

## 수용가 형태에 따른 전지전력저장시스템의 경제성 평가

(Economic Assessment of the Battery Energy Storage System with Its Customer Type)

손학식\* · 최준호 · 김재철

(Hag-Sig Son · Joon-Ho Choi · Jae-Chul Kim)

### 요 약

전지전력저장시스템은 부하 평준화, 순동 예비력 확보, 주파수·전압 조정, 신뢰도 향상 및 송변전 설비의 투자 지연효과 등의 많은 장점을 가진다. 전지전력저장시스템의 보급을 확산하기 위해서는 수용가 입장에서 본 경제성 평가가 중요하다. 본 논문에서는 기존의 모델을 보완, 개선한 전지전력저장시스템의 경제성 평가 모델을 제안하였다. 제안된 경제성 평가 모델을 한국전력의 부하 조사로부터 얻어진 전형적 수용가인 경공업, 상업, 가정용 수용가에 적용하여 순현재가치, 수익률 등의 경제 척도를 통해 각 수용가의 경제성 타당성을 분석하였다. 이의 결과를 보면 전지전력저장시스템은 특정 수용가 형태(가정 수용가)에 유리하다는 것을 알 수 있었으며, 정부 및 에너지 에이전트는 이의 보급 확산을 위해 세금 혜택, 금융 지원 등의 지원 프로그램을 실행하여야 할 것이다. 본 논문의 결과는 수용가의 투자 의사결정 및 정부 에너지 관련 부서의 정책에 도움이 될 것이다.

### Abstract

The Battery Energy Storage System (BESS) has lots of advantages such as load leveling, quick response emergency power (spinning reserve), frequency and voltage control, improvement of reliability, and deferred generation and transmission construction. However, it is very critical that economic feasibility requires justification from the customer side of meter to promoting the dissemination of BESS in nation widely. In this paper, we proposed the economic assessment model of customer owned BESS which is complemented and improved the existing model. The proposed model is applied to the typical customer types, i.e. light industrial, commercial, and residential, which are taken from the statistical analysis on the load profile survey of Korea Electric Power Company (KEPCO). The economic viability performed for each customer load type to justifying their economic feasibility of BESS installation from the economic measures such as payback period, Net Present Worth (NPW), Rate Of Return (ROR). The results show that the BESS has economic benefits to the specific customer type, i.e. residential customer. Therefore, the government and the energy agency should be committing the support program, such as tax incentive, financial support, to disseminate the BESS nation widely. The results of this paper are useful to the customer investment decision-making and the national energy policy & strategy in Korea.

Key Words : battery energy storage system, economic assessment, customers, load profile, sensitive analysis, demand side management, decision making.

\* 주저자 : 송실대학교 전기공학과 박사과정

Tel : 817-7966, Fax : 817-0780 E-mail : joono@ee.ssu.ac.kr

접수일자 : 2002년 1월 18일 1차심사 : 2002년 2월 4일 심사완료 : 2002년 3월 6일

## 1. 서 론

지구 환경문제로 인해 전세계적으로 청정 에너지 및 대체에너지에 대한 관심으로 선진국을 중심으로 이의 기술개발에 노력을 경주하고 있다. 이러한 청정 및 대체 에너지 설비 중 전지전력 저장시스템(BESS: Battery Energy Storage System)은 부하율 향상, 순동 예비력, 전압 및 주파수 제어, 발전 및 송,배전 설비의 투자지연 효과, 공급의 신뢰도 향상 등의 효과를 가지고 있다. 이러한 이유로 선진 각국에서는 전지전력저장시스템의 기술개발에 대한 필요성을 느껴 1980년대 초반부터 국가 관련기관과 전력회사를 중심으로 활발히 연구개발이 추진되고있으며 일부는 실용화되어 운전 중에 있는 것도 있다. 국내에서는 1990년도 초반부터 국가 관련기관의 지원 하에 전지전력저장시스템을 연구 개발하여 시험 운용 중에 있다. 그림 1은 전형적인 부하 곡선 및 전지전력저장시스템의 충, 방전 운전을 나타내고 있다. 그러나 이러한 우수한 장점을 보유한 전지전력저장시스템의 보급확산을 위해서는 수용가 입장에서 본 경제성 및 이의 평가가 필수 요소라 하겠다. 기존의 전지전력저장시스템 경제성분석은 전지크기에 대한 한계공사비를 사용한 경제성 분석[1] 및 의사결정계도(decision diagram)를 이용하여 투자회수기간 등의 경제척도를 사용한 경제성 분석[2]이 있으나, 전지전력저장시스템을 설치함으로써 얻어지는 수용가의 이득, 즉 공급 신뢰도 향상기능 등이 고려되지 않았다. 기존의 경제성 평가모델[3]에서는 국내실정에 맞는 요금제도, 신뢰도 향상비용 등을 고려하여 이전의 평가모델[2]을 수정, 보완하였다.

