ISSN 1975-8359(Print) / ISSN 2287-4364(Online)
The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers Vol. 62, No. 10, pp. 1390~1396, 2013
http://dx.doi.org/10.5370/KIEE.2013.62.10.1390

전력소비자 수요관리용 전지전력저장시스템의 적정 가격 산정

Estimation of Reasonable Price of Battery Energy Storage System for Electricity Customers Demand Management

김 슬 기† · 조 경 희* · 김 종 율* · 김 응 상*
(Seul-Ki Kim · Kyeong-Hee Cho · Jong-Yul Kim · Eung-Sang Kim)

Abstract - The paper estimated the reasonable market price of lead-acid battery energy storage system (BESS) intended for demand management of electricity customers. As time-of-use (TOU) tariffs have extended to a larger number of customers and gaps in the peak and off-peak rates have gradually risen, deployment of BESS has been highly needed. However, immature engineering techniques, lack of field experiences and high initial investment cost have been barriers to opening up ESS markets. This paper assessed electricity cost that BESS operation could save for customers and, based on the possible cost savings, estimated reasonable prices at which BESSs could become a more prospective option for demand management of customers. Battery scheduling was optimized to maximize the electricity cost savings that BESS would possibly achieve under TOU tariffs conditions. Basic economic factors such as payback period and return on investment were calculated to determine reasonable market prices. Actual load data of 12 industrial customers were used for case studies.

Key Words : Battery energy storage system, Demand management, Optimal scheduling, Market price, Time of use tariffs, Electricity cost savings

1. 서 론

매년 증가하는 최대전력수요관리의 중요성과 정부의 에너지저장장치 육성 보급 정책으로 인하여, 2013년 5월부터 계시별 요금제가 계약전력 100kW 이상의 전력소비자(이하 소비자)로 확대됨에 따라 약 16만 8천 소비자가 변동요금제의 적용을 받게 되었다. 새로이 계시별 요금제의 적용을 받는 소비자는 부하사용패턴에 따라 약 30~40% 정도의 요금 증가가 예상되며, 약 7~8%에 달하는 최근 5년간의 기본요금 및 전력량요금 편차의 인상 수준으로 볼 때 소비자의 부담은 더욱더 증가할 것으로 보인다 [1, 2]. 더욱이 전력산업 규제와 공공재로서 인식되는 특수성으로 인하여 우리나라 전기요금은 여전히 낮은 수준이므로 우리가 처한 에너지 위기와 전력수요관리의 시급성으로 볼 때 당분간의 지속적인 인상은 피할 수 없는 형편이다. 계시별요금제가 적용되는 대부분의 소비자는 전기가 생산활동의 중요한 부분이 되는 상업용 및 산업용 소비자로서 전기요금의 부담은 생계의 부담으로 이루어진다. 따라서 다양한 형태의 소비자 수요관리 기술의 보급 확산이 필요하며, 전지전력저장시스템을 이용한 소비자 전력소비패턴의 개선은 능동적인 수요관리의 대표기술이라고 할 수 있다 [3-8].

이차전지를 이용한 전력저장시스템의 요소기술은 이미 상용화단계에 이르렀으나, 수요관리 시장으로의 보급은 활성화되지 않고 있는데, 이는 다양한 실증을 통해 얻을 수 있는 시스템 엔지니어링 기술과 운전 경험의 부족, 그리고 보급을 위한 적정가격에 대한 공감대가 부족한 것으로 볼 수 있다. 효과에 비해 시설 투자비가 크기 때문에 소비자 입장에서도 BESS의 도입을 적극적으로 고려하지 않고 있으며, 시장이 확산되지 않으므로 양산체제로의 전환을 통한 시설비의 하락이 이루어지지 않고 있는 상황이다.

본 논문에서는 현행 계시별 요금제 수준에서 수요관리 BESS의 활발한 시장보급을 위한 적정가격을 소비자의 수익 관점에서 산정하였다. 정부의 보조금 정책, 시범보급사업 추진 등으로 초기 시장을 형성한다하더라도 시장의 활성화는 궁극적으로 소비자들의 자발적인 투자의지에 달려 있다고 할 때, 현재 제반환경에서의 적정가격 수준을 가늠하는 것은 시급한 일이라고 판단된다. 다양한 종류의 이차전지가 상용으로 개발되고 있지만, 비교적 저출력의 고 에너지용량이 요구되는 현행 계시별 요금제의 특성과 전지의 가격 등 경제성과 기술적인 면에서 가장 시장보급에 다가와 있는 연축전지 기반의 BESS를 대상으로 하였다. 전기요금 최소화를 위한 BESS의 최적 충방전 계획 모형을 사용하여 소비자의 수익을 계산하였으며, 이모형에서는 연축전지의 충방전 속도에 따른 효율과 사용횟수에 따른 충전용량의 감소가 고려되었다. 사례연구에서는 규모나 부하사용 패턴 면에서 수요관리 BESS의 적절한 소비자로 적절한 아파트형 공장들의 실측 수집된 부하를 바탕으로 현재 요금체계에서 소비자에게 적

* Smart Distribution Research Center, Advanced Power Grid Research Division, Korea Electrotechnology Research Institute, Korea
† Corresponding Author : Smart Distribution Research Center, Advanced Power Grid Research Division, Korea Electrotechnology Research Institute, Korea
E-mail : blksheep@keri.re.kr
Received : July 3, 2013; Accepted : September 28, 2013

정한 수익을 제공할 수 있는 가격을 산정하였다.

