Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2015) 29(5) : 86~93
http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2015.29.5.086 ISSN 1229-4691(Print) ISSN 2287-5034(Online)

논문 29-5-12

전기저장장치의 건물수용가 적용에 따른 Demand영향 및 경제성 향상방안

(An Analysis of Economy Improvement Method and Power Demand Effect when the Battery is Applied to the Building Based on the Measured Energy Consumption)

양승권*
(Seung-Kwon Yang)

Abstract

Recently, ESS became efficient device to stabilize electric power supply system with the development SG related technology. In fact. there are some constraints to supply ESS, because of the high cost and required space, but rapid technology development for ESS will make it more useful soon. So, through this paper, we analyzed the benefit and demand effect when the battery is applied the building based on the measured energy consumption. After that, we got the conclusion that there is a volume limit in ESS application, in a benefit view point. And we realized that there is a demand violation, and the Cost-based BEMS is the best solution to enhance the effect of ESS application.

Key Words : ESS, Demand, Benefit, BEMS

1. 서 론

최근 스마트그리드기술 발전과 함께 가전, 자동차 등에 폭넓게 사용되어 왔던 ESS가 미래 에너지수급의 효율적 수단으로 각광받고 있으며, 분산전원과 건물 EMS와의 연계는 물론 MW규모의 전력계통연계에 이르기 까지 다양한 ESS적용실증 및 관련 기술이 개발되고 있다. 특히 건물 BEMS, 신재생 및 스마트기기들과 ESS가 융합된 SG-BEMS(Smart Grid-Building Energy Management System)연계 시스템 개발 및 실증도 국내외에서 활발하게 진행 중에 있다. 이와 같이 신재생, ESS의 건물 투자적용 편익 등에 관해 다양한 연구가 수행되고 있지만 신재생, ESS의 높은 설비단가로 인해 경제성이 부족한 것으로 나타나고 있다[1]. 그런데 이와 관련하여 Demand(디맨드) 제어와 편익에 관한 연구는 매우 적은 편이다. 따라서 본 논문에서는 실제 사용 건물에서 취득한 전력데이터를 기반으로 전력부하패턴, Demand 및 전력소비량, 그리고 전기요금의 통합적 관점에서 편익을 분석하고, 경제적 ESS 적용방안 및 효율적인 Demand 관리 방안을 제시하고자 한다. 한편 본 논문의 대상 건물에 연축전지와 리튬인산철전지가 설치되었는데, 본 논문에서는 체계적인 분석을

* Main author : Principal Researcher KEPRI Power Distribution Laboratory
Tel : 042-865-5391, Fax : 042-865-5944
E-mail : yangsek@kepco.co.kr
Received : 2015. 1. 16
Accepted : 2015. 2. 26

Copyright ⓒ 2015 KIIEE All right's reserved
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/)which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

위해 연축전지 충/방전율 = 0.1C/0.25C(DOD50%), 리튬인산철 충방전율 = 0.5C/0.5C(DOD70%), 야간 경부하시간대(23시~09시) 배터리충전, 중간 및 최대 부하시간대 방전(09시~23시)을 기본 원칙으로 하였다. 또한 배터리 충방전손실(Round-Trip Efficiency)은 0.85(85%)로 설정하여 Matlab으로 시뮬레이션 하였으며 TOU기반 제어결과와 신재생을 고려한 컴퓨터 자동제어의 결과를 비교하였다[2].

2. 본 론

2.1 건물설비현황 및 분석절차

2.1.1 설비 및 운전현황

분석 대상 건물은 현재 많은 사람들이 거주하는 지상 7층, 지하 1층의 콘크리트 건물로써 현재 가동 중인 주요 냉난방설비 및 신재생, 전기저장장치는 표 1과 같다. 이 가운데 신재생, 저장설비는 '14년 말에 설치되어 현재 운전 중이다.

