는 다루지 않았다.

평범한 날씨보다 부조일이 더 많다거나 해마다 손님이 며칠에서 몇 주 정도 방문하는 경우가 종종 있는데 이럴 때 배터리에 큰 무리를 하게 되며 가용 배터리 에너지 전부를 소모할 수 있다. 이런 일반적이지 않은 때 백업 발전기는 배터리의 완전 방전을 피할 수 있다[12].

본 논문에서는 부조일에 부하에 영향을 주지 않는 전력공급을 하는 충전지의 용량과 이에 따른 발전기 가동시 경제성을 살펴본다.

식 (1)에 표 4의 파라미터를 넣어 계산하면 부조일 수 4일로 했을 때 충전지의 용량은 240[Ah]이며, 부조일 1일로 계산하면 60[Ah]이다.

부조일이 1일인 경우 충전지의 용량은 240[V], 60[Ah]로 방전심도 DOD(Depth Of Discharge)가 0.5 이면 실제 하루에 사용할 수 있는 충전지 용량은 7.2[KWh]이다.

이 충전지가 방전되고 다음날 부조일이 되어 3[KVA] 발전기로 충전을 할 경우 정류기 효율이 0.95 일 때 약 2.45시간이 소요된다.

표 4. 시스템 파라미터
Table 4. System Parameter

P_{max}	I_{max}	n	V_{bat}
1812	7.55	4	240[V]
η	ζ	d	P_{load}
0.75	0.9	0.5	4,862[Wh]/일

그런데 발전기가 가동하여 충전하는 동안에도 부하의 전력소모가 있으므로 이를 감안하면 1일 부하량은 4.8[KWh]이므로 평균 1시간 부하량은 0.2[KWh]로 충전지의 만충전까지는

$$7.2 \div [(3 \times 0.95) - 0.2] = 2.7$$

로서 2.7시간이 소요된다. 그러나 발전기의 가동시간은 충전지가 충전된 상태에서 부조일이 시작된 24시간 이후부터이다. 이 발전기 가동시간은 태양광발전이 끝나는 오후 5시 이후여서 비교적 부하가 많은 저녁시간대이므로 부하에 전력을 공급하면서 충전지만 충전하기까지에는 약 3시간 정도의 발전기 가동시간이 필요하다.

표 5는 부조일에 따른 충전지와 연료비를 비교한 표이다.

표 5. 부조일에 따른 충전지가격과 연료비 비교
Table 5. Comparison between battery costs and fuel costs based upon sunless days

부조일	1일	2일	3일	4일
충전지용량	60[Ah]	120[Ah]	180[Ah]	240[Ah]
발전기 가동일	155일	139일	98일	77일
예상 연료소비량	558[ℓ]	500.4[ℓ]	352.8[ℓ]	277.2[ℓ]
년 예상연료비	1,116,000원	1,000,800원	705,600원	554,400원
년 예상유지 보수비	300,000원	250,000원	200,000원	150,000원
충전지 가격	1,400,000원	2,800,000원	4,200,000원	5,600,000원

발전기 연료소모량은 발전기 개개의 특성과 엔진의 배기량이나 출력 등에 따라 다소 차이가 있겠지만 1일 3시간 가동을 하고 매시간 1.2[ℓ]정도의 연료가 소모되는 것으로 추산하면 부조일이 1일인 경우 년 558[ℓ]이다. 이 연료량에 2011.11 기준의 휘발유 가격 2,000원을 대입하면 예상연료가격은 년 1,116,000원이다. 이와 마찬가지로 부조일을 4일로 했을 경우 예상연료비는 554,400원으로서 이들 연료비 차이 561,600원이다. 이 연료비의 차이는 충전지 가격 5,600,000원에 비해서 많지 않다. 또, 소형발전기를 그림 2의 YG3000DW(E)를 사용한다면 발전기의 초기가격은

987,000원이다. 소형발전기의 가동시간을 1,000시간 기준으로 오버홀(overhaul)하거나 교체한다고 할 때 유지보수비는 전자가 458,955원($\therefore 987,000 \times 465/1,000$)으로 후자 227,997원보다 조금 더 들어가지만 역시 축전지 가격에 비하면 별로 크지 않다.