2. 소비자 수요관리용 BESS

수요관리 BESS는 배터리를 이용하여 특정시간대에 소비자의 최대수요를 제한하고 전기요금이 낮은 시간대에 충전을 하여 요금이 높은 시간대에 방전을 하는 등의 전략을 통하여 소비자의 전기소비패턴을 능동적으로 조절함으로써 소비자의 전기요금을 최소화하거나, 수요반응 프로그램에 참여하여 수요조정 인센티브 수익을 올릴 수 있다 [4, 8]. 운전전략은 시행 중인 요금제나 수요반응 프로그램에 따라 달라질 수 있으며, 현재 국내에서 전력시장에서 직거래를 하고 있는 대규모 소비자를 제외한 일반 소비자를 대상으로 시행 중인 제도를 고려할 때 가능한 수요관리 전략은 표 1과 같이 요약할 수 있다. 국내의 수요반응 프로그램[9]은 매 2-3년 단위로 임시 적용하고 있으며 시행기간 또한 2-3주 정도의 짧은 기간에 한정되어 소비자 입장에서는 BESS를 통하여 고정된 수익을 올리기 힘드므로, 본 논문에서는 계약전력 300kW 이상의 소비자에 적용되는 계시별 요금제에 맞춰 전기요금 최소화하는 방식을 수요관리 BESS의 기본 운전전략으로 설정하였다.

표 1 수요관리 BESS의 운전전략 예
Table 1 Typical demand management strategy of BESS

운전 전략	전기요금 최소화	수요반응 인센티브 최대화
내용	최대수요 삭감을 통한 기본요금 최소화 시간대별 충방전을 통한 전력량요금 최소화	사전에 공시된 수요조정기간동안 수요관리를 통하여 수요반응 인센티브 최대화
시행 제도	계시별 요금제	수요반응 프로그램(주간예고/지정기간/비상절전 등)
대상 소비자	계약용량 300kW이상의 고객	최대수요전력 300kW 이상의 일반용 및 산업용 고객
시행 기간	상시	임시 (전력수요 집중 기간 등 비상시)

3. 적정 가격 산정 절차

소비자 수요관리 BESS의 적정 시장가격을 산정하기 위한 사용된 절차는 그림 1과 같다. 먼저 소비자의 연간 부하 데이터를 이용하여 BESS 적용 전의 연간 전기요금을 계산하고, BESS를 설치하여 연간 최적충방전 시 연간 전기요금 절감액을 계산하였다. 그리고 전기요금 인상률과 할인율을 적용하여 매년 전기요금 절감액을 현가화하여 BESS 사용기간 동안의 소비자의 수익을 계산하였다. 이로부터 투자비 회수기간과 투자 수익률을 산출하여 적정 시장가격을 산정하였다.

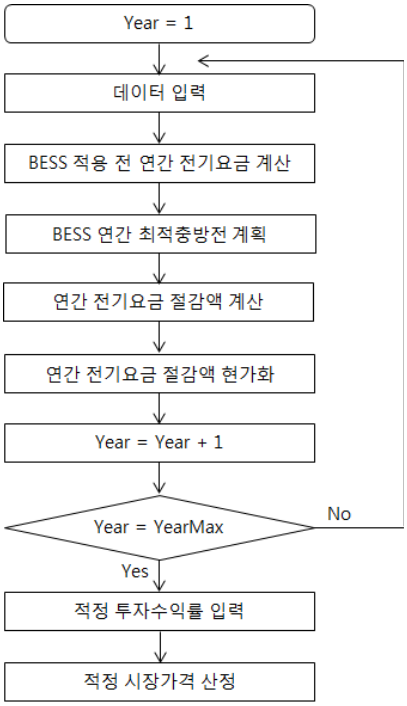

그림 1 BESS 적정가격 산정 절차
Fig. 1 Reasonable price estimation process

3.1 연간 전기요금 계산

계시별 요금제 대상이 되는 계약용량 300kW 이상의 소비자의 전기요금은 기본요금과 전력량요금으로 구성되며, 기본요금과 전력량요금의 합계에 전력산업기반기금(3.7%)과 부가가치세(10%)가 포함되어 청구금액이 결정된다. 기본요금은 계약전력을 기준으로 하나, 최대수요전력계를 설치한 소비자는 검침당월을 포함한 직전 12개월 중 12월분, 1월분, 2월분, 7월분, 8월분, 9월분 및 당월분의 최대수요전력 중 가장 큰 최대수요전력을 요금적용전력으로 하여 기본요금을 산정한다[10]. 전력량요금은 실제 사용한 전력사용량에 대하여 부과되는 요금으로서, 소비자의 시간별 전력사용량과 해당 시간의 전력량요금 단가를 곱하여 계산한다. 연간 전력량요금 및 연간 기본요금은 각각 식 (1) 및 식 (2)과 같이 계산하였으며[11], 두 요금을 합산하여 연간 전기요금을 산출하였다.