표 1. 대상 건물의 에너지사용 설비가동현황
Table 1. The energy facillities lists for target building

설비명	용량	비고
EHP(지열)	152RT	RT : 냉동톤
지열순환펌프	18.5kW	-
EHP(공냉식)	170RT	-
공기조화기	230RT	-
에어컴프레서	20HP	-
태양광설비	50kW	신설
리튬인산철전지	100kWh	신설
장수명연축전지	100kWh	신설

2.1.2 분석절차

본 논문에서 대상 건물의 ESS용량변화에 따른 편익과 Demand 영향을 분석하기 위해 단계별 분석절차가 필요하여 표 2와 같이 절차를 수립한 후 분석하였다[2].

표 2. 분석절차
Table 2. The Analysis procedure

1	'13년도 건물 일간 최대전력과 최소전력패턴 분석
2	상기 1항에서 ESS 용량별 적용 시 편익 분석
3	'13년도 건물 365일 소비전력에 대한 ESS적용 시 편익분석
4	'13년도 건물 월별 Demand 감소효과분석
5	'13년도 건물 설비 초기투자비(PV, Battery)고려 편익산정
6	'13~14년도 건물 데이터 기반 '15년도 부하예측 및 편익분석

2.2 전력 부하패턴 분석

분석 대상 건물에 대한 '13년 전력부하 패턴(소비전력추이)가운데 일간 최대, 최소 전력수요(Demand)는 각각 그림 1, 2와 같다.(최대 Demand 약 1,200kW, 최소 Demand 약 400kW)

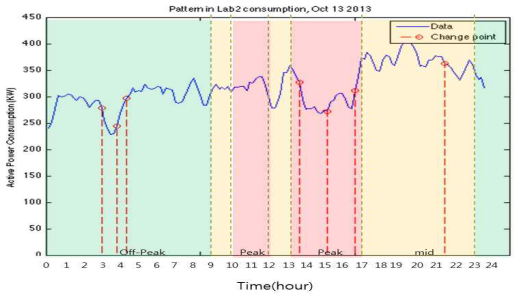

그림 1. '13년 본 건물의 소비전력 최소 Demand
Fig. 1. Consumption Pattern for lab2, (13h October, 2013), on Low demand day

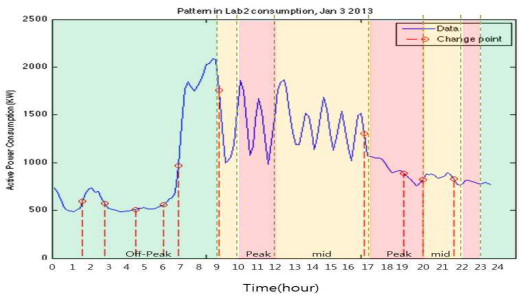

그림 2. 본 건물의 '13년 소비전력 최대 Demand
Fig. 2. Consumption Pattern for lab2, (3rd January, '13) on High demand day

여기서 일간 최대 Demand 값은 연간 기본 전기요

금 결정요인이며 배터리 적용 시 Demand 영향 분석에 의미를 갖는다[3].

표 3은 '13년도 본 건물에 대한 최대 Demand일과 최소 Demand일을 기준으로 에너지비용을 보여주고 있다. 여기서 최대 Demand일은 2,770,800원, 최소 Demand일은 618,280원의 비용을 기록하고 있으며, 각각 ESS적용으로 비용감소를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 월 전기요금은 월간 전기소비량(kWh)과 Demand(kW)를 토대로 식 (1)에 의해 결정된다[4].

표 3. '13년도 건물에 대한 일간 비용(최대 및 최소 Demand일)
Table 3. Daily cost for lab 2, '13 (High demand day and low demand day)

	편익(원)				
	Original Data	ESS Capacity (kWh)			
		500	1000	1500	2000
1월3일 (최대)	2,770,800	18,300	43,500	71,500	109,800
10월13 (최소)	618,280	21,790	43,570	65,360	87,450