본 논문에서의 경제성 평가 모델[4,5]은 에너지 절약 시설물에 대해 국내에서 적용 가능한 세법과 금융지원책 및 개정된 전기 요금제도를 적용하여 기존 모델을 보완하였다. 또한 국내에서 전지전력저장시스템이 어떠한 수용가 형태에 가장 유리한가를 평가하기 위하여 국내의 수용가 부하 형태 조사(산업, 상업 및 가정용 수용가)를 근거로 하여 한전의 전기요금체계(시간제 요금제)를 적용하여 전지전력저장시스템의 경제성을 평가하였다. 또한 전지전력저장 시스템가격, 용자 조건 및 전기요금 변화에 따른 각 수용가 형태별 민감도를 분석하였다.

## 2. 전지전력저장시스템 경제성 평가 모델

제안한 경제성 평가 모델은 전지전력저장시스템의 다기능부가기능의 하나인 무정전 전원장치 대체비용, 세제혜택으로서 즉시 상각 그리고 에너지절약시설물에 대한 정책적 금융지원 등의 관련제도를 고려하여 기존의 경제성 평가 모델을 그림2와 같이 수정·보완하였다. 그림 2에서 음영 처리된 부분의 \*표시된 항목은 기존의 경제성 평가 모델을 본 논문에서 수정한 부분이다. 이의 내용을 살펴보면 시스템의 비용에 무정전 전원장치 대체비용을 보완되었고, 경제환경 부분에 금융지원(대출) 및 세법(세금상각)을 보완되었다.

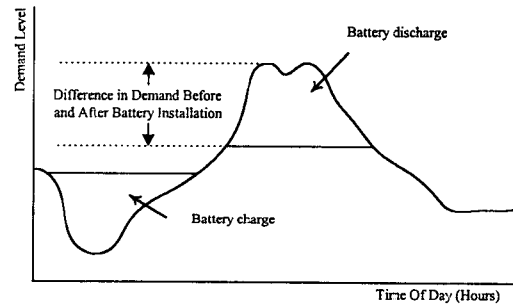


그림 1 전형적인 일부하 곡선과 전지전력저장시스템의 충·방전곡선  
Fig. 1 Typical daily load curve and charge·discharge curve of BESS

### 2.1 비용항목

#### 2.1.1 시스템 비용

전지전력저장시스템의 비용 항목에서 가장 큰 비중을 차지하는 비용으로 전지비용, 컨버터비용 등이며 첫해를 제외하고는 이의 값은 0이 된다. 단 전지의 교체시기의 경우는 전지의 잔존가치를 제외한 부분이 다시 계산된다.

#### 2.1.2 주변기기 및 기술용역비

주변기기(BOP: Balance Of Plant) 및 기술용역 비용(EC: Engineering Cost)은 전지전력저장시스템이 설치되는 플랜트에 따라 비용이 상당히 유동적이지만 일반적으로 시스템 비용과 같이 산정이 가능하다.

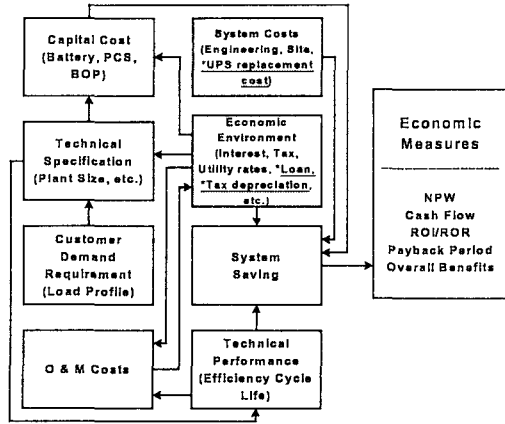


그림 2 제안된 전지전력저장시스템 경제성 평가 모델  
Fig. 2 Proposed economic assessment model of BESS

### 2.1.3 연간 운전유지비(Annual O & M)

전지전력저장시스템의 경우는 기존 연구 및 운전 경험으로 정량적으로 예측이 가능하며 이 비용은 세금 공제 가능 항목이다.

### 2.1.4 전력손실비용

전지, 전력변환장치 및 주변기기의 비효율로 인한 전력의 손실비용으로 이들의 효율이 장기간 동일하게 유지된다고 볼 때 일정하게 간주할 수 있다.

### 2.1.5 세금상각

전지전력저장시스템과 같은 에너지 절약 시설물은 조세 감면법 제 26조를 적용할 수 있으며 이를 적용할 경우 세액공제와 즉시 상각을 고려할 수 있다. 이중 전지전력저장시스템 소유자에게 유리한 것을 적용하면 된다. 그러나 동일자산에 대해 세액공제와 즉시상각은 동시에 적용될 수 없다. 이 항목은 제안된 경제성 모델에 새로 추가, 보완된 부분이다.

