

수용가용 전지전력저장시스템의 경제성 분석

*최준호 · 김재철 · 홍종석 · 손학식 · 임태훈
 송실대학교 전기공학과 전력계통연구소

Economic Assessment of Customer Owned Battery Energy Storage System (BESS)

*Joon-Ho Choi · Jae-Chul Kim · Jeong-Suk Hong · Sag-Sig Son · Tae-Hoon Im
 Power System Lab., Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University

Abstract - The Battery Energy Storage System (BESS) has lots of advantages such as load levelling, quick response emergency power (spinning reserve), frequency and voltage control, improvement of reliability, and deferred generation and transmission construction. The economic feasibility requires justification from the customer side of meter to promoting the dissemination of BESS nationally. In this paper, we proposed the economic assessment model of customer owned Battery Energy Storage System (BESS) which is complemented and improved the existing model. The proposed model is applied to the typical customer type (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 assessment performed for each customer type to justifying their economic feasibility of BESS installation from the economic measures such as payback period, overall benefits, ROI, and ROR. The results of this paper are useful to the customer investment decision making and the national energy policy & strategy.

1. 서 론

지구 환경문제로 인해 전세계적으로 청정 에너지 및 대체에너지에 대한 관심으로 선진국을 중심으로 기술개발에 노력을 경주하고 있다. 특히 현재와 같은 고유가 시대는 앞으로 계속 유지될 전망이므로 향후 국내에서도 에너지절약 및 대체에너지 개발을 장기적인 마스터플랜을 가지고 지속적으로 추진해 나아가야 할 것이다. 이러한 설비 중 전지전력 저장시스템(Battery Energy Storage System)은 부하를 향상, 순동 예비력, 전압 및 주파수 제어, 발전 및 송,배전 설비의 투자지연 효과, 공급의 신뢰도 향상 등의 효과를 가지고 있다. 하지만 이러한 우수한 장점을 보유한 BESS의 보급확산을 위해서는 경제성 및 이의 평가가 필수 요소라 하겠다.

기존의 BESS 경제성분석은 전지크기에 대한 한계공사비를 사용한 경제성 분석[1] 및 의사결정제도(decision diagram)를 이용하여 투자회수기간 등의 경제척도를 사용한 경제성 분석[2]이 있으나, BESS를 설치함으로써 얻어지는 수용가의 이득, 즉 공급 신뢰도 향상기능 등이 고려되지 않았다. [3-4]에서는 국내실정에 맞는 요금제도, 세계, 용지비용, 신뢰도 향상비용, 및 금융지원책을 중심으로 기존의 평가모델[2]을 수정 보완하였다. 본 논문에서는 대표적 수용가 형태(산업, 상업 및 가정용 수용가)를 대상으로 국내의 시간제 요금제도(Time Of Use: TOU)를 적용하여 제안된 경제성 평가 모델을 사용하여 경제성을 평가하였다.

2. 수정, 보완된 BESS 경제성 평가 모델

BESS는 첨두부하 삭감(peak shaving)을 주목적으로 한다. 즉 첨두부하 시에는 전력을 방전하고 경부하 시에는 전력을 충전함으로써 기본요금의 삭감 및 주·야간의 전력요금의 차이로 인한 전력량요금의 경감을 피할 수 있다. 기술적 사양 결정에서 수용가의 연간 부하프로파일(load profile)은 BESS용량, 연간 운전시간 및 패턴 등의 환경을 결정하게되고 주요한 시스템의 가격 즉 전지, 전력조정장치 등은 전지크기에 관련된 수식으로 계산 할 수 있다. 일단 기술적 사양이 결정되면 기술적 성능이 산출되고, 이들 사양에 관련된 장치효율 및 전지수명 등은 제조업자에게 상당히 유용한 자료가 된다. 본 논문에서는 BESS의 다기능부가기능의 하나인 무정전 전원장치 대체비용, 신뢰도향상 비용, 세계해택으로서 즉시 상각, 및 에너지절약시설물의 대출 등의 관련제도를 고려하여 기존 모델을 그림1과 같이 수정, 보완하였다[3-4]. 그림에서 *표시된 부분은 수정, 보완된 항목이다.

