

# 수용가 수요관리용 전지전력저장시스템의 최적용량 산정방법

## Optimal Capacity Determination Method of Battery Energy Storage System for Demand Management of Electricity Customer

조 경 희<sup>†</sup> · 김 슬 기<sup>\*</sup> · 김 응 상<sup>\*</sup>

(Kyeong-Hee Cho · Seul-Ki Kim · Eung-Sang Kim)

**Abstract** - The paper proposes an optimal sizing method of a customer's battery energy storage system (BESS) which aims at managing the electricity demand of the customer to minimize electricity cost under the time of use(TOU) pricing. Peak load limit of the customer and charging and discharging schedules of the BESS are optimized on annual basis to minimize annual electricity cost, which consists of peak load related basic cost and actual usage cost. The optimal scheduling is used to assess the maximum cost savings for all sets of candidate capacities of BESS. An optimal size of BESS is determined from the cost saving curves via capacity of BESS. Case study uses real data from an apartment-type factory customer and shows how the proposed method can be employed to optimally design the size of BESS for customer demand management.

**Key Words** : Battery energy storage system, Optimization of charging and discharging schedule, Peak load limit, Demand response, Demand management, Electric cost saving

### 1. 서 론

수용가의 중요성과 에너지저장장치 보급 정책으로 인하여 계약전력 1,000[kW] 이상의 수용가에 적용되던 계시별 요금제가 계약전력 300[kW] 이상 수용가로 확대되었으며, 향후 100[kW] 이상의 약 16만호의 수용가로 단계적으로 확대될 계획이다[1,2]. 계시별 요금제의 적용을 받는 수용가의 경우 약 30~40% 정도의 요금 증가가 예상되며, 계시별 요금 차등이 확대될 예정이어서 수용가의 수요관리를 위한 전지전력저장시스템(Battery Energy Storage System, BESS)의 수요는 급증할 것으로 보인다.

BESS는 저장매체인 이차전지 등의 설비투자비가 크므로, 수요관리 운전에 따른 비용절감효과를 정확하게 분석하여 적정용량을 설계하는 것이 매우 중요하다. 이와 관련하여 투자비용 대비 전기요금 절감 수익률을 고려한 수용가의 전지전력저장시스템의 최적용량 산정연구[3], 편익분석에 기반한 계통연계형 및 독립형 마이크로그리드에서의 에너지저장장치 최적용량 산정방법[4], 송전계통 및 독립계통에서 1차 주파수 예비력 또는 주파수제어 기능을 위한 에너지저장장치의 용량 산정방법에 대한 연구[5,6] 등 다양한 적용분야에서의 저장장치 용량 산정에 대한 연구가 진행되어 왔다.

본 논문에서는 계시별 요금제에 해당하는 수용가의 전기

요금을 절감하기 위한 수요관리용 BESS의 최적용량 산정방법을 제시한다. 선정된 BESS의 정격출력 및 용량후보군에 대하여 상세한 연간 최적 충방전 계획을 수립하는 모형을 제시하여 전기요금 최대절감률(이하 최대절감률)을 계산하고, 계산결과 얻어진 정격출력 및 용량에 대한 최대절감률의 관계로부터 최적용량을 선정하는 방법을 제안한다. 최적용량 선정에 있어서 용량에 따른 최대절감률을 구하는 것이 핵심이며, 이는 BESS의 최적 충방전 계획 수립 모형의 포괄성 및 정확성에 달려있다. 이를 위해 매월 근무일, 토요일, 공휴일에 대한 일간부하곡선을 이용하여 일간 최적 충방전 계획 수립 후 연간최적계획을 수립하며, 또한 연간 기본요금을 결정짓는 수용가의 최대수전전력 상한과 전력량요금을 결정하는 시간별 충방전량을 모두 최적화하여 가능한 최대절감률을 계산하여 기존 연구[3]보다 향상된 충방전 계획 수립 모형을 제시한다. 사례연구에서는 제안한 방법을 이용하여 한 아파트형 공장 수용가의 실제 데이터에 기반하여 최적 충방전 계획을 수립하고 최대절감률을 산정하고, 최적용량을 선정하는 절차를 보였다.

### 2. 전기사용요금 계산

현재 전력회사에서 적용 중인 전기요금제는 기본요금과 전력량요금으로 구성되며, 기본요금과 전력량요금의 합계에 전력산업기반기금(3.7%)과 부가가치세(10%)가 포함되어 청구금액이 결정된다. 즉, 월별 전기사용요금은 식 (1)~(3)과 같이 계산된다.

$$\text{월별 전력량요금[원]} = \left[ \sum_{i=1}^{24} (P_i \times C_i) \right] \times n \times 1.137 \quad (1)$$

$$\text{월별 기본요금[원]} = \text{계약전력[kW]} \times \text{기본요금단가[원/kW]} \times 1.137 \quad (2)$$

\* 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 : kx1004xh@keri.re.kr

Received : November 13, 2012; Accepted : December 27, 2012

$$\text{월별 전기사용요금[원]} = \text{월별 전력량요금[원]} + \text{월별 기본요금[원]} \quad (3)$$

여기서,  $i$  : 시간 (단,  $i : 1 \sim 24$ )