$$Ct=Dc\times D+TOU\times w \quad (1)$$

여기서 "*Ct*"는 월 전기요금이며, "*Dc*"는 Demand요금, 그리고 "D"는 Demand를 의미한다. 또한 "*TOU*"는 TOU(Time of Unit)요금, "*w*"는 소비된 전기량을 의미한다. TOU 요금은 통상 계절에 근거를 두는데 전력회사가 제공하는 Demand 옵션은 표 4와 같다. 식 (1)을 적용할 경우의 한 달간 전기요금 산출 예를 살펴보면, "매월전기요금={[7,430(기본요금)×450kW(최대수요)+46.2원(경부하요금)×10시간+92.7원(중간부하요금)×9시간+162원(최대부하요금)×5시간=3,345.9천원]/일}×30일/월"와 같다. 따라서 배터리를 TOU기반으로 운전한다면 경부하시간대 충전, 중간 및 최대부하시간대 방전으로 전기요금 감소가 가능하다. 다만 요금 외에 배터리수명, 운전조건 및 Demand상승 등의 조건에 따라 투자 경제성이 달라지므로 이런 점들이 모두 고려되어야 한다[5].

표 4. 일반용(을) 고압2 요금표
Table 4. The electric charge for general(B) : contract demand of 300kW or more

구분	기본 요금 (원/kWh)	시간대	전력량 요금(원/kWh)		
			여름철 (7-8월)	봄가을철 (3-6, 9-10월)	겨울철 (11-2월)
고압 B/ 선택 2	7,430	경부하	46.2	46.2	50.2
		중간 부하	92.7	16.50	90.90
		최대 부하	162.0	83.90	132.50
시간대		경부하	23:00~09:00		
		중간 부하	09: 00~11: 00 12: 00~13: 00 17: 00~23: 00		09: 00~10: 00 12: 00~17: 00 17: 00~20: 00
		최대 부하	11: 00~12: 00 13: 00~17: 00		10: 00~12: 00 12: 00~17: 00 20: 00~22: 00

2.3 배터리 적용효과

2.3.1 전기 소비관점의 적용효과

아래 표 5는 '13년 월간 소비전력 데이터를 나타내며, 여기서 4, 5, 6, 7의 열은 500, 1,000, 1,500, 그리고 2,000kWh규모 배터리의 적용결과에 대한 월별 편익을 보여주고 있으며 배터리 용량 증대가 편익 증가에 직접연관 됨을 알 수 있다. 가령 '13년 1월에 식 (1)의 요금계산식을 적용할 경우, 배터리 미적용 시 79,315천원의 전기요금이 발생하며, 적용시(용량증대) 경부하시간대 충전, 중간 및 최대부하시간대 방전으로 865천원(=79,315-78,450, 500kWh적용시), 1,874천원(1,000kWh적용시), 3,001(1,500kWh적용시), 4,208천원(2,000kWh적용시)의 이득이 각각 발생한다.

표 6은 '13년 연간 총(365일) 소비전력량과 배터리 적용 시의 비용측면 이득을 나타내고 있고, 배터리용량 증가의 비용편익 영향을 보여주고 있다. 여기서 이득(Cost Benefit)은 배터리 적용, 미적용 시의 차이를 의미한다.

표 5. 건물 취득 데이터 & ESS(비용)
Table 5. Original data Vs. ESS(Cost), 2nd Lab

2nd Lab 2013	소비전력 (kWh)	편익(천원)				
	Original Data	Original Data	ESS Capacity(kWh)			
			500	1000	1500	2000
January	585,500	79,315	865	1,874	3,001	4,208
February	450,120	64,221	974	2,023	3,087	4,114
March	364,700	45,971	664	1,328	1,987	2,642
April	322,710	42,671	648	1,296	1,944	2,583
May	317,900	42,177	670	1,340	2,009	2,669
June	351,400	57,375	1,634	3,267	4,900	6,521
July	369,800	59,954	1,688	3,376	5,064	6,738
August	381,220	61,491	1,686	3,368	5,047	6,690
September	318,860	42,153	649	1,297	1,945	2,583
October	316,430	41,927	670	1,340	2,009	2,674
November	343,870	54,097	1,201	2,406	3,616	4,809
December	455,450	66,452	1,108	2,355	3,537	4,715

표 6. '13년 건물 연간 에너지소비 현황
Table 6. Yearly cost of energy consumption for 2nd Lab, '13

2nd Lab 2013	Cost(천원)				
	Without ESS	With ESS Capacity(kWh)			
		500	1000	1500	2000
Yearly	657,804	645,347	632,534	619,658	606,858
Cost benefit		-12,457	-25,270	-38,146	-50,946