### 2.1.6 금융지원

에너지자원 합리화 자금대출에 따라 전지전력저장시스템에 투자금액의 90%이내 총 금액 10억원 이내에서 년이자 5.5%, 3년 거치 5년 분할 상환의 금융지원을 적용한다. 이 항목은 제안된 경제성 모델에 새로 추가, 보완된 부분이다.

## 2.2 절약 항목

### 2.2.1 기본요금(kW) 절감

전지전력저장시스템을 도입함으로써 얻어지는 직접적인 비용으로 전지전력저장시스템을 설치한 수용가의 첨두부하 삭감(peak shaving)으로 인한 전기요금의 절약 중 기본요금 절감을 의미하며 다음의 식으로 표현되어진다.

$$R_{Dn} = (P_{sn} - P_{pn})(1 + \epsilon_s)^{n-1} \quad (1)$$

여기에서,  $R_{Dn}$ : n년의 기본요금 절감 비용(\$),  $P_{sn}$ : n년의 최대수요 삭감량 [kW],  $P_{pn}$ : n년의 기본요금 [\$ / kW],  $\epsilon_s$ : 연간 기본요금 상승률,  $n$ : 연수

### 2.2.2 전력량(kWh) 요금 절감

전지전력저장시스템을 도입함으로써 얻어지는 직접적인 비용으로 주간과 심야의 전력요금의 차이가 시스템의 비효율로 인한 손실을 보상할 정도로 충분한 차이가 있을 경우 절약 항목이 된다. 국내의 경우 한전의 계절별 시간대별 요금시스템에서는 이 항목은 일반적으로 절약의 항목이 된다.

(2)식에서,  $R_{En}$ : n년의 전력량요금 절감비용 [\$],  $EC_{oi}$ : i월의 경부하 시간대 전력량요금 [\$ / kWh],  $EC_{mi}$ : i월의 중간부하 시간대 전력량요금 [\$ / kWh],  $EC_{pi}$ : i월의 중부하 시간대 전력량요금 [\$ / kWh],  $N_{oi}$ : i월의 경부하 시간대 BESS 충전량 [kWh],  $N_{mi}$ : i월의 중간부하 시간대 BESS 방전량 [kWh],  $N_{pi}$ : i월의 중부하 시간대 BESS 방전량 [kWh],  $\eta_s$ : 시스템의 왕복효율,  $\epsilon_c$ : 전력량 요금 상승률,  $i$ : 월

$$R_{En} = \left( \sum_{i=1}^{12} \frac{EC_{oi} \times N_{oi}}{\eta_s} - \sum_{i=1}^{12} (EC_{mi} \times N_{mi} + EC_{pi} \times N_{pi}) \right) (1 + \epsilon_c)^{n-1} \quad (2)$$

### 2.2.3 무정전 전원장치(UPS) 대체비용

전지전력저장시스템을 도입함으로써 부가적으로 얻어지는 간접적인 비용이다. 이의 비용을 정량적으로 산정 하기는 매우 어려우며 본 논문에서는 수용가의 UPS 용량을 설치된 전지전력저장시스템의 전지용량의 여유 설계에 따른 일정 용량을 정량적으로 가정하여 이의 대체비용을 계산하였다. 이의 용량은

수용가 형태에 따른 전지전력저장시스템의 경제성 평가

설치된 BESS시스템 용량의 10%로 가정하였다. 단, 이의 비용은 설치 당해 년도에만 유효하다.

$$C_U = \Omega_U \cdot P_U \cdot t_U \quad (3)$$

여기에서,  $C_U$ : UPS 대체비용 [\$],  $\Omega_U$ : UPS 전원 장치의 단가 [\$ / kWh],  $P_U$ : UPS 용량 [kW],  $t_U$ : UPS 지속시간 [h]

전지전력저장시스템의 용량은 일반적인 발전기의 용량 표시와는 달리 kW/kWh 용량 또는 kW/h 용량으로 일반적으로 표시하며 식 (3)의 무정전 전원장치 대체비용에서  $P_U$ 는 설치된 BESS시스템 kW 용량을  $t_U$ 는 설치된 BESS시스템 용량(h)의 10%로 하여 UPS 대체비용을 산정 하였다.

### 2.2.4 전지 잔존가치 비용

전지의 잔존가치에 의한 절약효과는 전지를 교체할 경우에만 발생한다. 이 값은 전지에 남아있는 남의 재생으로 인하여 나타난다.

## 2.3 과세 (Taxable income)

과세는 절약항목에서 비용항목을 빼줌으로써 계산할 수 있다.

### 2.3.1 소득세

소득세는 국내의 세법을 그대로 적용하였다.