$n$  : 월별 일 수

$P_i$  :  $i$ 시간의 전력사용량[kWh]

$C_i$  :  $i$ 시간의 전력량요금단가[원/kWh]

기본요금 및 전력량요금 단가는 전기공급방식(저압, 고압), 계약종별(주택용, 일반용, 산업용, 교육용, 농사용 등)에 따라 다르며 주택용 전력을 제외한 모든 계약종별의 기본요금 적용은 계약전력을 기준으로 한다. 다만 최대수요전력계를 설치한 고객에 대하여는 검침당월을 포함한 직전 12개월 중 12월분, 1월분, 2월분, 7월분, 8월분, 9월분 및 당월분의 최대수요전력 중 가장 큰 최대수요전력을 요금적용전력으로 하여 기본요금을 산정할 수 있다[7].

### 3. BESS의 최적용량 선정방법

그림 1은 투입될 BESS의 용량후보군에 따른 수용가의 최적용량 선정방법의 전체적인 절차도이다.

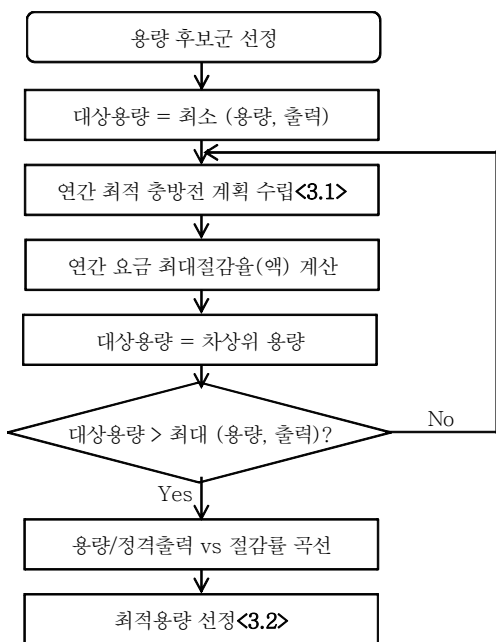


그림 1 BESS의 최적용량 선정방법  
Fig. 1 Optimal Capacity Determination Method of BESS

먼저 대상수용가에 적합한 BESS의 전지 용량과 충방전 장치의 정격출력(이하 전지용량/정격출력)의 조합으로 이루어진 다수의 용량 후보군을 선정한다. 이 중 전지용량/정격출력이 최소인 조합을 대상용량으로 하여 연간 최적 충방전 계획을 수립하고 연간 요금 및 BESS투입 후 요금 절감률을 계산한다. 다음 차상위 용량을 대상용량으로 하여 동일한 계산을 반복 수행하며 대상용량이 용량후보군의 최대용량 조합이 될 때까지 반복 계산한다. 모든 용량 후보군에 따른 연간 최대절감률을 구하고 그 결과를 바탕으로 전지용량/정격출력에 대한 최대절감률 곡선을 그릴 수 있으며, 이로부터

BESS의 최적 전지용량/정격출력을 선정할 수 있다.

### 3.1 연간 최적 충방전 계획 수립

그림 2는 연간 최적 충방전 계획을 수립하는 방법의 절차도이다.

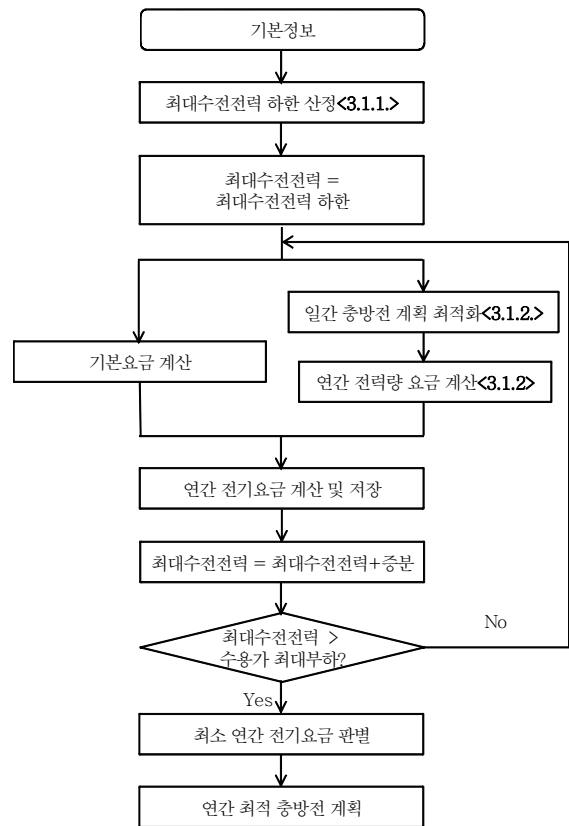


그림 2 연간 최적 충방전 계획 수립 절차도  
Fig. 2 Flow Chart for Optimal Charging and Discharging Schedule of the BESS for yearly