2.3.2 Demand 적용분석

Demand는 일정 시간동안 최대 전력소비에 대한 측정단위다. 본 논문에서 취득 데이터에 대한 Demand는 매 15분 단위로 취해졌다. 일간 데이터 기준으로 96개 Demand가 존재하며 이들 중 최고 Demand 값은 바로 당일의 Demand가 된다. 당월 내에서 최고 Demand를 갖는 날은 최대 피크전력의 날이며 그 값은 그 달의 Demand가 된다. Demand는 매 15분단위의 평균 전력소비로 측정된 것이며 측정은 다음의 방정식과 같이 표현된다.

$$Demand = \sum_{t=1}^{N} \frac{Power\ Consumption(t)}{N} \quad (2)$$

여기서 t는 1분단위의 Sampling Time이며, N은 시간 간격(보통 N=15)이다. 본 건물의 소비전력 데이터가 10분 간격으로 취득되었기 때문에, 10분 데이터를 15분 단위로 교정하기 위해 수정된 방정식을 다음과 같이 사용하였다.

$$Demand = Power\ Consumption(t) + \frac{Power\ Consumption(t+1)}{2} \quad (3)$$

여기서 t는 10분 단위로 Sampling하는 시간 포인트를 의미한다. 방정식 (2)에 근거하여 측정데이터를 기반으로 잠재적인 최대전력수요증가(Demand Violation)는 다음과 같이 효과적으로 방지할 수 있다.

$$\widehat{Demand} \geq 70\%\ of\ Previous\ Demand \quad (\widehat{Demand}: Measured\ Demand) \quad (4)$$

식 (4)에서 측정된 Demand는 이전 Demand보다 70% 이상 높으면, 전력부하상황에 따라 배터리는 전력변환장치(Power Converting System)를 통해 방전되어 Violation을 방지하게 되며 각 단계에 대한 방정식은 다음과 같다.

$$Power\ Consumption(t+1) = Power\ Consumption(t+1) - ESS\ discharge(t+1) \quad (5)$$

이와 같이 잠재적인 Demand Violation이 방지될 수 있으며 그 결과는 다음과 같은 방정식에 의해 확인된다.

$$Demand = Power\ Consumption(t) + \frac{Power\ Consumption(t+1) - ESS\ discharge(t+1)}{2} \quad (6)$$

2.3.3 Demand적용 경제성분석

표 7은 '13년 기간 전체 배터리 적용, 미적용의 경우 각각의 Demand에 대한 총합을 보여준다. 최대 Demand를 갖는 1월은 2,166.1kW, 최소 Demand를 갖는 11월은 781.1kW를 나타낸다. 배터리용량 500~2,000kWh를 각각 적용한 결과가 표 7의 3, 4, 5, 6 열에 나타나 있다. 결과적으로 배터리용량 증가는 Demand를 감소시키지만 간혹 그림 3과 같이 Demand Violation을 유발하는 것을 확인할 수 있었다.

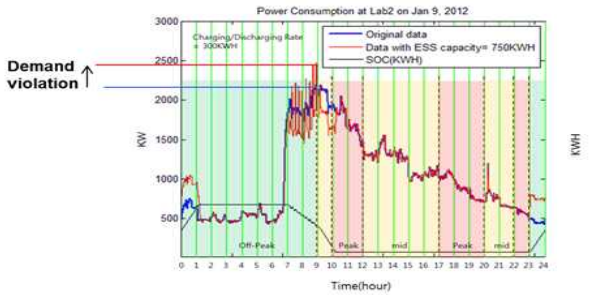

그림 3. Demand Violation 발생
Fig. 3. Occurrence of demand Violation

Demand Violation은 배터리 적용 전에 비해 적용 후 오히려 Demand가 높아지는 현상을 말한다. 그 이유는 배터리 충전잔량(SOC)과 최대 Demand예측 간에 종종 Gap(예측 실패)이 생길 수 있기 때문이다. 표 7은 Demand Violation방지 알고리즘(식 (4)~(6))이 적용되지 않은 통상적인 배터리적용결과를 나타낸다.