### 2.3.2 세액공제

에너지 절약 시설물에 대한 전지, 전력변환장치, 및 시스템 비용의 일부에 대한 초기 투자비에 대한 세액공제를 받을 수 있다. 그러나 세금상각에서 즉시 상각을 사용할 경우에는 이의 항목은 적용할 수 없다.

## 2.4 순 수입 항목

순 수입은 과세소득에서 수입세를 뺀 다음 투자세액공제를 더함으로써 계산된다.

### 2.4.1 현금흐름

순 세전 현금흐름은 설치된 시스템에 의한 연간 순 소득흐름으로 표현한다. 순 세전 현금흐름은 다음

의 식 (4)와 같다.

(4)식에서,  $CF_B$ : 순 세전 현금흐름[\$],  $I_s$ : 총 절약비용 [\$],  $C_{AOM}$ : 연간 운전유지비 [\$/year],  $C_{loss}$ : 전력손실비용 [\$/year],  $\Omega_{bat}$ : 전지비용 [\$],  $\Omega_{PCS}$ : 전력변환장치비용 [\$/kW],  $\Omega_{BOP}$ : 주변기기비용 [\$/kWh],  $\Omega_{sit}$ : 용지비용[\$],  $\Omega_{loan}$ : 융자액

$$CF_B = T_s - (R_f + C_{AOM} + C_{loss} + \Omega_{bat} + \Omega_{PCS} + \Omega_{BOP} + \Omega_{sit} + \Omega_{loan}) \quad (4)$$

### 2.4.2 납세 후 순 현금흐름

납세 후 순 현금흐름은 다음의 식 (5)를 사용하여 산출할 수 있다.

$$CF_A = I_N + T_D + C_U - (\Omega_{bat} + \Omega_{PCS} + \Omega_{BOP} + \Omega_{sit} + \Omega_{loan}) \quad (5)$$

여기에서,  $CF_A$ : 납세 후 순 현금흐름 [\$],  $I_N$ : 순 수입 [\$],  $T_D$ : 세금 상각 [\$],  $C_U$ : UPS 대체비용

## 3. 경제 환경 및 BESS 기술, 경제적 사양

### 3.1 BESS의 기술, 경제 사양 데이터

전지전력저장시스템의 경제사양 데이터는 아직 국내의 경우 표준화된 데이터가 축적되지는 않은 실정이다. 연축 전지형 전지전력저장시스템을 기본으로 외국의 자료와 국내 한 제조사의 데이터를 비교한 결과 국내와 외국의 가격차이가 다소 있었으며 표준화된 외국의 자료 및 국내의 자료를 기준으로 하여 가격을 산정 하였다[3-8]. 표1에서는 전지전력저장시스템 가격 및 경제환경, 기술적 사양 데이터를 기술 하였다. 본 연구에서의 화폐의 단위는 달러화를 기준으로 하여 모든 비용을 산정 하였으며 이때의 원화 당 달러의 환율은 1200원을 적용하였다.

### 3.2 전기요금의 체계

전지전력저장시스템을 설치한 수용가에서 전기요금 선택은 이의 경제성에 상당한 영향을 미친다. 즉 전지전력저장시스템을 설치하여 얻을 수 있는 절약 비용에서 가장 큰 비중을 차지하는 전력(kW)요금과

전력량(kWh) 요금을 가장 절약할 수 있는 유리한 요금제도를 선택하여야 한다. 현재 한전에서는 계절별, 시간대별 상당히 다양한 전기요금 선택권을 수용가에 부여하고 있다. 이의 구분은 계약전력량에 따라 값, 을, 병으로 구별되고 수용가의 형태에 따라 주택용, 일반용, 교육용, 산업용, 농사용으로 구분되어진 대[9]. 표 2에는 2000년 11월 5일부터 국내에서 적용되고 있는 업종별, 시간대별 일반용(을)의 전기요금을 표 2에 나타내었다.

표 1. BESS 용량 대비 가격 및 경제 환경 데이터

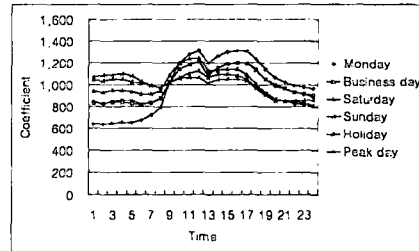
Table 1. Cost and economic specifications vs. BESS capacity

항 목	단 위	규 격
전지비용	[\$/kWh]	187.5
컨버터 비용	[\$/kW]	312.5
주변기기 비용	[\$/kW]	46.875
용지비용	[\$/kWh]	43.75
연간 운전 유지비	[\$/kWh]	0.8
손실전력	[kWh/cycle]	1120
전지잔존가치	[%]	11
소득세	[%]	35
UPS 대체비용	[\$/kWh]	833
전지효율	[%]	80
전지수명 (D.O.D:80%)	[cycle]	850
충, 방전 출력 비율		0.5
컨버터 효율	[%]	97
BESS 시스템 효율	[%]	72