표 6. 부조일에 따른 축전지가격과 연료비 비교
Table 6. Comparison between battery costs and fuel costs based upon sunless days

부조일	1일	2일	3일	4일
축전지용량	60[Ah]	120[Ah]	180[Ah]	240[Ah]
발전기 가동일	155일	139일	98일	77일
년 발전기 가동시간	465시간	417시간	294시간	231시간
예상 연료소비량	558[ℓ]	500.4[ℓ]	352.8[ℓ]	277.2[ℓ]
년 예상연료비	1,116,000원	1,000,800원	705,600원	554,400원
년 예상유지보수비	458,955원	411,579원	290,178원	227,997원
축전지 가격	1,400,000원	2,800,000원	4,200,000원	5,600,000원
년 비용합계	2,974,955원	4,212,379원	5,195,778원	6,382,397원

그러므로 년 비용합계를 비교해보면 표 6과 같이 부조일 1일인 경우 2,974,955원이며 부조일 4일에는 6,382,397원으로 부조일 1일인 경우가 월등하게 경제성이 높은 것을 알 수 있다.

그러나 축전지의 교체 시기는 1년 단위가 아니어서 이를 감안하여야 하며, 그 외 컨트롤러의 가격은 부조일에 관계없이 일정하므로 무시한다. 납축전지의 무보수, 제어변식 등 축전지의 형태에 따라 약간은 다르지만 DOD(방전심도) 0.5일 때 약 3년이므로 부조일에 따른 3년간의 축전지가격과 연료비를 비교하면 표 7과 같다.

3년간의 비용합계를 보면 부조일 1일인 경우에는 6,124,853원이며, 부조일 4일인 경우에는 7,947,191원으로서 부조일 1일로 하는 것이 더 경제적인 것을 알 수 있다.

표 7. 부조일에 따른 3년간의 축전지가격과 연료비 비교

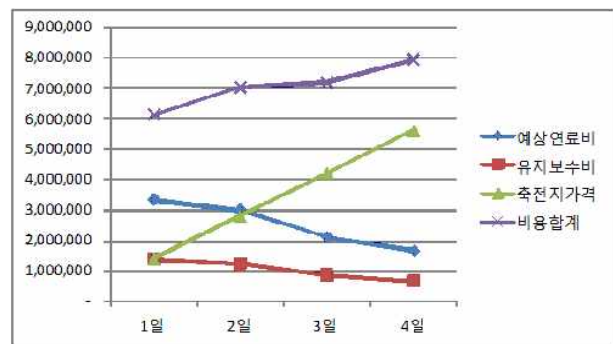
Table 7. Comparison between battery costs and fuel costs based upon sunless days during on 3years

부조일	1일	2일	3일	4일
축전지용량	60[Ah]	120[Ah]	180[Ah]	240[Ah]
발전기 가동일	155일	139일	98일	77일
년 발전기 가동시간	465시간	417시간	294시간	231시간
예상 연료소비량	558[ℓ]	500.4[ℓ]	352.8[ℓ]	277.2[ℓ]
3년 예상연료비	3,348,000원	3,002,400원	2,116,800원	1,663,200원
3년 예상유지보수비	1,376,853원	1,234,737원	870,534원	683,991원
축전지 가격	1,400,000원	2,800,000원	4,200,000원	5,600,000원
3년 합	6,124,853원	7,037,137원	7,187,334원	7,947,191원

표 8은 부조일에 따른 전기저장장치 설비운영비를 비교분석해본 그래프이다. 축전지가격의 비중이 연료비와 발전기 유지보수비보다 훨씬 크므로 부조일을 4일로 했을 때가 부조일을 1일로 했을 때 보다 비용이 더 들어가는 것을 알 수 있다. 그러므로 부조일을 1일로 하고 부족한 전력을 발전기에서 충당하는 것이 더 경제적임을 알 수 있다.

표 8. 부조일에 따른 3년간의 전기저장장치 설비운영비 비교

Table 8. Comparisons in system operating expenses of electrical storage device based upon sunless days during on 3years



6. 소형발전기

소형발전기는 설계시 부조일이 1일이 넘거나 유사시에만 부족한 전력을 자동으로 공급할 때 가동한다.

소형발전기는 휴대용 발전기와 같은 응급 발전기는 적은 비용으로써, 일반적이지 않은 현상에 적합하지만 많은 수조작을 필요로 한다. 약 1,000시간 정도 이용하기 좋고 이후 점검 및 수리를 필요로 한다[11].