그림 2의 알고리즘에서는 그림 1의 대상 BESS의 전지용량/정격출력에 대하여 최대수전전력 하한치를 산정하고 다양한 제약조건과 목적함수, 제어변수에 의해 BESS의 연간 충방전 계획을 최적화한다. 월별 대표일의 최적화되어진 연간 충방전 계획에 의한 연간 시간별 전력량을 부하( $P_i$ )라 하고 월별 일수( $n_j$ )를 곱하여 월별 전력량 및 연간전력량을 식 (4)~(5)로, 식 (1)~(3)을 이용하여 연간전기사용요금을 식 (6)으로 계산할 수 있다.

$$\text{월별 전력량[kWh]} = \left( \sum_{i=1}^{24} P_i [kW] \right) \times n \quad (4)$$

$$\text{연간 전력량[kWh]} = \sum_{j=1}^{12} \left[ \left( \sum_{i=1}^{24} P_{ij} [kW] \right) \times n_j \right] \quad (5)$$

$$\text{연간 전기사용요금[원]} = \sum_{j=1}^{12} \left[ \left( \sum_{i=1}^{24} (P_{ij} [kWh] \times C_{ij} [\text{원}/kWh]) \right) \times n_j \right] + \left[ \begin{array}{l} \text{계약전력 [kW]} \\ \times \text{기본요금단가 [원/kWh]} \end{array} \right] \times 1.137 \quad (6)$$

여기서,  $j$  : 월(단,  $j$  : 1~12)

$P_{ij}$  :  $j$ 월 대표일  $i$ 시간의 전력사용량[kWh]

$n_j$  :  $j$ 월의 월별 일 수

$C_{ij}$  :  $j$ 월 대표일  $i$ 시간의 전력량요금단가[원/kWh]

연간 전기요금을 계산 및 저장하고 그림 2에서 최대수전 전력 하한을 일정하게 상향 조정하면서 일간 총방전 계획 최적화를 반복하여 최대수전전력 하한이 BESS를 설치하기 전의 수용가 최대부하와 동일하게 될 때까지 동일한 연산을 수행한다. 최대수전전력 하한의 증가에 따른 연간 전기사용 요금을 비교해보면 최대수전전력 하한이 작을수록 기본요금은 절감되나, 전지의 총방전 범위가 더 제한을 받으므로, 전력량요금은 증가하거나 수렴한다. 즉, 기본요금의 절감과 전력량요금의 절감은 정도의 차이는 있으나 최대수전전력에 의해 상충되는 특성이 있다.

반복 수행해서 얻어진 다양한 최대수전전력 설정에 대한 연간 전기사용요금 결과 중에서 최소 연간 전기사용요금을 판별하고, 이를 연간 최적 총방전 계획으로 선정한다. 최소 연간 전기사용요금을 내는 최대수전전력을 사례연구에서는 최대수전전력 제한으로 명명한다.

### 3.1.1. 최대수전전력 하한 산정

BESS를 이용하여 제약조건을 만족하면서 최대한 최대부하를 삭감할 수 있는 최대수전전력 하한을 산정하는 방법의 순서도를 그림 3에 나타낸다.

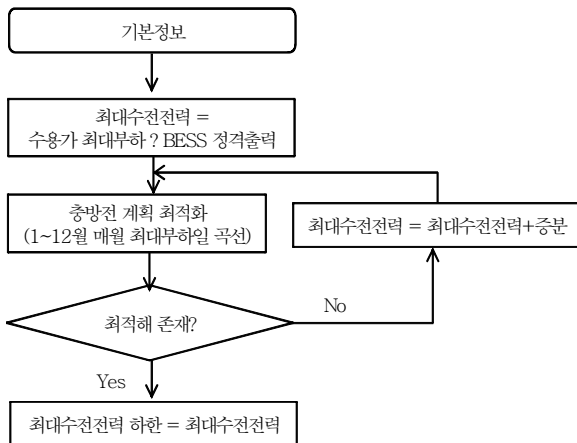


그림 3 최대수전전력 하한 산정

Fig. 3 Evaluation of Minimum Limit of Peak Load

먼저 수용가 최대부하에서 저장시스템의 정격출력을 뺀 값을 최대수전전력 하한의 초기값으로 두고, 1월부터 12월 매월 최대부하일 곡선에 대하여 최적화연산을 수행한다. 이는 최대부하일의 BESS 총방전 최적화에서 최대수전전력 하한치를 설정하여 해를 찾을 수 있어야만 모든 부하에 대해서 최적화가 가능하기 때문이다. 수행결과 최적해가 존재하면 이 값을 최대수전전력 하한으로 설정하고, 해가 존재하지 않으면 하한을 상향 조정하여 최적해가 존재할 때까지 반복 수행하여 하한을 산정한다. 즉, 최대수전전력 하한치를 이용

하여 최대수요전력을 제한함으로써 기본요금을 최대한 절감할 수 있다.

### 3.1.2. 일간 총방전 계획 최적화

BESS의 일간 최적 총방전 계획 최적화의 절차를 그림 4와 같이 나타낼 수 있다.