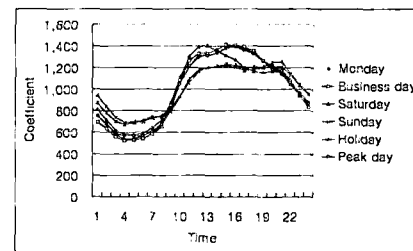
표 2. 일반용(을) 전기요금: 고압 (A), 선택요금 (2) Table 2. Commercial and public service: H. V. (A), Option (II)

전력요금 (\$/kW)	시간대	전력량 요금(\$/kWh)			
		여름철 (7,8월)	봄, 가을철		겨울철 (10월-익년, 3월)
5.483	경부하	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333
	중간부하	0.0735	0.0639	0.0539	0.0620
	최대부하	0.1290	0.0735	0.0735	0.0871
부하 구분	계절				
	여름철 (7,8월)	봄, 가을철 (4,5,6,9월)		겨울철 (10월-익년,3월)	
경 부 하	22:00 - 08:00				
중 부 하	08:00 - 10:00				08:00 - 16:00
	12:00 - 14:00				20:00 - 22:00
	17:00 - 22:00				
최대부하	10:00 - 12:00				16:00 - 20:00
	14:00 - 17:00				

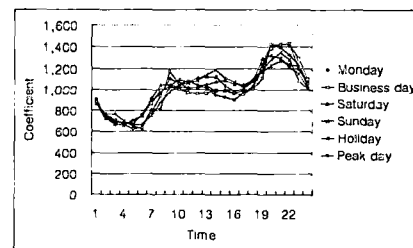
고압 A: 표준전압 3,300V 이상 66,000V 이하 고객  
 고압 B: 표준전압 154,000V 고객  
 고압 C: 표준전압 345,000V 이상 고객



(가) 경공업(Light-industrial)



(나) 상업(Commercial)



(다) 가정(Residential)

그림 3. 수용가 형태별 주간부하곡선 Fig 3. Weekly load profiles of the customer type

### 3.3 수용가 기술적 사항

수용가 형태별 전지전력저장시스템의 용량을 결정하기 위해서는 해당 수용가의 부하곡선이 필요하며 이를 적용하여야 한다. 한국에서의 수용가용 전지전력저장시스템의 경제성 및 도입 타당성을 분석하기 위해서 각 수용가 형태(산업, 상업, 가정 수용가)를 대표하는 부하곡선의 자료분석이 절대적으로 필요하다. 본 연구에서는 전지전력저장시스템의 경제성 및 도입타당성을 분석하기 위한 부하곡선으로서는 각 수용가 형태별(경공업, 상업, 가정 수용가) 월별 주간 부하곡선 및 월별 부하곡선[10]과 연간 부하 피크를 이용하여 이를 분석하였다. 그림 3은 대표적인 경공업, 상업 및 가정(아파트 단지) 수용가의 1999년의 주간 부하곡선 중 8월 주간 부하곡선이다. 그림 4는

### 수용가 형태에 따른 전지전력저장시스템의 경제성 평가

경공업, 상업용, 가정용 수용가 중 표본 수용가의 실제 월별 최대전력을 나타낸다. 그림 3에서 중측은 상대계수로서 하루 평균을 1,000으로 하였을 때 시간대별 사용전력을 의미한다.

## 4 사례연구

### 4.1 전지전력저장시스템의 용량선정

수용가 형태별 전지전력저장시스템의 경제성을 평가하기 위해서는 이의 적절한 용량 선정이 상당히 중요하다. BESS의 자본 비용은 표1에서와 같이 크게 전력(Power, kW) 및 에너지 용량(Energy capacities, kWh)으로 계산이 가능하며 다음의 식과 같이 된다.

$$CPL = (BESSpower) * KP + (BESSenergy) * KQ \quad (6)$$

여기에서, CPL: BESS의 자본비용, KP: power coefficient (\$/kW), KQ: energy coefficient (\$/kWh) 따라서 경제성을 고려한 전지전력저장시스템의 적정용량(전력 및 에너지 용량)은 다음과 같은 목적함수를 최대화함으로써 얻어질 수 있다.