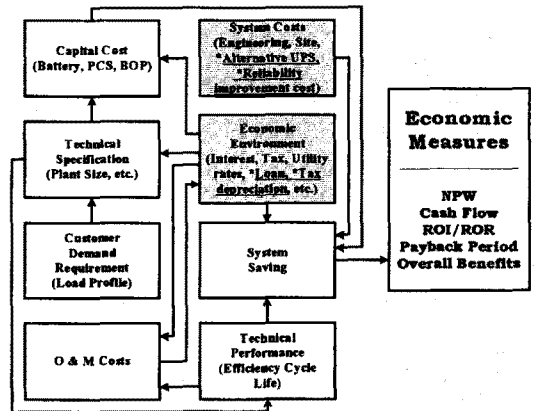


그림 1. 경제성 평가 모델의 의사결정 제도

2.1 절약항목의 정식화

2.1.1 전력(kW)요금 삭감

전력(kW)요금 삭감은 수용가의 첨두부하삭감(peak shaving, also called load levelling)으로 인한 전기요금의 절약을 의미하며 이는 다음의 식으로 표현되어진다.

$$R_D = (P_m \cdot P_{pn}) (1 + \epsilon_d)^{n-1} \quad (1)$$

여기서, R_D : 전력요금 삭감 (\$), P_{sn} : n년의 피크수요 감량 (kW), P_{pn} : n년의 kW당 전력량요금 (\$/kW), ϵ_d : 연간 수용요금 상승률, n: 연수

2.1.2 전지 잔존가치

전지잔존가치에 의한 절약효과는 전지를 교체할 경우에만 발생한다. 이 값은 전지에 남아있는 납의 재생으로 인하여 나타난다.

2.1.3 무정전전원장치 대체 비용

BESS의 다기능 부가기능 중에는 무정전 전원장치의 대체기능이 있다. 즉, BESS 설치에 따른 수용가의 신뢰도 향상비용은 같은 용량의 UPS를 설치한 경우와 같다고 볼 수 있다. 그러나, 수용가의 UPS 설치용량이 BESS용량과 일치한다고 볼 수는 없으므로 수용가의 UPS 용량을 정량적으로 가정하여 이의 대체비용을 계산한다. 단, 이의 비용은 설치 당해 년도에만 유효하다.

$$C_U = \Omega_U \cdot P_U \cdot t_{UPS} \quad (2)$$

여기서, C_U : UPS 대체비용 [\$], Ω_U : 무정전 전원장치의 단가 [\$ / kW], P_U : 무정전 전원장치의 용량 [kW], t_{UPS} : 무정전 시간 [hr]

2.1.4 신뢰도향상비용

신뢰도 지수 향상비용은 수용가에 BESS가 설치된 경우 전력공급자 측에서의 작업 및 사고정전으로 인한 수용가가 재산적 손해의 보상을 비용화한 것이다. 이 항목은 정확한 정량적 표현이 어려우므로 가정한 값들을 사용하였다. 신뢰도향상비용 계산식은 다음과 같다.

$$C_R = P_S \cdot t_{INT} \cdot C_E \cdot \epsilon_c \quad (3)$$

여기서, C_R : 신뢰도 증진 비용[\$ / year], P_S : 시스템 용량[kW], t_{INT} : 연간 평균 정전 시간[hr], C_E : 전력 요금[\$ / kWh], ϵ_c : 보상비율

2.2 비용 항목의 정식화

2.2.1 기술 용역비

기술 용역비는 일반적으로 시스템 비용의 20% 이하로 잡는 경우가 많으며 본 논문에서는 정량적으로 20%로 산정 하였다.

2.2.2 전력량(kWh) 요금

주간과 심야의 전력요금의 차이가 시스템 비효율로 인한 손실을 보상할 정도로 충분할 경우에는 전력량 요금 절약의 항목이 될 수 있으며 그렇지 않을 경우에는 비용의 항목이 된다.

$$I_E = \left(\frac{P_{off}}{\eta_r} - P_{on} \right) (1 + \epsilon_e)^{n-1} \cdot P_B \cdot N_C \quad (4)$$

여기서, I_E : 전력량요금증가 [\$], P_{on} :주간 전력량요금 [\$ / kWh], P_{off} : 심야 전력량요금 [\$ / kWh], η_r : 시스템의 왕복효율, ϵ_e : 전력량 상승률, P_B : 전지 크기 [kWh], N_C : cycle수/년, n : 연수

2.2.3 연간운전유지비(O & M cost)

이 항목은 세금 공제가능 항목이다. 일반적으로 운전유지비는 예측할 수 없는 비용으로 고려된다.