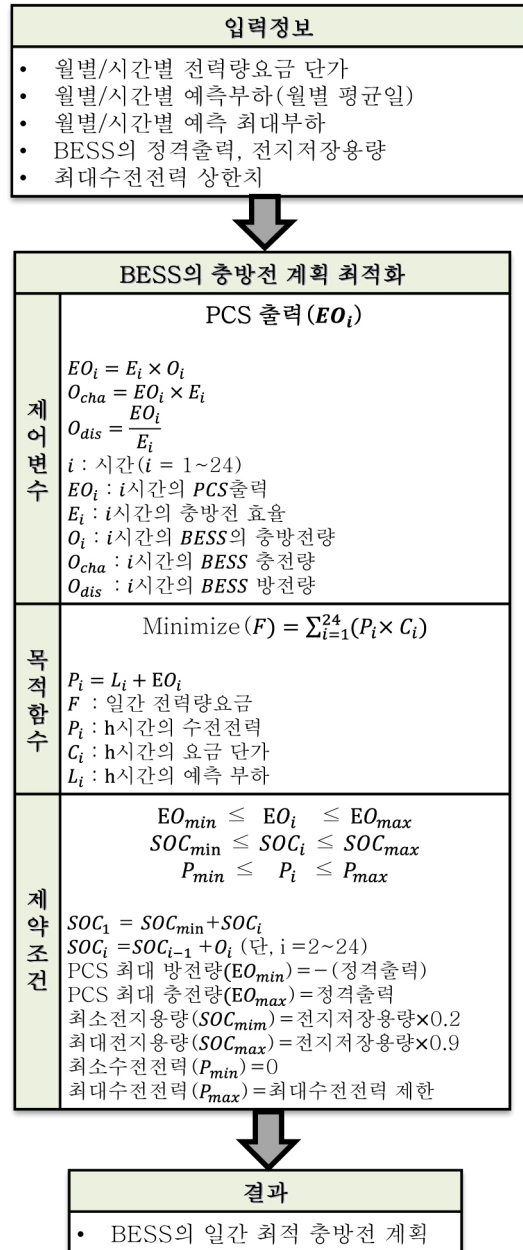


그림 4 BESS의 총방전 계획 최적화

Fig. 4 Optimization of Charging and Discharging Scheduling of the BESS

최적화 모델을 만들기 위해서 모델의 입력정보, 제어변수, 목적함수, 제약조건 4가지 요소를 입력하여야 한다. 입력에서 수전전력은 전력회사 측면에서 본 수용가의 부하로서, 실

제 수용가부하에서 저장시스템의 충방전량을 가감한 값이다. 본 논문에서는 Power Conditioning System(이하 PCS)의 출력을 제어변수로 하여 전력량요금을 최소화 목적함수로 저장시스템의 일간 충방전 계획을 세우는 최적화 함수를 제안한다. 저장시스템의 일간 충방전 계획에 의한 일간 전력량요금에 월별 일 수를 곱하여 연간 전기사용요금 최소화하는 것을 최종 목적함수로 하여 비선형최적화방법을 이용하여 최적화하였다.

제어변수 식의 전력저장장치의 충방전효율( $E$ )은 다음 식(7)과 같이 구할 수 있으며 여기서 일반적으로 통용되는 PCS효율을 95%로, 절대효율을 100%로 입력하였다.

$$E = PCS\text{효율} \times \text{절대효율} \times \text{상대효율} \quad (7)$$

1) 상대효율

그림 5는 20시간을 기준 시간으로 하는 납축전지의 방전시간에 따른 방전 효율을 나타낸 그래프이다.

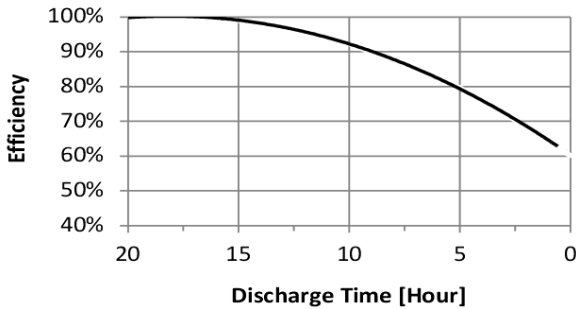


그림 5 납축전지의 방전시간과 효율[8]  
Fig. 5 Graph of Discharge Time and Efficiency of Lead Acid Battery

이와 같이 효율이 100%가 되게 하는 시간율을 기준 시간율로 본다. 이차전지의 경우 충전 또는 방전속도에 따라 효율이 달라지며 충방전에서 시간율은 저장장치의 전체용량을 충전/방전하는데 특정 시간이 걸리는 속도를 의미한다. 본 논문에서는 다음 표 1과 같은 20시간을 기준으로 한 납축전지의 상대효율을 사용하여 BESS의 충방전 효율을 계산하였다.

표 1 상대효율  
Table 1 Relative Efficiency

시간율	방전전류	상대효율
20	0.05	1
15	0.0667	0.987
10	0.1	0.92
5	0.2	0.8
1	1	0.68
	>1	0.6

3.2 최적용량 선정

그림 6은 BESS의 용량 후보군별 연간 전기사용요금의 최대절감률 결과를 이용하여 저장시스템의 최적용량을 산정하는 절차를 나타낸 것이다.