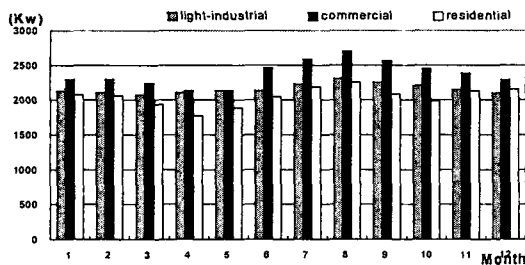


그림 4. 수용가 형태별 연간 월별 최대 전력  
Fig 4. Monthly peak of the sample customer type

$$\text{Maximize } R = \frac{ECS}{CPL} \quad (7)$$

여기에서, ECS: 절약비용, CPL: BESS 자본비용

### 4.2 수용가 형태별 경제성 평가

수용가 형태별 월별 주간부하곡선과 연간 월별 부

하피크를 이용하여 전지전력저장시스템의 용량(kW/kWh)을 식 (7)을 통해 선정하여 경제성 평가를 수행하였으며 이의 사양은 표3에 나타내었다.

표 3. Specifications of BESS for customer type

Table 3. 수용가별 전지전력저장시스템 사양

BESS	경공업	상업	가정
kW	300	300	200
MWh	2	1.7	0.5
운전사이클	80	80	85
전기요금	산업용(병)중 선택(2)요금 고압A	일반용(을)중 선택(2)요금 고압A	일반용(을)중 선택(2)요금 고압A

본 연구의 전지전력저장시스템의 전지용량 설계는 방전심도(D.O.D: Depth Of Discharge) 80%를 기준으로 용량으로 선정하였고 전지의 수명을 850 사이클로 하였다. 또한 전지의 초기 용량의 선정시 년도별 전지용량의 감소를 10년을 기준으로 하여 환산하여 초기에 설치하는 것으로 설계되었다[11]. 현재 외국의 연구결과[12]를 보면 D.O.D 80%를 기준으로 용량을 선정할 경우 외국의 실제 운전경험상 800-850 사이클 정도 사용가능하고 10년 정도에 교체하고 있다. 물론 연간 운전 사이클이 많을 경우에는 사이클을 기준으로 전지를 교체하여야 한다. 그림 5에서는 사례연구에 대한 각 수용가 형태별 순 현재가치를 나타내었다. 이의 결과를 분석하여 보면 가정 수용가의 경우가 최대부하 삭감 시간이 작아 초기 투자비가 적어 수용가중 가장 전지전력저장시스템에 적합함을 알 수 있다. 또한 적용된 경제성 평가 모델로는 현재 각 수용가 형태별 전지전력저장시스템의 경제성이 확보되지 않는 것으로 보여진다.

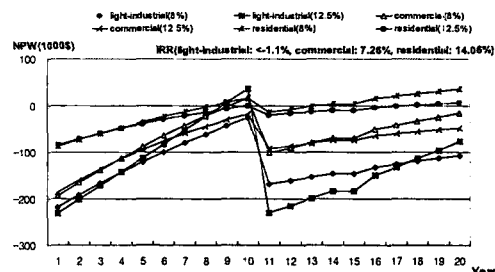


그림 5. 수용가 형태별 순 현재가치 (단위: 천불)  
Fig 5. Net present worth vs. customer type (units: 1000 \$)

### 4.3 전지전력저장시스템 가격에 따른 민감도 분석

상품의 경우 기술개발 및 제조공정의 개선으로 인하여 초기 제품의 가격이 하락하며 이를 제품의 학습현상이라 한다. 따라서 학습현상에 따른 전지전력저장시스템의 시스템 가격 즉 전지, 컨버터, 주변기기 가격의 변화를 정량적으로 가정하고 경제성 평가를 수행하였으며 20년간의 수용가 형태별 내부수익률을 그림 6에 나타내었다. 여기에서 각 수용가 형태별 전지전력저장시스템의 운전 환경 및 적용된 경제성 평가 모델은 앞 절의 환경과 동일하다. 그림 6의 결과에서 보면, 전지전력저장시스템의 최저 요구 수익률(MARR: Minimum Attractive Rate Of Return)을 20%를 기준으로 볼 때 경공업 수용가의 경우 전지전력저장시스템의 가격이 현재 가격의 69%이하일 경우, 상업 수용가의 경우에는 전지전력저장시스템의 가격이 현재 가격의 78%이하일 경우, 가정 수용가의 경우에는 현재 가격의 85% 이하일 경우 경제성이 확보되는 것으로 판단된다.