2.2.4 전력손실비용

이 항목은 전지, 전력변환장치 및 주변기기의 비효율로 인한 비용으로 전지와 컨버터효율이 장기간 동일하게 유지된다고 볼 때 일정하다고 간주할 수 있다.

2.2.5 세금 상각

상각이 비용항목에 수록된 이유는 소유자에 대한 이 방법론이 초기 프로젝트 건설비와 장치비용을 회수하도록 되어 있기 때문이다. 이의 방법에는 정률법과 정액법이 있으며, BESS에 대해서는 에너지 절약형 시설물에 대한 조세감면법 제26조에 따라 이를 적용한다면 세액공제와 즉시 상각을 고려 할 수 있다. 단, 동일자산에

대해 세액공제와 즉시 상각제도는 동시에 고려 될 수 없다.

2.2.6 금융지원

에너지이용합리화자금 대출에 따라 투자금액의 30 ~ 60% 용자, 3(5)년 거치 5(7)년 분할상환의 금융지원 을 고려한다.

2.3 과세 항목의 정식화

이 항목은 절약항목에서 비용항목을 빼줌으로서 계산 할 수 있다.

2.3.1 소득세

소득세는 입력데이터에서와 같이 국내에서의 세법을 그대로 적용하였다.

2.3.2 세액공제

이 방법은 전력변환장치, 전지, 주변기기 일부에 대한 초기 투자비의 세금경감이 주어진다. 하지만 세금상각에서 즉시상각을 사용할 경우에는 이의 항목은 0이 된다.

2.4 순 수입 항목의 정식화

순 수입은 과세소득에서 수입세를 뺀 다음 투자세액공제를 더함으로서 계산된다.

2.4.1 세금 상각

세금 상각은 앞에서 다룬 것으로서 출력데이터에 영향을 준다.

2.4.2 전지, 컨버터, 주변기기 및 용지비용

첫해를 제외한 모든 해에 대해 이 값은 0이다. 단, 전지교체시기의 경우 전지의 비용은 전지잔존가치를 제외하고 다시 계산한다.

2.4.3 현금흐름

순 세전 현금흐름은 설치된 시스템에 의한 연간 순 소득흐름으로 표현한다. 이 값은 총 절약효과에서 전력량요금증가, 연간 운전유지비, 전력손실비용, 전지비용, 전력변환장치, 주변기기비용, 용지비용 등을 빼줌으로서 결정된다. 순 세전 현금흐름은 식(5)과 같다.

$$CF_B = T_S - (I_E + C_{AOM} + C_{LOS} + \Omega_{BAT} + \Omega_{PCS} + \Omega_{BOP} + \Omega_{SIT} + \Omega_{LOAN}) \quad (5)$$

여기서, CF_B : 순 세전 현금흐름[\$], T_S : 총 절약효과 [\$], C_{AOM} : 연간 운전유지비 [\$ / year], C_{LOS} : 전력손실비용 [\$ / year], Ω_{BAT} : 전지비용 [\$], Ω_{PCS} : 전력변환장치비용 [\$ / kW], Ω_{BOP} : 주변기기비용[\$ / kWh], Ω_{SIT} :용지비용[\$], Ω_{LOAN} : 용자액

2.4.4 납세 후 순 현금흐름

납세 후 순 현금흐름은 식(6)을 사용하여 산출할 수 있다.

$$CF_A = I_N + T_D + C_U - (\Omega_{BAT} + \Omega_{PCS} + \Omega_{BOP} + \Omega_{SIT} + \Omega_{LOAN}) \quad (6)$$

여기서, CF_A : 납세 후 순 현금흐름[\$], I_N : 순 수입 [\$], T_D : 세금 상각 [\$], C_U : UPS 대체비용, Ω_{LOAN} : 용자액

2.4.5 납세 후 누적현금흐름

이 현금 흐름 값은 전체 "납세 후 순 현금흐름"에 대해 계산될 것이다. 예로, 첫해의 납세 후 누적현금흐름은 첫해의 납세 후 순 현금흐름과 같다. 2년째에는 2년째 납세 후 순 현금흐름에 1년째 납세 후 누적현금흐름을 더한 값과 같다. 이러한 방법을 반복하여 다음해의 값을 구한다.