$$\text{연간전력량요금[원]} = 1.137\sum_{i=1}^{12}\left\{n_i\sum_{j=1}^{24}(P_{ij}C_{ij})\right\} \quad (1)$$

$$\text{연간기본요금[원]} = 1.137\sum_{i=1}^{12}(P_{peak,i}B) \quad (2)$$

여기서, i : 월 (단, i= 1~12)
j : 해당 시간 (단, j=1~24)
n_i : i월의 일 수
P_{ij} : i월 평균 부하곡선에서 j시의 전력사용량[kWh]
C_{ij} : i월 j시의 전력량요금단가[원/kWh]
$P_{peak,i}$: i월 기본요금적용 최대수요전력 [kW]
B : 기본요금 단가 [원/kW]

3.2 연간 최적 충방전 계획

연간 최적 충방전계획은 소비자의 연간 전기요금을 최소화하기 위한 BESS의 충방전량을 결정하는 것으로서, 연간 전기요금은 최대수요전력에 따른 기본요금과 전력량 사용에 대한 전력량요금으로 구분되므로, BESS를 이용하여 기존의 최대수요를 최대한 낮춤으로써 기본요금을 최소화하고, 낮춰진 최대수요를 제약조건으로 두어 소비자의 전력량요금이 최소가 되도록 BESS의 시간별 충방전량을 최적화하는 방법을 사용하였다[11].

그림 2는 본 연구에서 사용된 연간 최적 충방전 계획 수립도이며, 절차는 다음과 같다.

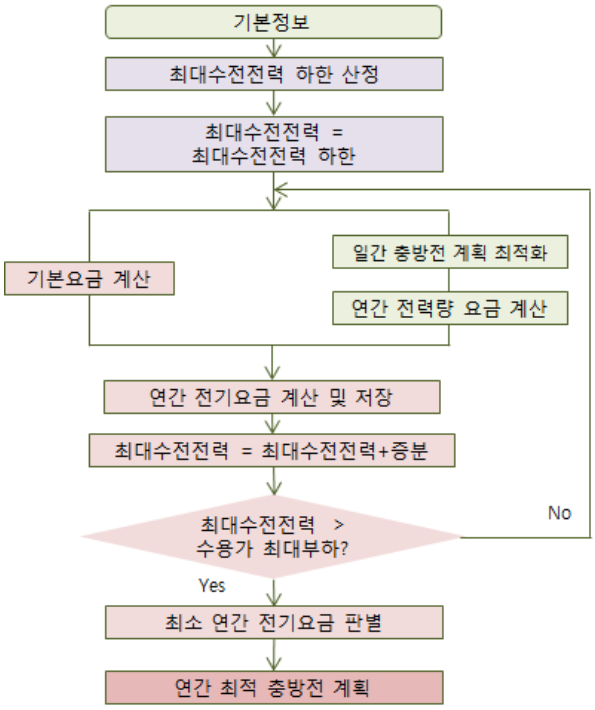

그림 3 연간 충방전계획 최적화 절차
Fig. 2 Annual scheduling optimization process

① 대상 BESS의 정격출력 및 용량으로 최대한 제한할 수 있는 소비자의 최대부하 산정 (최대수전전력 하한)
② 최대수전전력 하한으로부터 소비자의 연간 기본요금 계산
③ 최대수전전력을 제약조건으로 설정하고 매월 근무일 및 공휴일의 평균부하곡선에 대한 일간 충방전계획 수립
④ 수립된 일간 충방전계획으로부터 연간 전력량요금 계산
⑤ 연간 기본요금과 연간 전력량요금을 합하여 BESS에 의해 최소화된 연간 전기요금을 산출

주어진 용량의 BESS로 제한할 수 있는 소비자의 최대수전전력은 매월 최대부하일 곡선을 이용하여 그림 3의 방법으로 산출하였다.

일간 최적 충방전 계획에서는 해당일의 전력량요금을 목적함수로 두고, 제약조건으로는 BESS의 정격 충방전 출력, BESS의 전지용량 및 소비자의 최소 및 최대수전전력을 두어 그림 4와 같이 정식화하였다.