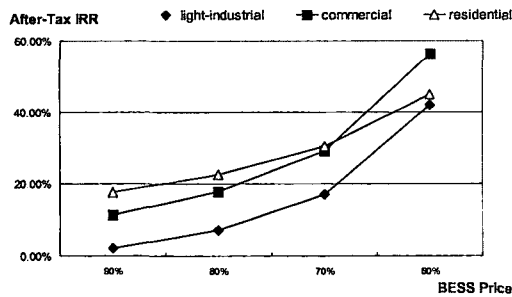


그림 6. 수용가 형태별 전지전력저장시스템 가격에 따른 납세후 내부 수익률 (단위: 천불)  
Fig 6. After-Tax IRR vs. changes in BESS price (units: 1000 \$)

### 4.4 금융지원에 따른 민감도 분석

사례연구에서 볼 때 경공업 및 상업 수용가의 경우 전지전력저장시스템의 도입은 현 시점에서는 경제성의 측면에서 볼 때 어렵다고 보여진다. 따라서 정부기관의 지원책 및 인센티브가 없는 상태에서는 수용가용 전지전력저장시스템의 보급을 기대하기는 힘들다. 따라서 정부 및 전력회사의 금융지원이 뒤따라야 하며 이를 정량적으로 분석하여야 할 필요가 있다. 여기에서 앞 절의 사례연구의 결과를 고려하여 경공업 및 상업의 수용가의 경우는 50%, 60% 용자

를, 주거 수용가의 경우는 30%, 40%의 용자를 적용하여 경제성을 평가하였다. 용자액은 전지전력저장시스템 가격(전지, 컨버터, 주변기기 비용의 합, 용지비용은 제외)이며 상환조건은 연이율 5.5% 3년 거치 5년 분할상환이다. 그림 7은 금융지원에 따른 수용가 형태별 경제성 평가의 결과를 보여준다. 금융지원에 따른 각 수용가 형태별 전지전력저장시스템의 경제성 분석결과 가정 수용가의 금융 지원금보다 경공업 및 상업 수용가의 금융 지원금이 더 많을 필요가 있는 것으로 보여진다. 즉 정부의 관련 기관은 전지전력저장시스템의 금융지원을 일률적으로 정하는 것이 아니라 수용가의 형태 및 특성을 파악하여 적절히 조정하는 것이 필요하다. 즉 해당 특정 수용가의 경제성 평가 및 타당성을 바탕으로 이를 결정하여야 할 것이다.

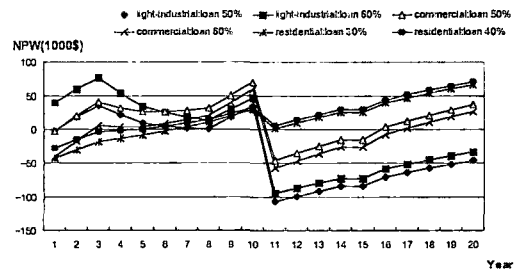


그림 7. 금융지원에 따른 순 현재가치 (할인율:8%, 단위: 천불)  
Fig 7. NPW with the financial support (discount rate:8%, units: 1000 \$)

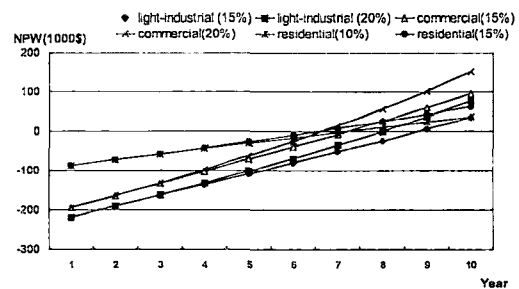


그림 8. 전기요금 변화에 따른 순 현재가치 (할인율:8%, 단위: 천불)  
Fig 8. NPW vs. changes of electricity charge (discount rate:8%, units: 1000 \$)

### 4.5 전기요금 변화에 따른 민감도 분석

향후 전력산업의 민영화에 따라 전력요금은 상당

## 수용가 형태에 따른 전지전력저장시스템의 경제성 평가

한 쪽으로 상승할 것으로 예상되므로 전지전력저장시스템의 보급요건이 충족될 것이다. 전지전력저장시스템을 설치한 수용가의 경제적 이익은 피크삭감에 따른 기본요금의 절감과 주, 야간의 요금차이에 따른 전력량요금의 절감이다. 각 수용가의 전기요금 상승률(기본 및 전력량 요금)을 5%, 10%, 15%, 20% 변화하면서 각 수용가 형태별 민감도를 분석하였다. 그림 8은 이의 결과를 나타내었다. 이의 결과를 보면 경공업, 상업 수용가의 경우 전기요금 상승률이 15% 이상일 경우 상당히 경제성이 있는 것으로 보이며 가정 수용가의 경우 10% 이상일 경우 상당한 경제성을 보여주고 있다.