2.4.6 순 현재가치, 회수기간

순 현재가치는 미래의 값을 현재의 값으로 환산함으로써 계산된다. 회수기간은 투자한 자기 자본을 회수하는

기간으로서 순 현재가치가 양의 값을 가질 때까지의 기간을 의미한다.

3. 경제 환경 및 기술적 사항

3.1 BESS 용량 대비 가격 및 전기요금

표1에서는 BESS 시스템 가격 및 경제환경, 기술적 사양 데이터를 기술하였다. 또한, 1999년 11월 5일부터 국내에서 적용되고 있는 업종별, 시간대별 전기요금(TOU)중 일반용(을) 표2에 나타내었다[5-6]. 표1과 2에서 화폐의 단위는 달러화를 기준으로 하여 모든 비용을 산정 하였으며 이때의 환율은 1200원이다.

표 1. BESS 용량 대비 가격 및 경제 환경 데이터

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	[cycle]	2000
충, 방전 출력 비율		0.5
컨버터 효율	[%]	97
BESS 시스템 효율	[%]	72
년간 평균 정전시간	[hour]	10
물가 상승률	[%]	4.5

표 2. 일반용(을) 전기요금 체계: 고압 A, 선택요금 2

전력요금 (kW당)	시간대	전력량 요금(kWh당)			
		여름철 (7,8월)	봄, 가을철		겨울철 (10월-익년,3월)
			6월	4,5,9월	
5.483	경부하	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333
	중간부하	0.0735	0.0539	0.0539	0.0620
	최대부하	0.1290	0.0735	0.0735	0.0871

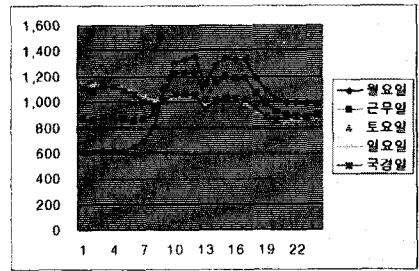
구 분	계절		
	여름철 (7,8월)	봄, 가을철 (4,5,6,9월)	겨울철 (10월-익년,3월)
경 부 하	22:00 - 08:00		
중 부 하	08:00 - 10:00		08:00 - 16:00
	12:00 - 14:00 17:00 - 22:00		20:00 - 22:00
최대부하	10:00 - 12:00		16:00 - 20:00
	14:00 - 17:00		

구 분	적용범위 (표준전압)
저압전력	표준전압 110V 이상 380V 이하 고객
고압 A	표준전압 3,300V 이상 66,000V 이하 고객
고압 B	표준전압 154,000V 고객
고압 C	표준전압 345,000V 이상 고객

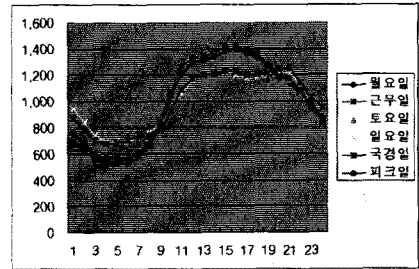
3.2 수용가 기술적 사항

수용가용 BESS의 경제성 및 도입 타당성을 분석하기 위한 부하곡선은 각 수용가 형식별(경공업, 상업용, 가정용 수용가) 월별 주간 부하곡선[7]과 년간 월별 부하피크를 이용하였다. 그림 2는 대표적인 경공업, 상업용(백화점) 및 가정용(아파트 단지) 수용가의 99년 8월 주간부하곡선이다. 그림 3은 경공업, 상업용, 가정용 수

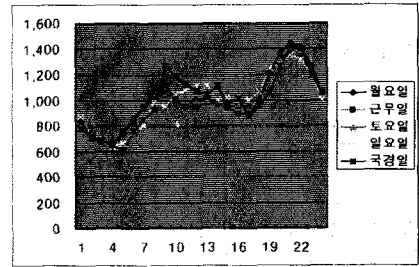
용가 중 표본 수용가의 실 월별 최대전력을 나타낸다. 그림 2에서 종축은 상대계수로서 하루 평균을 1,000으로 하였을 때 시간대별 사용전력을 표시한 것이며 횡축은 시간을 의미한다.