2.3.4 Demand Violation 대응방안

Demand Violation을 방지하려면 정교한 수요예측, 배터리 충방전제어 및 TOU등의 요소가 통합적으로 고려되어야 한다. 따라서 배터리 제어프로그램에 의한 정교한 충방전 제어(Demand Violation방지 알고리즘적용, SOC, DOD, C-rate 조건 최적화)가 필수적이다. 이를 위해 그림 4와 같은 Cost-based BEMS가 필요하다.

TOU기반 배터리 충방전은 비용측면에서 이득을 얻을 수 있으나 Demand상승 억제 실패, 배터리 수명단축 등 편익감소의 요인도 될 수 있기 때문에 최적 충방전 제어가 매우 중요하다[4].

표 7. '13년 기준, ESS를 적용한 건물 Demand 데이터
Table 7. Demand data for 2nd Lab, with and without ESS,'13

Month	Demand(KW)				
	Without ESS	With ESS Capacity(kWh)			
		500	1000	1500	2000
January	2,166.1	2,041.1	1,984.9	2,027.4	2,207.8
February	1,921.4	1,825.4	1,888.9	1,933.6	1,944.0
March	1,660.7	1,671.1	1,681.6	1,692.0	1,702.4
April	788.8	780.6	780.6	780.6	814.5
May	798.0	731.4	731.4	731.4	731.4
June	1,242.3	1,242.3	1,242.3	1,242.3	1,242.3
July	1,507.4	1,507.4	1,507.4	1,507.4	1,507.4
August	1,551.8	1,551.8	1,551.8	1,551.8	1,551.8
September	842.1	812.3	812.3	812.3	812.3
October	781.1	740.2	740.2	740.2	776.5
November	1,813.1	1,737.2	1,747.6	1,758.0	1,768.4
December	1,968.0	1,855.0	1,905.5	1,915.9	1,926.3

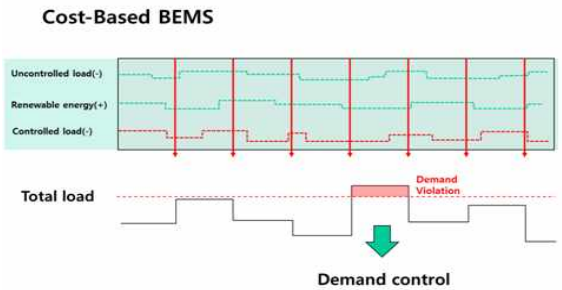

그림 4. Cost-based BEMS 개요
Fig. 4. The depiction of Cost-based BEMS

표 8에서 2열은 최고 Demand 달의 비용편익을, 3열은 Demand를 고려한 년 단위의 비용편익을 보여주고 있는데, 여기서 배터리 적용을 항상 Demand를 줄일 수 있는 것이 아님을 알 수 있다.

표 8. Demand ESS 비용 편익
Table 8. Demand ESS cost benefit

2nd Lab	Won			
	ESS Capacity(kWh)			
	500	1000	1500	2000
Cost benefit (High demand month)	-823,750	-1,194,108	-914,033	274,803
Cost benefit(per year)	-9,885,000	-14,329,296	-10,968,396	3,297,636

여기서는 TOU와 Demand 모두에 기반한 비용편익을 다룬다. 표 9의 마지막 열은 '13년 ESS를 본 건물에 적용하였을 경우에 대한 년간 비용편익인데 이는 연간 소비전력관점(2.3.1항의 표 6)의 비용편익 합계, 연간 Demand(표 8)관점의 비용편익을 함께 고려한 것이다. 여기서 배터리용량이 500kWh에서 1,500kWh로 증가함에 따라 총 비용편익이 함께 증가함을 보여주는데, 2,000kWh용량 이상에서는 오히려 감소하는 것으로 나타났다[5].

표 9. ESS 적용에 따른 총 비용편익
Table 9. Total cost benefit for applying ESS

2nd Lab	단위 : 천원			
	ESS Capacity(kWh)			
	500	1000	1500	2000
Cost benefit(TOU)	-12,457	-25,270	-38,146	-50,946
Cost benefit(Demand)	-9,885	-14,329	-10,968	3,297
Total cost benefit(per year)	-22,342	-39,599	-49,114	-47,648

Return on investment = (gain from investment - cost of investment) / cost of investment where Gain from investment = life cycle (year) x cost benefit per year

* cost benefit per year = cost benefit of TOU control + cost benefit of decrease in Demand.