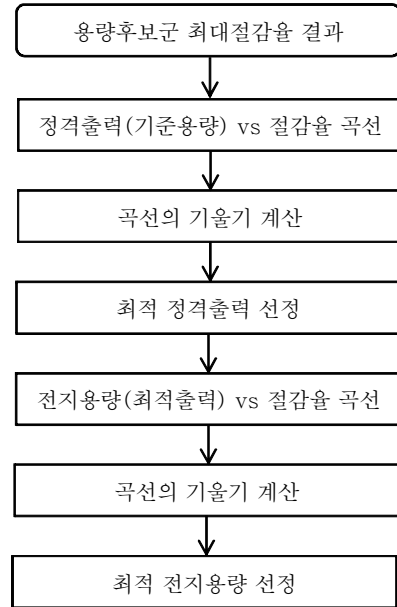


그림 6 BESS의 최적 정격출력/전지용량 선정방법  
Fig. 6 Optimal Size Method of a Customer's BESS

먼저 BESS의 후보 정격출력과 그 기준용량 조합에 대한 절감률 곡선을 구한다. 여기서 기준 용량은 정격출력에 전지의 기준 충방전 시간율을 곱한 전지용량으로 정의한다. 기준용량을 갖는 후보 정격출력에 대한 절감률 곡선에서, 정격출력에 대한 요금절감률의 기울기를 계산하고, 기울기가 가장 큰 구간이 최적 정격용량 구간이 된다. 이 구간에서 최적 정격출력을 선정하고 전지용량을 변화하면서 요금절감률 곡선을 도식하고, 전지용량에 대한 절감률의 기울기를 계산하여, 가장 기울기가 큰 구간을 구하고 그 구간 중 가장 큰 값을 최적 전지용량으로 선정한다.

4. 사례연구

4.1 대상수용가의 부하패턴 분석

대상 수용가의 평균된 근무일, 공휴일, 토요일의 월별 하루 부하평균값은 그림 7~9와 같이 나타났다. 본 논문의 대상수용가는 서울시 구로구의 아파트형공장 중의 하나이며 계약전력은 800[kW]이고 2010년 실측부하자료의 최대부하는 296.4[kW]이었다. 1월에서 12월까지 월별 하루 부하패턴을 산출하기위해 대상 수용가의 실측데이터를 월별, 요일별로 정리하여 근무일, 공휴일, 토요일 세 가지 기준으로 분류하고 시간별로 평균하였다.

대상수용가의 실측부하자료의 월별 최대부하일을 이용하여 월별 최대부하일의 패턴을 그림 10과 같이 구하였다.