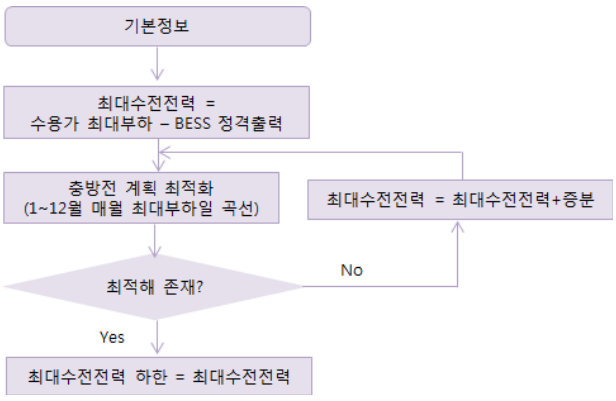

그림 4 최대수전전력 선정 방법
Fig. 3 Process for setting peak load limit

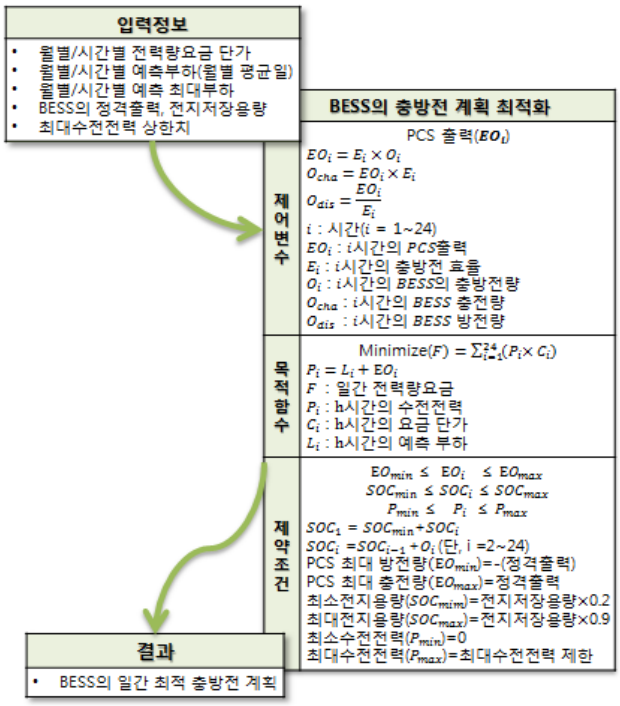

그림 4 일간 충방전계획 최적화 모형
Fig. 4 Daily scheduling optimization model

3.3 연간 전기요금 절감액 계산 및 현가화

연간 전기요금 절감액은 BESS 적용 전의 연간 전기요금과 적용 후의 연간 전기요금의 차이로 구할 수 있다. 매년 구해지는 전기요금 절감액 중 기본요금 절감액은 kW당 기본요금단가의 증가에 따라 커지고, 전력량요금 절감액은 시간대별 전력량요금 편차가 증가함에 따라 커지므로, 적정한 할인율을 고려하여 연간 전기요금 절감액을 식 (3)을 이용하여 현가화하였다.

$$A_n' = A_n\left(\frac{1+\alpha}{1+\gamma}\right)^n,\ B_n' = B_n\left(\frac{1+\beta}{1+\gamma}\right)^n,\ C_n' = A_n' + B_n' \qquad (3)$$

단, A_n'와 B_n'는 각각 n 번째 해의 현가화된 연간 기본요금 절감액 및 연간 전력량요금 절감액, A_n와 B_n는 각각 n 번째 해의 연간 기본요금 및 전력량요금 절감액, a는 기본요금 인상률, β는 전력량요금 편차 인상률, y는 할인율, C_n'은 n 번째 해의 현가화된 연간 전기요금 절감액이다.

3.4. 적정가격 산정

투자회수기간은 전체 누적절감액이 투자비와 동일해지는 시점으로서, 전체 누적절감액이 투자비를 초과하는 최초 연도에서 투자비를 초과한 개월 수를 감하여 산정할 수 있다. 투자비 초과 개월 수는 총 누적절감액에서 투자비를 뺀 값을 최초초과연도 절감액으로 나누어서 구할 수 있다. 투자수익률은 투자비에 대한 BESS 사용수명 동안의 총 누적절감액을 복리로 연평균하여 구한 연 평균 수익률이다. 따라서, BESS 적용에 의한 투자회수기간 P 및 투자수익률 R은 식 (4)와 같이 계산할 수 있으며, 이로부터 목표 투자수익률에 대한 적정 투자비 D_R은 식 (5)와 같이 구할 수 있다.

$$P = M - \frac{\left(\sum_{n=1}^{M} C_n'\right) - D}{C_M'}, \qquad R = \left(\frac{\sum_{n=1}^{L} C_n'}{D}\right)^{\frac{1}{L}} - 1 \tag{4}$$

여기서, D는 투자비, M은 총 누적절감액이 투자비를 넘는 최초 연도, L은 ESS의 사용수명[년]이다.

$$D_R = \frac{\sum_{n=1}^{L} C_n'}{(R+1)^L} \tag{5}$$

4. 사례연구

근래 공장 및 산업시설과 근린생활시설 등이 하나의 공간에 입주되어 있는 아파트형 공장이 수도권 및 광역시를 중심으로 급증하고 있다[12]. 아파트형 공장은 계약용량이 수 MW 규모이며, 근무시간과 비근무시간의 전력사용 차이가 크기 때문에, 규모나 부하사용 패턴 면에서 수요관리 BESS의 적절한 수요처로 사료된다. 사례연구에서는 구로 디지털 공단의 아파트형공장들을 대상으로 수요관리 BESS를 적용했을 때의 전기요금 절감액을 산정하고 이에 따른 소비자의 자발적인 참여를 이끌어 낼 수 있는 적정가격을 산정하였다.