Cost of investment = price of ESS

2.4 실 초기투자비 기반 배터리 편익산정

2.4.1 '13년 실적데이터 적용 ROI(Return on Investment)

배터리의 Life Cycle(수명주기)과 가격은 보통 기기 제작자에 의해 결정되는데 본 논문에서는 실제 건물에 설치된 배터리, 태양광의 투자대비 ROI 산출을 위해 배터리 Life Cycle을 대략 7년으로 가정하여 추정한 본 건물의 ROI는 표 10과 같다.

여기서 배터리 투자비용이 이득보다 적을 경우 ROI는 양수가 되어 본 건물에 배터리 적용이 효과적임을 알려준다. 그러나 표에서 나타난 결과는 그 반대이며 그 이유는 높은 투자비용 때문이다. 그림 5는 본 건물에 구축된 배터리, 신재생 설비 개략도이다.

표 10. ESS 적용 시 ROI
Table 10. ROI for applying ESS

Description	ESS capacity (kWh)		Note
	500	1000	
①Annual cost benefit with Demand reduction (Won)	-22,342,000	-39,599,296	7 (years)
Gain of investment = ①x7	- 156394000	- 277195072	

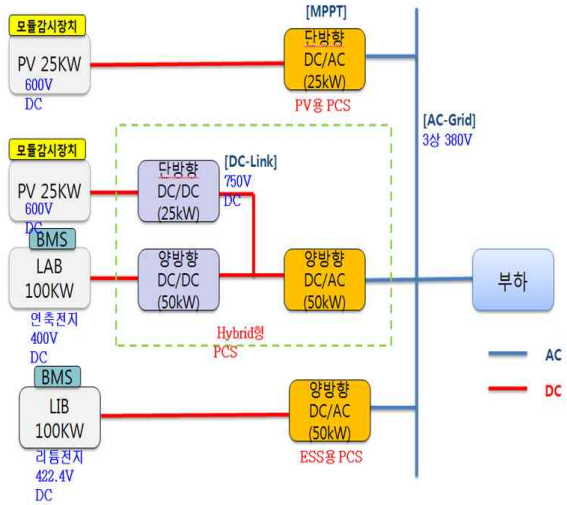

그림 5. 건물 신재생&ESS, PCS설비구축 개요
Fig. 5. The Overview of PV, ESS and PCS

표 11. 배터리 사양
Table 11. Battery Specification

	Lead storage battery		Lithium battery
Capacity	100kWh		100kWh
Charging rate	0.1C		0.5C
Discharging rate	0.25C		0.5C
DOD	30%	50%	80%
Life cycle	1800	1500	3000
Cost(WON)	70,000,000		100,000,000
Gain from investment(WON)	31,918,000	28,623,000	65,938,603
Investment(WON) (cost of battery, PV, initial setup)	470,000,000		500,000,000
ROI	-0.9321	-0.9391	-0.8681
ROI (without cost of initial setup)	-0.9137	-0.9226	-0.8351

* Previous demand=2350KW (lead storage batter does not control demand violation)
* PV of 50kWp is integrated

표 11은 리튬전지와 연축전지 2개의 비교 적용 결과를 나타내는 데 리튬전지 ROI가 연축전지에 비해 더 높은 것으로 나타났다. 그 이유는 가격은 다소 비싸지만 배터리 수명 및 DOD, Life Cycle등에서 리튬전지가 유리하기 때문이다[6]. 표를 통해서 배터리, PV(태양광) 통합 시스템에서 배터리의 투자 경제성 확보가 아직은 어렵다는 것을 확인할 수 있다. 편익 증대를 위해 배터리 사양개선 및 가격인하, 보다 정교한 배터리 제어 방식 등이 필요할 것으로 생각된다[7].

$$\begin{aligned}&\textit{Power consumption with ESS and PV integrated}\\&\quad = \textit{Original power consumption} - \textit{ESS discharge} \times \textit{Energy efficiency}\\&\quad - \textit{PV generation}\end{aligned}$$