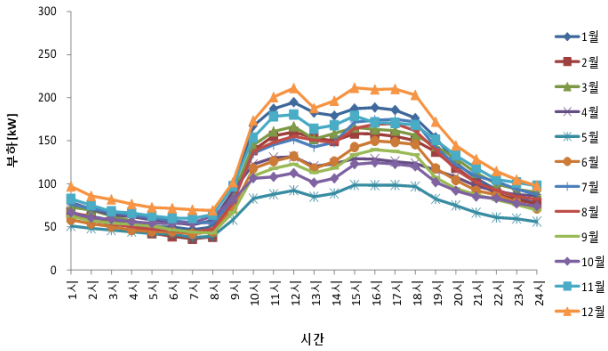


그림 7 근무일의 월별 하루 평균 부하  
Fig. 7 Monthly Average Load Curve of a Working Day

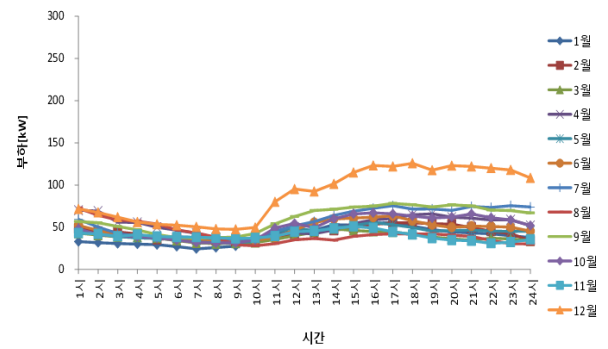


그림 8 공휴일의 월별 하루 평균 부하  
Fig. 8 Monthly Average Load Curve of a Holiday

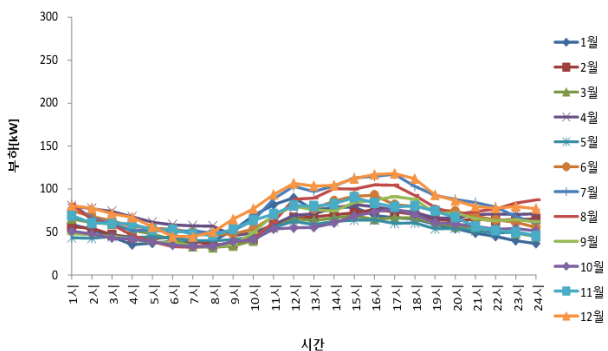


그림 9 토요일의 월별 하루 평균 부하  
Fig. 9 Monthly Average Load Curve of a Saturday

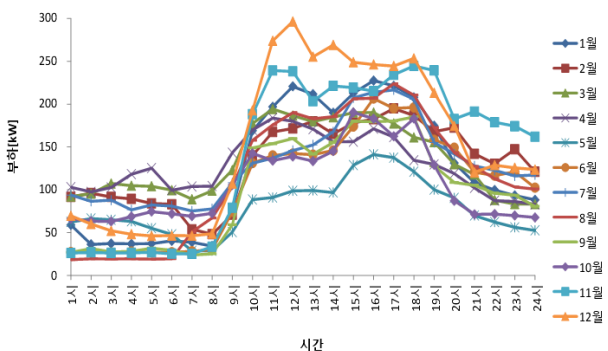


그림 10 최대 부하일의 월별 하루 부하 패턴  
Fig. 10 Monthly Average Load Curve of a Peak Day

#### 4.2 적용된 계시별 전기요금제

대상수용가는 계약전력에 따라 현행전기사용요금표 중 일반용전력(계약전력 300[kW]이상) 요금을 적용하였다[8]. 그 중에서도 선택II 요금제인 표 2를 적용하여 계산하였고 계절별 경부하, 중간부하, 최대부하 시간대는 표 3과 같이 적용하였다. 이러한 월별 시간별 요금 단가를 식 (1)~(3) 및 (6)에 삽입하여 연간 전기사용요금을 산정하였다.

표 2 전기요금표(2012.01.01 적용)

Table 2 Electricity Cost under Time of Use Pricing

시간대	전력량 요금 [Won/kWh]			기본요금 [Won/kW]
	여름 (7월~8월)	봄, 가을 (3월~6월, 9월~10월)	겨울 (11월~2월)	
경부하	47.0	47.0	52.4	7,930
중간부하	93.1	67.2	91.5	
최대부하	167.6	93.0	139.1	

표 3 경부하, 중간부하, 최대부하 적용 시간대

Table 3 Time Period of Off-peak, Mid, Peak Load

시간대	봄, 여름, 가을[시]	겨울[시]
경부하	23 ~ 09	23 ~ 09
중간부하	09 ~ 11	09 ~ 10
	12 ~ 13 17 ~ 23	12 ~ 17 20 ~ 22
최대부하	11 ~ 12	10 ~ 12
	13 ~ 17	17 ~ 20, 22 ~ 23

#### 4.3 BESS의 최적용량 선정

그림 7~9의 월별 하루 평균 부하를 이용하여 2012년 근무일, 공휴일, 토요일 일수를 각각 곱하여 2012년 부하를 구하고 식 (1)~(3)과 표 2, 3을 이용하여 BESS를 투입하기 전의 기준 전기사용요금을 계산하였다. 기준 전기사용요금에 대한 전기사용 요금절감률을 산출하여 표 4로 나타내었다.

표 4 BESS 용량후보에 따른 절감률

Table 4 The Cost Saving Rates for Candidate Capacities of BESS for Optimum Output Range Selection

출력 [kW]	용량 [kWh]	요금 절감률	최대수전전력 제한 [kW]
30	300	16.8%	266.4
60	600	23.0%	236.4
90	900	28.9%	206.4
120	1,200	34.4%	176.5
150	1,500	36.8%	166.0
180	1,800	37.8%	166.8
210	2,100	38.2%	164.5
240	2,400	38.4%	164.4
270	2,700	38.4%	164.4
300	3,000	38.5%	170.0

대상 수용가의 BESS의 용량 후보군은 정격출력 범위를 30~300[kW]로, 전지의 기준용량은 납축전지의 일반적인 기준시간율인 10시간율로 선정하였다. 정격출력을 10%씩 증가 하면서 앞서 언급한 BESS의 최적용량 선정방법의 알고리즘을 이용하여 BESS의 연간 총방전 계획을 최적화하고 전기 사용요금을 계산하였다.

표 4의 최적 정격출력이 120[kW]일 때 그림 3의 알고리즘에 의해 최대수전전력 제한에 따른 전기사용요금 절감률이 그림 12와 같이 나타났다.

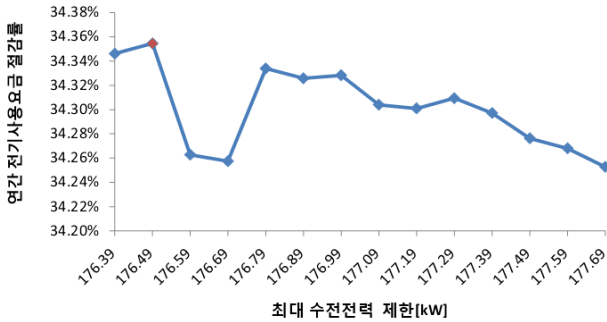


그림 11 최대수전전력 제한에 따른 요금절감률  
Fig. 11 Electric Rates Saving according Peak Load Limit of the Optimal Candidate Capacities of BESS