4.1. 대상 소비자

구로 디지털 공단의 계약용량 3-4MW 규모를 갖는 아파트형 공장들 중 12개소를 대상으로 하였으며, 2010년 1년 동안 1시간 단위로 수집된 전력사용량 데이터를 사용하여, 각 아파트형 공장에 대하여 매월 근무일/공휴일 평균부하곡선 및 최대부하일 곡선 산출하였다. 표 2는 사례연구 대상 소비자에 대한 요약정보이며, 2013년 1월 14일 시행 기준의 산업용 전력을 고압A 선택II 요금제를 사용하여 연간전기요금을 계산하였다. 표 3과 4는 사례분석에 사용된 전기요금표와 차등요금 적용시간표를 나타낸다.

표 2 사례연구 대상 소비자의 기본 정보
Table 2 Basic information of studied customers

소비자	계약용량	연간피크	연간 전기요금
A	3,350kW	2,090kW	842,889천원
B	3,000kW	2,054kW	799,974천원
C	3,350kW	2,060kW	832,205천원
D	3,000kW	1,631kW	794,565천원
E	3,350kW	2,214kW	817,779천원
F	3,500kW	2,149kW	783,222천원
G	3,500kW	1,709kW	658,483천원
H	3,250kW	2,673kW	1,024,106천원
I	3,100kW	1,729kW	724,305천원
J	3,250kW	1,786kW	894,927천원
K	3,750kW	2,421kW	1,042,578천원
L	4,000kW	1,936kW	837,414천원

표 3 전기요금표 (산업용을 고압 A 선택 II)
Table 3 TOU tariff schedule for Industry customers (high voltage A and Option II)

기본 요금 [원/kW]	전력량요금 [원/kWh]			
	시간대	여름철 (7,8월)	봄,가을철 (3~6월, 9~10월)	겨울철 (11~2월)
8,050	경부하	53.8	53.8	60
	중간부하	106.9	77.1	105.1
	최대부하	187.2	107.1	160.3

표 4 경부하, 중간부하 및 최대부하 요금 적용 시간
Table 4 Time zones for off-peak, mid-peak and peak load

시간대	여름철 (7,8월)	봄,가을철 (3~6월, 9~10월)	겨울철 (11~2월)
경부하	23~09	23~09	23~09
중간부하	09~11 12~13 17~23	09~11 12~13 17~23	09~10 12~17 20~22
최대부하	11~12 13~17	11~12 13~17	10~12 17~20 22~23

그림 5, 6 및 7은 15개의 대상 소비자 분석에 사용된 부하곡선들 중에 소비자 C에 적용된 부하곡선 데이터로서, 각각 매월 근무일 평균 부하곡선, 매월 공휴일 평균부하곡선 그리고 매월 최대부하일 부하곡선을 나타낸다.

4.2. BESS 및 기타 파라미터

BESS 정격 및 용량은 소비자 부하패턴, 투자비 제약, 절감효과 등에 따라 다양한 방식으로 결정할 수 있다. 현재 실증이나 보급사업에서 개발되거나 제품화되어 있는 중대용량의 충방전 PCS 용량이 100kW, 250kW, 500kW의 단위로 구성되는 점과, 용량대비 절감율 효과를 비교한 결과 5시간

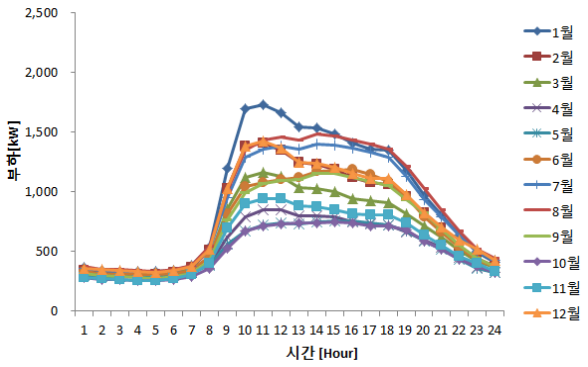

그림 5 소비자 C의 근무일 평균부하곡선
Fig. 5 workday average load curves (customer C)

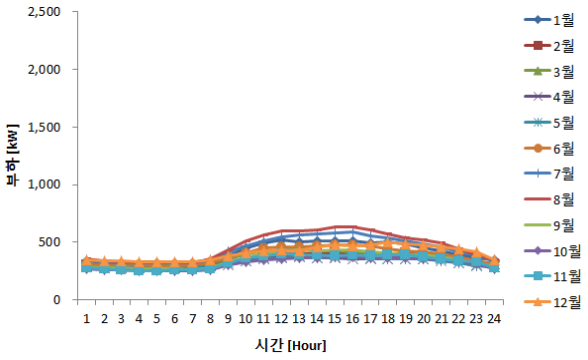

그림 6 소비자 C의 공휴일 평균부하곡선
Fig. 6 holiday average load curves (customer C)