기동방식이 수동인 리코일 방식이 가격 면에서 저렴하지만 축전지용량과 발전량에 따른 발전기의 기동과 정지를 연동해야 할 때 매번 수동으로 할 수는 없으므로 기동과 정지를 자동으로 할 수 있는 그림 2의 자동발전기를 선택한다.

소형발전기를 자동으로 구동하기 위해서 납축전지의 과충전과 과방전에 대한 모니터링과 잔존용량의 모니터링에 필요한 개별 축전지의 전압의 모니터링, 원격통신 및 제어프로그램과 데이터 자동 분석 프로그램이 추가되어야만 축전지 상태에 따른 전력 충방전의 자동관리가 된다[12].

그림 2. 기동방식이 자동인 발전기
Fig. 2. Automatic startup-type generator

형식	KDE3500E	YG3000DW(E)	혼다 EU30is
모양			
최대출력	3.8	3.0(KVA)	3.0
사용출력	3.3	2.5(KVA)	2.8
소음	72~77	70~74(db)	51~58
회전능력 (RPM)	-	4000	3600
중량(kg)	65	39	59
연속 운전시간	-	-	7.1
기동방식	자동	자동	자동
연료	디젤	가솔린	가솔린
가 격	937,000원	987,000원	2,500,000원

7. 결 론

- 1) 축전지 용량산정에서 부조일수를 4일로 길게 잡는 것은 축전지의 용량만 커져 비용 상승을 가져오므로 부조일수를 1일로 하고 부족한 전력은 소형발전기를 구동하는 것이 독립형 태양광 풍력 복합발전 시스템에서 안정적인 전력공급을 위하여 합리적이며 훨씬 경제적이다.
- 2) 부조일에 따른 3년간의 경제성을 비교해보면 부조일 1일인 경우의 비용합계는 6,124,853원이며, 부조일 4일인 경우의 비용합계는 7,947,191원으로서 부조일 1일로 하는 것이 더 경제적인 것을 알 수 있다.
- 3) 소형발전기를 원활하게 자동으로 기동하고 정지를 하기 위해서는 독립가구에 알맞은 별도의 컨트롤러의 개발이 필요한데, 설정한 부조일을 넘어설 때 자동으로 발전기를 기동하고 정지하는 기능과 과충전, 과방전을 차단하는 기능이 포함되어야 한다.
- 4) 독립형 태양광 풍력 복합발전 시스템에서 태양광은 이상기후의 영향을 많이 받으므로 풍력이 좋은 장소에서는 안정적인 발전을 하기 위해 풍력의 비중을 더 크게 할 필요가 있다.

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, 조창의, 안종보 "계통연계형 풍력, 태양광 및 축전지 하이브리드 시스템의 출력제어 및 동특성 해석" 대한전기학회논문지 56권2호 2007. 2.
- [3] 오창원, 신영호, 구영아, 김성은 "풍력 태양광 연료전지를이용한 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) 측정을 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] M. Ashari and C. V. Nayar "An Optimum Dispatch

Strategy Using Set Points For a Photovoltaic(PV)- Diesel-Battery Hybrid Power System” Solar Energy Vol. 66, No. 1, pp. 1 -9, 1999.

- [7] 이우희, 이미영, 이준하, 이흥주 “안정적인 태양광발전시스템의 설계를 위한 태양전지와 배터리 용량산정 방안” 한국산학기술학회논문지 제6권 제5호 396-400, 2005.
- [8] 최병수, 김재철 “독립형 태양광 풍력 복합발전 시스템에서 안정적인 전력공급을 위한 축전지 용량의 최적 산정에 관한 연구” 한국조명전기설비학회논문지 pp. 26-32 2011.9.
- [9] E. Koutroulis and K. Kalaitzakis “Novel battery charging regulation system for photovoltaic applications” IEE Proc.-Electr. Power Appl., Vol. 151, No. 2, March 2004.
- [10] Freitas,A.A, Daher,S, Antunes,F, Ximenes,S, Viana,F, SaJr,E, Silva,F.S. & Soares,E.A. “Off-Grid PV System to Supply a Rural School on DC Network” International Conference on renewable Energies and Power Quality (ICREPO'10) Granada (Spain), 23th to 25th March, 2010.
- [11] Robert I. Hammond, Spencer Everingham “Stationary in Cycling Photovoltaic Application” battcom.com 2003 문체주.
- [12] “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