Where *PV generation* is generated power from Photovoltaic with the relation:

$$E = A * r * H * PR \tag{7}$$

표 12. 태양광 약어 설명
Table 12. Description for abbreviation of PV

A	Total solar panel Area (m^2)
r	solar panel yield (%)
H	Annual average irradiation on tilted panels (shadings not included)*
PR	Performance ratio, coefficient for losses (range between 0.9 and 0.5, default value = 0.75)
E	Energy (kWh)

식 (7)에서 Energy Efficiency는 배터리 충방전 효율을 의미한다. 그리고 배터리방전은 에너지가 배터리로부터 빠져나가는 비율을 의미한다.

2.4.2 '15년 예측데이터 적용 편익분석

표 13은 '13,4년도 소비전력패턴에 연간증가율을 일부 반영하여 식 (8)에 의해 소비전력 예측 후 그 결과를 도출한 것이다.

$$\textit{Power Consumption in 2015(estimated)} = \frac{(\textit{Power in 2012} + \textit{Power in 2013} + \textit{Power in 2014})}{3} \tag{8}$$

'15년 본 건물에 대한 매월 전기소비 예상비용은 표 13에 나타나 있다. 여기서 1월에 최고 소비전력을 기록하여 연중 최고 요금의 원인이 되며, 최소 소비전력에서 최소 비용이 발생한다. 4,5,6,7 항목에서는 500, 1,000, 1,500 및 2,000kWh로 배터리 적용 시 편익을 보여주고 있다.

표 13. '15년 본 건물 Original 데이터& ESS(비용)
Table 13. Forecast of Original data Vs. ESS (Cost) for '15, 2nd Lab

Lab2 2015	Energy Consumption (kWh)	Cost(천원)				
	Original Data	Original Data	ESS Capacity (kWh)			
			500	1000	1500	2000
January	553,280	73,997	1,040	2,130	3,197	4,327
February	476,320	65,629	975	2,012	3,126	4,220
March	412,740	47,613	658	1,320	1,979	2,638
April	337,050	41,416	648	1,296	1,944	2,592
May	321,830	40,077	670	1,340	2,010	2,675
June	341,890	54,109	1,633	3,266	4,899	6,533
Cost benefit		322,841	5,624.5	11,365	17,156	22,987

통상 동계에 Demand가 높은 날이 많으며 봄, 가을에 Demand가 낮다. 또한 주중에 Demand가 높고, 주말에 Demand가 낮다. 소비전력 요금은 TOU와 Demand기반으로 이루어지는데 중간 혹은 최대부하시간대에 비해 경부하시간대가 상대적으로 낮게 나온다.

전기요금표를 통해 피크시간대에 경부하시간대 보다 2배 이상의 요금이 부과됨을 알 수 있는데, 이를 기반으로 배터리의 경부하 시간대 충전과 피크시간대 방전 방식의 시뮬레이션 결과 배터리의 유용성을 확인 할 수 있었다. 또한 Demand제어 이득은 연중 가장 Demand가 높을 때에 적용하여 얻을 수 있었는데, 주지하는 바와 같이 그 것은 차기 년도의 기본요금 결정 요인이 된다. 시뮬레이션을 통해 배터리 적용으로 소비전력을 줄일 수 있음을 확인하였고, 용량 증가로 편익을 더욱 증가 시킬 수 있지만 설비투자비 대비 총 편익(ROI)은 아직 부족하며 편익개선 요인(설비가격, 제어방법 등)이 여전히 숙제로 남아있음을 확인할 수 있었다. 이와 관련하여 그림 6, 7은 ESS의 수동, 자동 제어 각각의 경우를 비교하고 있으며 수동제어 시는

단순히 경부하 충전, 중간 및 최대부하 방전방식을 취하지만, 자동제어는 TOU는 물론, 신재생에너지 등 발전원과 가용 부하자원을 고려하여 ESS충방전을 함으로써 TOU기반제어의 단점을 극복하고 Demand와 ESS최적제어를 통해 경제성향상이 가능함을 보여주고 있다.