(가)



(나)



(다)

그림 2. 수용가별 주간부하곡선(99년 8월): (가)경공업 수용가, (나)상업용 수용가, (다)가정용 수용가

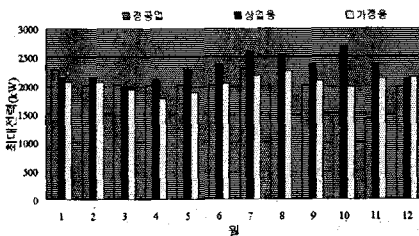


그림 3. 수용가별 년간 월별 최대전력

4. 사례연구

4.1 수용가별 (경, 공업, 상업용, 가정용)에 따른 분석

각 수용가의 월별 주간부하곡선과 년간 월별 부하피크를 이용하여 BESS의 용량, 부하 경감 및 운전시간을 산출하였으며 이를 사용하여 경제성(투자회수기간)을 분석하였다. 경제성 평가 모델은 제한안 모델 중 용자, 대출을 고려하지 않은 모델을 적용으로 하였다.

BESS의 충, 방전 특성을 고려할 경우, 경공업의 경우 년간 주간부하곡선과 월별최대전력으로 부터 BESS 용

량은 500kW/4MWh에 운전은 200 사이클로 500kW의 최대전력사감이 적절하다. 이와 마찬가지로 상업용의 경우 1MW/4MWh에 운전사이클은 230 사이클로 750kW의 최대전력 사감이, 가정용의 경우는 500kW/1.5MWh에 230 사이클로 500kW의 최대전력사감이 적절하다. 전기요금은 경공업의 경우 산업용(병)중 선택(2)요금 고압A, 상업용과 가정용의 경우 일반용(을)중 선택(2)요금 고압A를 적용하였다. 경제성 평가의 결과의 예로서 표 3은 사례연구의 경공업 수용가의 출력의 결과를 나타낸다. 표 4에는 사례연구에 대한 각 수용가별 현재가치 및 투자회수기간을 나타내었다. BESS의 경우 연간 200사이클 정도 운전시 전지의 수명이 10년이 예상되므로 경제성 평가기간은 10년으로 상정하였다. 따라서 10년 동안 투자가 회수되지 않았을 경우 경제성이 없다고 볼 수 있다. 이 결과에서 보면 가정용의 경우가 피크 삭감 시간이 작아 가장 BESS시스템에 적절하고 투자회수기간이 짧음을 알 수 있다.

표 3. 경공업 수용가의 경제성분석의 결과 출력 예 (단위: 천불)

Year	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Savings										
Demand charge	24.6	25.7	26.9	28.1	29.3	30.7	32.0	33.5	35.0	36.6
Battery salvage cost	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Revenue from demand	24.1	25.2	26.3	27.5	28.7	30.0	31.4	32.8	34.3	35.8
Revenue from peak	104.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
total savings	152.9	50.9	53.2	55.6	58.1	60.7	63.4	66.3	69.3	72.4
Expenses										
Engineering cost	185.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Energy charge	-25.0	-28.1	-27.3	-28.5	-29.8	-31.2	-32.8	-34.0	-35.6	-37.2
Annual O & M cost	3.2	3.3	3.5	3.7	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8
Lost Energy cost	5.3	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6	6.9	7.2	7.5	7.8
Interest	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Depreciation	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tax depr	608.8	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6
total expenses	779.2	84.3	83.8	82.8	81.9	81.0	80.1	79.1	78.1	77.0
Tax income										
Income tax	-628.3	-33.5	-30.4	-27.2	-23.8	-20.3	-16.7	-12.9	-8.8	-4.7
Investment tax credit	-219.2	-11.7	-10.8	-9.5	-8.3	-7.1	-5.8	-4.5	-3.1	-1.6
total tax credit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Net income										
total net income	-407.1	-21.7	-19.7	-17.7	-15.5	-13.2	-10.8	-8.3	-5.8	-3.0
Costs										
Tax depr	608.8	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6	101.6
Battery cost	750.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Converter cost	156.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BOC cost	23.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Site cost	175.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Loan	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Before-Tax cash flow										
total before-tax cash flow	-935.3	88.2	71.2	74.5	77.8	81.3	85.0	88.8	92.8	97.0
After-Tax cash flow	-797.8	79.9	81.9	84.0	86.1	88.4	90.8	93.3	95.9	98.6
Cumulative cash flow	-797.8	-717.9	-636.1	-552.1	-466.0	-377.5	-286.7	-193.5	-97.6	0.0
NPV(8%)	8.0%	-7.38	-6.70	-6.05	-5.44	-4.85	-4.29	-3.76	-3.26	-2.78
NPV(12.5%)	12.5%	-7.08	-6.46	-5.89	-5.36	-4.86	-4.45	-4.05	-3.69	-3.35