정격출력이 120[kW]이고 최대부하는 296.39[kW]일 때 최대수전전력 하한치의 초기값은 176.39[kW]이다. 이를 입력하여 최적 총방전 계획을 실시하고 연간 전기사용요금을 산정하여 저장하고 0.1[kW]씩 증가시키면서 최적 총방전계획을 반복하였다. 그림 11에서 보이는 바와 같이 176.49[kW]에서 최대 전기사용요금 절감률을 내므로 이를 최대수전전력 제한치로 선정하는 것이 타당하다. 사례연구의 모든 용량 후보군에 대하여 최대수전전력 제한 값을 이와 같이 계산하였다. 표 4의 BESS의 용량후보군에 따른 요금절감률의 결과를 그림 12의 그래프로 나타내었다. 그림 12에서 절감률 곡선은 기울기가 A, B, C인 구간으로 나눌 수 있으며, 기울기 A가 제일 크므로, 절감률 곡선 A와 B가 만나는 정격출력 30~120[kW]인 구간이 절감률 효과가 가장 큰 최적 정격출력 범위가 된다. 따라서 BESS의 출력이 120[kW]이고 용량이 1,200[kWh]일 때 용량대비 최고의 효율을 내므로 120[kW]를 최적 정격출력으로 선정할 수가 있었다.

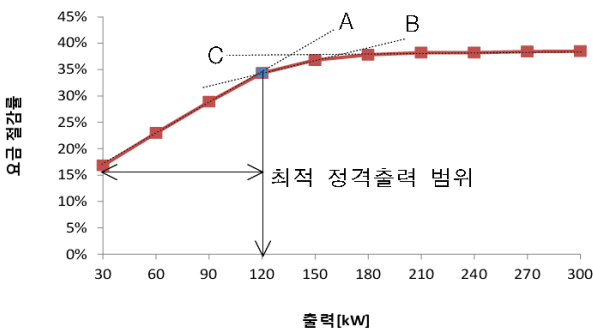


그림 12 BESS 용량후보에 따른 절감률 곡선  
Fig. 12 The Cost Saving Rates Curve according to Candidate Capacities of BESS

그림 6의 알고리즘에 따라 최적출력을 120[kW]로 고정하고 전지용량을 1~15시간율로 변화시켜가며 연간 총방전 계획을 최적화하여 결과를 표 5로 나타내었다.

표 5 BESS의 용량에 따른 절감률 결과  
Table 5 Comparison of Electric Rates Saving Results according Candidate Capacities of BESS for Optimum Capacity Range Selection

출력 [kW]	용량 [kWh]	요금 절감률	최대수전전력 제한 [kW]
120	120	15.6%	257.2
120	240	18.3%	243.4
120	360	20.7%	233.4
120	480	23.1%	223.5
120	600	25.3%	213.8
120	720	27.5%	204.7
120	840	29.6%	195.9
120	960	31.5%	187.6
120	1,080	33.5%	179.8
120	1,200	34.4%	176.5
120	1,320	35.2%	176.4
120	1,440	35.7%	176.5
120	1,560	35.8%	176.5
120	1,680	36.1%	176.5
120	1,800	36.4%	176.4

표 5의 각 용량에 대한 요금절감률 그래프를 그림 13으로 나타내었다. 그림 13에서 절감률 곡선은 기울기 C와 D인 구간으로 나눌 수 있으며 기울기가 가장 큰 C의 가장 큰 값인 두 기울기가 교차하는 지점이 최적 전지용량이 된다. 따라서 정격출력이 120[kW]이고 용량 1,080[kWh]을 BESS의 최적용량으로 선정하는 것이 타당하다.

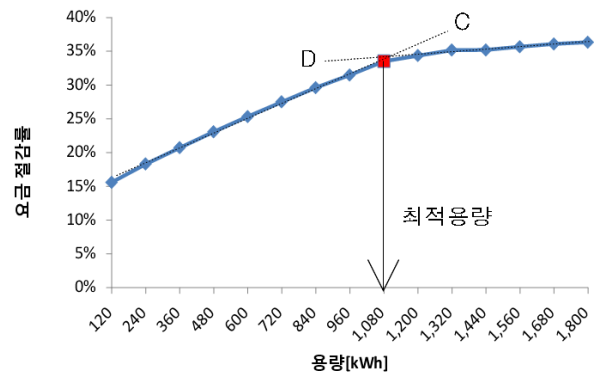


그림 13 BESS의 전지용량에 따른 절감률 곡선  
Fig. 13 Electric Rates Saving Curve according Candidate Capacities of BESS for Optimum Capacity Range Selection

4.4 최적용량 BESS의 총방전 계획

사례연구를 통하여 정격출력이 120[kW], 전지용량이 1,080[kWh]인 BESS를 대상수용가의 최적용량으로 선정할

수 있었다. 이는 기본요금과 전력량 요금 모두를 최적화한 용량대비 BESS의 연간 최적 충방전 계획이며 이중 대표적으로 12월 최대부하일의 결과를 그림 14에 나타내었다.

최적용량 BESS의 투입에 따른 하루의 충방전 계획에 따라 부하그래프(BESS의 투입 전)가 수전전력그래프(BESS의 투입 후)로 변화하고 최대수전전력 제한에 의해 수전전력 그래프가 제한되었음을 볼 수 있다.