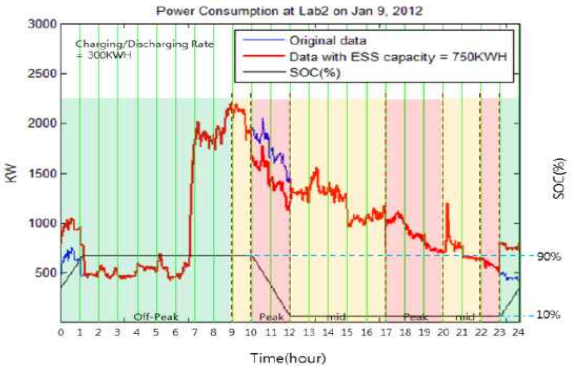

그림 6. ESS 수동제어 결과 그래프
Fig. 6. The Graph for ESS manual control

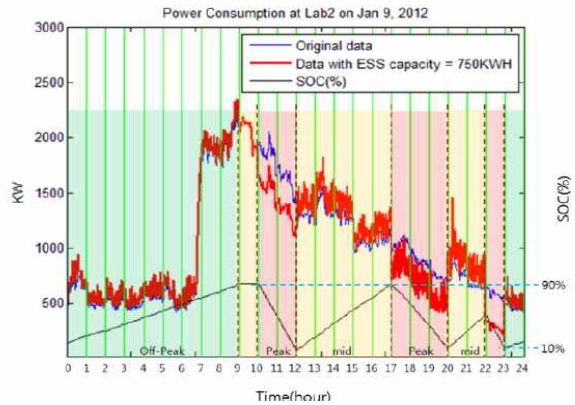

그림 7. ESS 컴퓨터 제어결과 그래프
Fig. 7. The Graph for ESS computerized control

3. 결 론

본 논문을 통해 분석 대상 건물의 최대 Demand, 최소 Demand일의 부하패턴, 월간 및 연간 소비전기요금, 배터리 적용 및 미적용 시의 편익을 각각 확인하였다. 그 결과 전기요금 및 Demand상의 이득은 발생하지만 초기투자비를 고려한 총 편익지표 ROI는 음의 값으로 나타났음을 확인하였다. 건물의 배터리적용이 운영방법에 따라 간혹 Demand 증가를 초래할 수도 있기 때문에 이를 방지할 수 있는 별도의 알고리즘을 통한 정밀한 제어가 필요함도 알게 되었다.

ROI 향상을 위해서는 배터리가격 인하, 배터리 효율 및 수명과 연관된 변수(DOD, SOC, C-rate 등)와 TOU를 함께 고려한 분석, 운전방법이 필요함을 깨닫게 되었는데 신재생, 배터리 설비가격, 사양을 반영한 실 건물기반 편익 분석을 통해 이러한 점들을 확인하였다. 결론적으로 편익향상을 위해 배터리 가격인하 및 최적운전, Cost based-BEMS제어 및 Demand관리 등이 종합적으로 고려될 때 의미 있는 ROI개선이 가능할 것으로 생각되며, 향후 관련 다양한 시험 및 연구분석을 통해 실질적인 편익향상을 얻을 수 있는 방안들이 지속 도출되어야 할 것으로 사료된다.

References

[1] Architectural sustainable environment and building system, Special Issue, pp19, 2010.4.
[2] DRRC, Ernest Orlando Lawrence Berkely National Laboratory, 2007. A-13.
[3] KEPCO, A study on the Practical DSM Policies in the Power Utilities, pp. 97~100.
[4] KEPCO, DSM theory and practice, pp. 227~230. 2002.11.
[5] KEMC, A study on the cooler DLC for large building, pp.9~12, 2000.10.
[6] DOE/NETL, Market Analysis of Emerging Electric Energy Storage Systems, pp. 13~17, 2008 July.
[7] KEPCO, The study for validity of adopting new DSM resources and developing supporting program, pp. 263~266, 2012.

◇ 저자소개 ◇

양승권(梁承權)
1962년 12월 10일생. 1985년 아주대학교 전자공학과 졸업. 1989년 조선대학교 산업대학원 졸업. 2002년~현재 충남대학교 정보통신공학 박사수료.