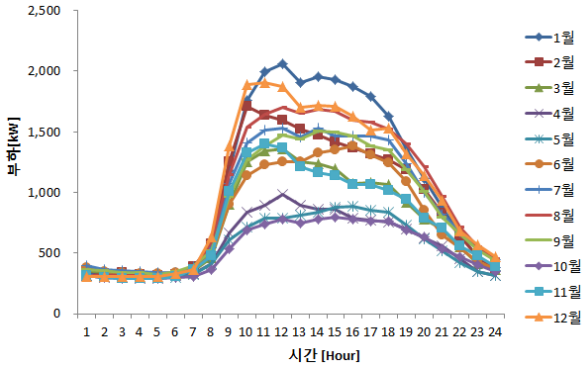

그림 7 소비자 C의 최대부하일 곡선
Fig. 7 Peak-day average load curves (customer C)

율이 적정한 점을 고려하여, 250kW/1,250kWh과 500kW/2,500kW 두 용량을 선정하였다. 적정가격 산정에 사용된 파라미터를 요약하면 다음과 같다.

- BESS 용량: 250kW/1,250kWh, 500kW/2,500kWh
- PCS 효율: 유로효율 기준으로 95%로 가정
- 전지 Cycle 효율: 장수명 납축전지 사용 시, 방전심도 70%로 2,000회 충방전 시 초기용량의 80%로 감소 가정
- 사용수명: 상기의 전지 사이클 효율을 고려하여, 매일 1회 충방전하여 초기용량의 60%까지 감소하는 데 걸리는 시간 약 10년을 사용수명으로 가정[13]
- 전지 가용 용량: 배터리시스템의 SOC의 20%~90%에서 가용
- 전지 충방전 효율(표 5)

표 5 납축전지 충방전 전류에 따른 효율
Table 5 lead-acid battery charging/discharging efficiency

시간율	(충)방전 전류	효율
10	0.1C	1.0
5	0.2C	0.888
3	0.333C	0.782
1	1C	0.578
0.5	2C	0.444

- 전기요금 인상률: 최근 5년간 기본요금과 전력량요금 인상률 고려[10] (표 6)
- 할인율: 5.5%로 가정 [14]

표 6 최근 5년간 전기요금 인상률
Table 6 Recent 5 years growth rate of electricity prices

	기본 요금	전력량요금 편차			
		여름	겨울	봄가을	평균
최근 5년 평균 인상률	7.34%	7.55%	11.1%	6.39%	8.49%

4.3. 소비자별 전기요금 절감액

전기요금 절감액은 기본요금 절감액과 전력량요금 절감액으로 나누어지며, 그림 2, 3 및 4의 방법에 따라 각 소비자의 BESS 사용연도별 요금절감액을 계산하고, 이를 투자시

표 7 사용연도별 요금절감액 (소비자 C)
Table 7 Yearly cost savings for customer C

사용 연도	현가화 전			현가화 후		
	기본요금 절감액	전력량 요금 절감액	총 절감액	기본요금 절감액	전력량 요금 절감액	총 절감액
1	25,853	25,035	50,888	26,294	25,747	52,041
2	25,337	23,848	49,185	26,208	25,224	51,432
3	24,787	23,226	48,013	26,078	25,264	51,342
4	24,227	22,430	46,657	25,923	25,092	51,015
5	23,678	21,187	44,865	25,768	24,375	50,143
6	23,030	20,368	43,398	25,490	24,099	49,590
7	22,536	19,668	42,203	25,369	23,933	49,302
8	21,921	18,625	40,546	25,098	23,309	48,406
9	21,426	17,773	39,199	24,950	22,875	47,825
10	20,844	16,860	37,704	24,687	22,316	47,003
합계	233,639	209,019	442,658	255,866	242,234	498,100

단위: 천원

점으로 현가화하였다. 표 7은 소비자 C의 BESS 적용연도별 요금절감액과 현가화한 이후의 절감액을 나타내는데, 다른 소비자들에 대해서도 동일한 방식으로 계산하여 10년간 누적절감액을 산출하였다. 표 8은 250kW/1,250kWh(용량 1) 및 500kW/2,500kWh(용량 2) 두 용량의 BESS 적용 시 소비자들의 현가화된 10년간 전기요금 누적절감액 산출 결과를 나타낸다.