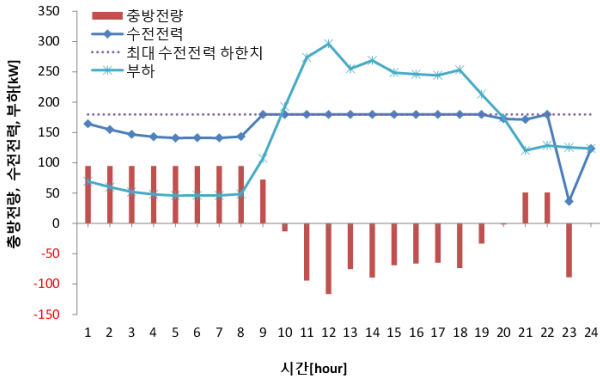


그림 14 최적용량 BESS의 충방전 계획에 따른 부하의 변화(12월 최대부하일)

Fig. 14 Curve of Load according to Charging and Discharging Schedule of Optimal BESS in December(Peak day)

BESS투입에 따른 전기사용요금의 변화는 그림 15와 같이 나타난다.

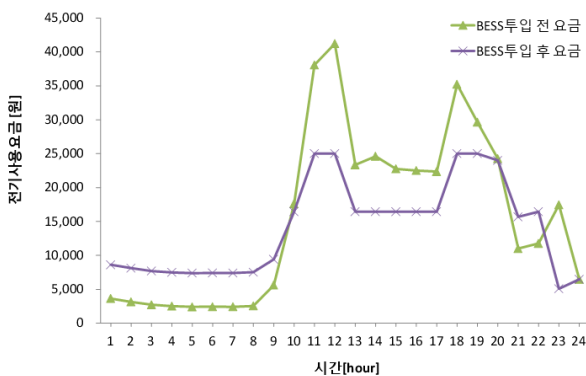


그림 15 최적용량 BESS의 투입 후 차등요금제에 따른 전기사용요금의 변화(12월 최대부하일)

Fig. 15 Change of the Electricity Cost by Optimal BESS under the Time of Use Pricing in December(Peak day)

BESS의 투입 후 높은 요금시간대의 방전에 의해 부하가 삭감되고, 낮은 요금시간대의 충전에 의해 부하가 증가하여 차등요금제에 따라 전체요금인 그래프의 면적이 줄어들었음을 볼 수 있다.

## 5. 결 론

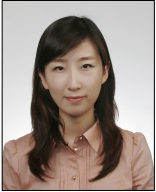
본 논문에서는 수용가의 전기사용요금 절감률에 기반한 전지전력저장시스템(BESS)의 최적용량을 설계하는 방법을 제안하였다. 연간 최대절감률을 얻기 위하여 수용가의 연간 최대수전전력 제한값과 전지시스템의 시간별 충방전 값을 최적화한 BESS의 연간 충방전계획의 수립 모형을 제시하고, 이로부터 도출된 정격출력 및 전지용량에 대한 전기사용요금 최대절감률을 바탕으로 최적용량을 선정하는 방법을 제시하였다. 사례연구에서는 아파트형 공장의 실제 분석 데이터를 이용하여 용량 설계사례를 분석하였으며, 최대수전전력 제한, 시스템의 정격출력 및 전지용량에 대한 수용가 전기사용요금의 최대절감률의 변화를 보였으며, 이에 기반한 최적용량 선정방법을 보였다.

본 연구에서는 대상 수용가의 월별 근무일, 공휴일, 토요일, 최대부하일의 부하패턴을 상세히 분석함으로써 수용가 부하의 특성을 충분히 반영하고, 충방전 속도에 따른 배터리의 효율을 고려하며, 기본요금과 전력량요금에 직접적인 영향을 주는 수용가 최대수전전력 제한값과 시간별 충방전계획을 최적화하는 모형을 제시하여, 현장에서 활용할 수 있는 용량 설계방법을 제시하는 데 초점을 두었다. 향후 투자비를 포함한 경제성 모형과 다양한 수용가의 부하 특성을 반영하여 보다 다양한 활용성을 갖는 프로그램을 개발할 계획이다.

## References

- [1] 지식경제부 및 관계부처 합동, 제 1차 지능형 전력망 기본계획, 2012년 6월.
- [2] 지식경제부 및 관계부처 합동, 대용량 전력저장장치 보급촉진 방안, 2012. 7. 27.
- [3] 홍종석 외 3인, “수익률을 고려한 수용가측 전지전력저장시스템의 최적용량 선정”, 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, PP. 146-148, 2001.
- [4] S. X. Chen, H. B. Gooi, and M. Q. Wang, “Sizing of Energy Storage for Microgrids”, IEEE Trans. Smart Grid, Vol. 3, No. 1, pp. 142-151, 2012.
- [5] A. Oudalov, D. Chartouni, and C. Ohler, “Optimizing a Battery Energy Storage System for Primary Frequency Control”, IEEE Trans. Power Systems, Vol. 22, No. 3, pp. 1259-1266, 2007.
- [6] P. Mercier, R. Cherkaoui, and A. Oudalov, “Optimizing a Battery Storage Energy System for Frequency Control Application in an Isolated Power System”, IEEE Trans. Power Systems, Vol. 24, No. 3, pp. 1469-1477, 2009.
- [7] 한전사이버지점, <http://cyber.kepco.co.kr>
- [8] ㈜코감, <http://www.kokam.com>

## 저 자 소 개



### 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 슬 기 (金슬기)

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 : blkssheep@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