### 4.6 기존모델과 제안모델의 경제성 평가 결과 비교

각 수용가 형태별 전지전력저장시스템의 경제성을 기존 경제성 평가 모델[2],[3]과 본 논문에서 제안한 경제성 평가 모델을 사용하여 이의 결과를 평가, 비교하였다. 제안한 경제성 평가모델은 세금상각에서 즉시상각을 고려하였으며 용자액은 경공업, 상업, 가정 수용가에 설치하는 전지전력저장시스템 가격의 각각 60%, 40%, 40%이며 상환조건은 연이율 5.5% 3년 거치 5년 분할상환이다. 이의 결과는 20년간의 납세후 내부수익률을 표 4에 나타내었다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 한국에서의 수용가 형태별 전지전력저장시스템의 경제성 평가 및 타당성을 분석하였다. 이를 위하여 한국의 현실에 적용 가능한 세제 및 금융지원을 고려하여 기존의 경제성 모델을 수정, 보완하였다. 또한 전지전력저장시스템이 어떠한 수용가 형태에 가장 유리한가를 평가하기 위하여 한국에서의 대표적 수용가 부하 형태 조사(산업, 상업 및 가정 수용가)를 근거로 하여 한전의 전기요금체계(시간제 요금제)를 적용하여 전지전력저장시스템의 경제성을 평가하였다. 사례 연구 결과에서 현재의 전지전력저장시스템의 가격이 다소 고가이어서 주거 수용가(아파트 단지)를 제외하고는 경제성이 없는 것으로 판단되었다. 또한 전지전력저장시스템의 가격 변화, 금융 용자액 및 전기요금 상승률에 따른 수용가 형태별 경제성을 평가, 분석하였다. 이의 결과에서 볼

때 전지전력저장시스템을 도입하려는 경공업 및 상업 수용가에게는 제조자의 꾸준한 기술개발로 시스템 가격이 적정수준으로 정착될 때까지 금융지원이 필수적으로 보여지며 지원의 형태는 각 수용가 형태별 적절한 경제성을 보장할 수 있도록 차별화 하여야 할 것이다. 본 연구의 결과는 전지전력저장시스템 제조업자 및 수용가에게 중요한 의사결정의 수단을 제공할 것으로 예상되며 제안된 경제성 평가 모델 및 결과는 정부, 에너지 사업자(ESCO)의 보급전략 및 전력수요관리 정책에 유용한 자료가 되리라 믿는다.

표 4. Comparison of After-Tax IRR by the economic analysis model

Table 4. 경제성 평가 모델에 따른 납세후 내부수익률 비교

경제성 평가 모델	납세후 내부 수익률		
	경공업	상업	가정
Reckroddt <i>et. al</i> [2]	<-10%	-1.2%	5.8%
E-S. Kim <i>et. al</i> [3]	-1.1%	7.3%	14.06%
제안 모델	16.8%	21.1%	31.74%

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부에서 시행한 에너지·자원기술개발사업의 학술진흥사업 수행결과임.

## References

- [1] D. W. Sobieski, et. al., "An Economic Assessment of Battery Storage in Electric Utility Systems", IEEE Transactions on Power Systems, Dec. 1985.
- [2] R. C. Reckroddt, et.al., "Economic models for Battery Energy Storage: Improvement for Existing Methods", IEEE Transactions on Energy Conversion, Dec. 1990.
- [3] 김응상 외, "전지전력저장시스템의 경제성 평가를 위한 분석 모델의 연구", 한국조명전기설비학회지, 1996년 10월.
- [4] 김재철 외, "전지전력저장시스템의 경제성 분석", 대한전기학회 하계학술대회, 1998년 7월.
- [5] 최준호 외, "수용가용 전지전력저장시스템의 경제성 분석", 대한전기학회 추계학술대회, 2000년 11월.
- [6] Bechtel Group, Inc., "Feasibility Assessment of Customer-side-of-the-meter Applications for Battery Energy Storage", Project 1275-12, Report EM-2769, EPR, Dec. 1982.
- [7] Bechtel Group, Inc., "Design and Cost of a Generic



- 10-MW Utility Lead-Acid Battery Energy Storage Plant", Project 2123-6, Report AP-5845, EPRI, June 1988.
- [8] Chin. H. Lo and Max. D. Anderson, "Economic Dispatch and Optimal Sizing of Battery Storage Systems in Utility Load-Leveling Operations", IEEE Transactions on Energy Conversion, Sept. 1999.
- [9] Web site, <http://www.kepco.co.kr/cyber/c3m-4.html>.
- [10] 이상철 외, 계약종별, 산업별 부하곡선 자료집Ⅲ, 한국전력공사, 1999년 12월.
- [11] 김호용 외: 1MW급 전력저장장치시스템 기술개발에 관한 중간 보고서(2차년도), 한국전기연구소, 1996년 3월.
- [12] Jim McDowall, "Nickel-Cadmium Batteries for Energy Storage Applications", The Fourteen Annual Battery Conference on Applications and Advances, 1999.

#### ◇ 저자소개 ◇

##### 손 학 식 (孫學植)

1955년 5월 5일생. 1983년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년~현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

##### 최 준 호 (崔峻豪)

1970년 7월 30일생. 1996년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1998년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 2월 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2002. 3월 현재 서울대학교 전기공학과 Post Doc.

##### 김 재 철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대 전기공학과 교수