표 8 대상 소비자의 전기요금 누적절감액

Table 8 Accumulated electricity cost savings for studied customers

소비자	250kW/1,250kWh			500kW/2,500kWh		
	기본요금 누적 절감액	전력량 요금 누적 절감액	전체 누적 절감액	기본요금 누적 절감액	전력량 요금 누적 절감액	전체 누적 절감액
A	298,026	243,685	541,712	450,446	472,882	923,328
B	263,627	243,208	506,835	374,296	462,268	836,564
C	255,866	242,234	498,100	382,274	463,510	845,783
D	249,658	236,415	486,072	364,904	440,702	805,607
E	263,741	241,650	505,391	395,456	458,451	853,907
F	293,250	243,648	536,898	453,924	454,271	908,195
G	295,224	242,104	537,328	421,377	465,116	886,493
H	288,222	243,465	531,687	426,234	473,134	899,368
I	277,124	243,845	520,969	392,341	460,439	852,780
J	275,590	239,404	514,994	372,106	435,155	807,262
K	244,028	242,675	486,703	383,675	478,272	861,947
L	278,421	243,405	521,826	435,276	462,465	897,741

단위: 천원

소비자의 연간피크와 용량 1 및 용량 2에 대한 누적절감액을 그림 8와 같이 소비자의 연간전기요금과 누적절감액을 그림 9와 같이 나타낼 수 있으며, 이로부터 사례연구 대상 소비자의 누적절감액은 연간피크의 크기나 연간전기요금의 크기와는 관계없이 용량 1의 경우 약 486~542백만원, 용량 2의 경우 약 806~923백만원 범위에서 형성되는 것을 알 수 있다.

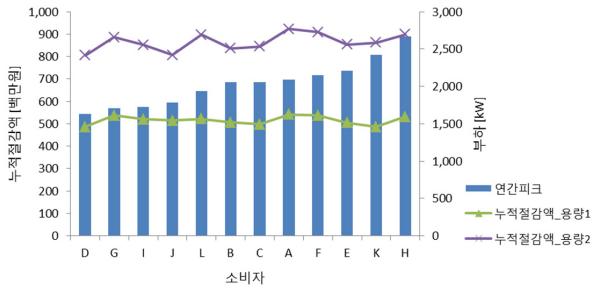

그림 8 소비자의 연간피크와 누적절감액

Fig. 8 Annual peaks and accumulated cost savings for studied customers

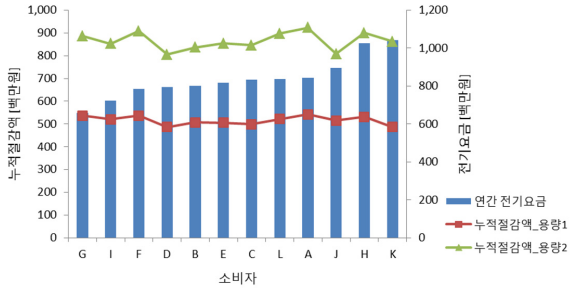

그림 9 소비자의 연간요금과 누적절감액

Fig. 9 Annual electricity costs and accumulated cost savings for studied customers

4.4. 적정가격 산정

소비자의 투자의지를 끌어내기 위한 지수를 연간투자수익률로 하고, 누적절감액이 시중 은행 정기예금 금리 수준 이상일 경우 투자할만한 것으로 가정하였다.

2013년 5월 현재 시중은행 정기예금 금리는 세전 2.6~3.1% 세후 2.2~2.6% 수준이므로, 본 사례연구에서는 연 수익률 3%를 최소 투자기준으로 적용하였다. 이로부터 표 8의 결과에서 식(4)와 식(5)를 사용하여 소비자별 용량 1 및 용량 2에 대한 적정가격을 산정하면 표 9와 같다. 따라서 수요관리 BESS가 현재 전력산업 환경에서 시장성을 갖기 위해서 소비자가 부담해야 할 설비비용은 250kW/1,250kW 시스템은 361~403백만원, 그리고 500kW/2,500kWh 시스템은 599~687백만원 수준 이하이어야 한다.

표 9 소비자별 BESS 적정가격 산정 결과

Table 9 Reasonable prices of BESS for studied customers

소비자	250kW/1,250kWh			500kW/2,500kWh		
	누적 절감액	적정가격	투자회 수기간	누적 절감액	적정가격	투자회 수기간
A	541,712	403,084	7.41	923,328	687,043	7.34
B	506,835	377,133	7.32	836,564	622,482	7.35
C	498,100	370,633	7.33	845,783	629,342	7.34
D	486,072	361,684	7.33	805,607	599,447	7.33
E	505,391	376,059	7.33	853,907	635,387	7.33
F	536,898	399,502	7.37	908,195	675,782	7.34
G	537,328	399,822	7.39	886,493	659,634	7.34
H	531,687	395,625	7.34	899,368	669,214	7.33
I	520,969	387,649	7.33	852,780	634,549	7.36
J	514,994	383,204	7.37	807,262	600,678	7.37
K	486,703	362,153	7.27	861,947	641,370	7.32
L	521,826	388,287	7.30	897,741	668,004	7.32

단위: 천원, 년

5. 결 론

본 논문에서는 계시별 요금제, 소비자의 부하사용패턴, 전기요금 변동율 등 현재의 전력산업 환경에서 수요관리용 BESS의 시장보급을 위한 적정 설비비를 소비자의 수익을 고려하여 산정하였다. 저출력 고용량이 요구되는 현행 계시

별 요금제의 특성에 부합하고 가격적인 면에서 장점을 갖고 있는 연축전지 시스템을 대상으로 하였으며, 기본요금과 전력량요금을 최소화하기 위한 최적 충방전계획 모형을 이용하여 BESS 사용에 의한 전기요금절감 누적액을 산정하고, 이로부터 적정 투자수익률을 입력하여 시스템의 적정 비용을 산정하였다.