표 4. 수용가별 경제성 평가결과의 비교 (할인율 8%, 단위: 천불)

년	순 현재가치(NPV)		
	경공업	상업용	가정용
1	-739	-792	-251
2	-670	-697	-200
3	-605	-605	-150
4	-544	-519	-103
5	-485	-436	-58
6	-429	-358	-15
7	-376	-283	28
8	-326	-211	66
9	-278	-143	104
10	-232	-77	140

투자회수기간: 경공업: 10년 이상, 상업용: 10년 이상, 가정용: 6.5년

4.2 BESS 시스템 가격에 따른 분석
 학습현상에 따른 BESS의 시스템 가격(전지, 컨버터, 주변기기 가격)의 변화를 정량적으로 가정하고 경제성 평가를 수행하였으며 이는 표5와 같다. 각 수용가별 경제 및 BESS운전 환경은 앞 절과 동일하다.

표 5. BESS가격에 대한 경제성 평가 결과

BESS 가격 (현 가격에 대한 비율)	투자회수기간		
	경공업	상업용	가정용
90 %	10년이상	10년	6년
80 %	10년이상	9년	5년
70 %	10년	8년	4년
60 %	9년	7년	3년

4.3 경제성 평가 모델 적용에 따른 분석

4.1에서 4.2절의 경제성 평가 결과에서 보면 경공업 및 상업용 수용가의 경우 BESS의 도입 적용이 경제성 측면에서 볼 때 어렵다고 보인다. 따라서 국가적 지원책이 없는 상태에서는 수용가용 BESS의 보급을 기대할 수 없다. 새로 적용된 경제성 평가 모델은 에너지절약 시설물에 대한 용자를 고려한 것으로서 경공업 및 상업용은 50%, 60% 용자를, 가정용의 경우는 30%, 40%의 용자를 적용하였다. 용자액은 BESS시스템가격 및 용지비용을 의미한다.

표 6. 용자에 따른 수용가별 경제성 평가 결과

용자액	투자회수기간		용자액	투자회수기간
	경공업	상업용		
50 %	7년	4년	30 %	4년
60 %	5년	3년	40 %	3년

5. 결 론

본 연구에서는 수용가용 BESS의 경제성 평가모델을 수정, 보완하였으며 사례연구로서 각 수용가별 표준적 부하곡선 및 시간대별 차등요금제도를 적용하여 적정 용량 BESS의 경제성을 투자회수기간으로 평가하였다. 이의 결과는 관련 시스템 제조업체에게 설계, 제작 시 중요한 의사결정 수단을 제공하여 주며, 제안된 경제성평가 모델은 국가적인 보급촉진전략 및 전력 수요관리정책(Demand-Side Management: DSM)에 유용한 자료가 되리라 믿는다. 이러한 정책은 수용가별로 적정한 경제성을 보장할 수 있도록 체계적으로 추진되어야 할 것이다. 향후 연구로 국내실정에 맞는 BESS 가격 산출을 통한 일반화된 수용가별 BESS의 적정용량 및 경제성, 신뢰성을 고려한 운전알고리즘에 관한 연구를 추진할 예정이다.

이 논문은 에너지자원기술개발지원센터의 학술진흥사업 연구비에 의하여 지원되었음.

(참 고 문 헌)

- (1) D.W.Sobieski, et. al., "An Economic Assessment of Battery Storage in Electric Utility Systems", *IEEE Trans. PWRs*, Dec. 1985
- (2) R.C.Reckrodt, et.al., "Economic models for Battery Energy Storage: Improvement for Existing Methods", *IEEE Trans. EC*, Dec. 1990
- (3) 김용상 외, "전지전력저장시스템의 경제성 평가를 위한 분석 모델의 연구", 한국조명전기설비학회지, 1996년 10월
- (4) 김재철 외, "전지전력저장시스템의 경제성 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 1998년 7월
- (5) Web Site: <http://www.kepco.co.kr/cyber/cyber3.4.html>
- (6) 정연해, 전지전력저장시스템의 경제성 평가모델에 관한 연구, 석사학위논문, 숭실대학교, 2000년 6월
- (7) 이상철 외, 계약종별·산업별 부하곡선 자료집 III, 한국전력공사, 1999년 12월