구로 디지털 공단의 아파트형 공장 중 12개소를 대상으로 산정한 결과, 250kW/1,250kWh 시스템의 경우 약 361~403 백만원 이하, 500kW/2,500kWh 시스템의 경우 약 599~687 백만원 수준 이하가 되어야 소비자의 자발적인 설치를 이끌어 낼 수 있을 것으로 나타났다. 이 적정비용은 배터리 시스템, 충방전 장치, 운영시스템, 공사비 등의 설비 설치에 소요되는 모든 비용의 합친 것으로서, 공급자의 단가개선, 정부의 보조금 정책, 시범보급사업 지원 등의 다양한 노력을 통해 소비자가 부담해야 하는 비용을 적정 수준으로 내리는 것이 시급한 일이라고 사료된다.

References

[1] Ministry of Trade, Industry & Energy, “Promotion of High-capacity Energy Storage System Supply”. 2012. 7. 27.

[2] Ministry of Trade, Industry & Energy, “2013 Smart grid implementation plan”, Announcement, No. 2013-112, 2013. 6. 4.

[3] Sung-Min Cho, Hee-Sang Shin, Jae-Chul Kim,, “Modeling of Battery Energy Storage System at Substation for Load Leveling and Its Economic Evaluation”, the Transactions of KIEE Vol. 61, No. 7, pp. 950-956, 2012 July

[4] Yong-Duk Lee and Sung-Yeul Park, “Cost effective BESS design for building power systems”, 28th Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), pp. 2198-2205, March 2013.

[5] C. Wang, W. Sun, T. Yi, Z. Yan and Y. “Review on energy storage application planning and benefit evaluation methods in smart grid”, Proceedings of the Chinese Society of Electrical Engineering, Vol. 33, Issue 7, pp. 33-41, March 2013.

[6] A. Oudalov, R. Cherkaoui, and A. Beguin, “Sizing and optimal operation of battery energy storage system for peak shaving application”, 2007 IEEE Lausanne POWERTECH Proceedings, pp. 621-625, July 2007.

[7] R. F. Boehm, “An approach to decreasing the peak electrical demand in residences”, Energy Procedia, Vol. 14, pp. 337-342, 2012.

[8] M. Stadler, M. Kloess, M. Groissbock, G. Cardoso, R. Sharma, M. C. Bozchalui, and C. Marnay, “Electrical storage in California’s commercial buildings”, Applied Energy, Vol. 104, pp. 711-722, April 2013.

[9] Power Demand Management Portal, https://www.kdrm.or.kr/main.action

[10] Korea Electric Power Corporation, Electric Rates Table, http://cyber.kepco.co.kr

[11] Kyeong-Hee Cho, Seul-Ki Kim, Eung-sang Kim, “Optimal Capacity Determination Method of Battery Energy Storage System for Demand Management of Electricity Customer”, the Transactions of KIEE, Vol. 62, No. 1, pp.21-28, 2013 January.

[12] KB Financial group inc. Management institute, “Understanding of the Knowledge industry center(Factory like as apartment)”, Vol. 12-84, 2012. 6. 21

[13] Central Institute of Battery Technology, Global Battery Co., Ltd., Valve regulated Gel type Stationary lead acid battery Specifications

[14] Byung-Rok Song, Dong-Jin Kang, Jeong-Hyun Rho, “Estimation of the Appropriate Social Discount Rate of Public Transportation Investment Projects”, The Korea Spatial Planning Review, Vol. 61, pp. 3-23, 2009 June.

저 자 소 개

김 슬 기 (金 슬 기)

1972년 5월 7일 생. 1998년 고려대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재, 한국전기연구원 스마트배전연구센터 선임연구원.

Tel : 055-280-1332

E-mail : blksheep@keri.re.kr

조 경 희 (趙 京 姬)

1987년 10월 9일 생. 2010년 경상대 전기공학과 졸업. 2012년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전기연구원 스마트배전연구센터 연구원.

Tel : 055-280-2438

E-mail : kx1004xh@keri.re.kr

김 종 율 (金 鐘 律)

1974년 7월 6일생. 1997년 부산대학교 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사), 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국전기연구원 스마트배전연구센터 선임연구원.

Tel : 055-280-1336

E-mail : jykim@keri.re.kr

김 응 상 (金 應 相)

1962년 6월 21일 생. 1988년 서울산업대 전기공학과 졸업. 1991년 숭실대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재, 한국전기연구원 스마트배전연구센터 센터장.

Tel : 055-280-1330

E-mail : eskim@keri.re.kr