전력저장전지시스템(BESS)의 경제성평가에 관한 연구

김 병목*, 김 소희*, 노 대석*, 박경주**
*한국기술교육대학교, **한국폴리텍V대학
e-mail:dsrho@kut.ac.kr

The Economic Evaluation for Battery Energy Storage System(BESS)

Byung-mok Kim*, Soo-hee Kim*, Dae-Seok Rho*, Kyeong-Joo Park**
*Korea University of Technology and Education, **Korea Polytechnic V

요 약

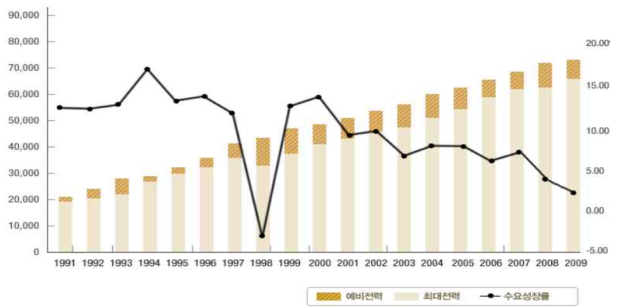
1차 에너지 소비량은 계속 증가 되고 있는데 화석연료의 고갈과 기후문제 등으로 소비량을 줄이기 위해 원자력발전과 신재생에너지인 풍력 및 태양광 등이 현재 증가하고 있다. 하지만 증가하는 부하에 대한 대응방안으로 원자력 발전소는 가변제어가 아닌 고정방식이기 때문에 기저부하에 대한 공급을 담당하고 신에너지는 발전량이 일정하지 않기 때문에 또한 피크부하 대응에 불가능하다 그러므로 양수발전소 또는 다른 발전소를 통해 피크부하를 관리하고 있는 상황이다. 하지만 단 몇 시간의 피크부하를 위해 지속적인 발전소를 지을 수 있는 부지도 없고 건설시간도 매우 많이 걸리는 단점이 있다 본 논문에서는 양수발전 또는 다른 발전소를 대체할 수 있는 전력저장시스템(BESS)의 부하평준화효과에 대한 경제성평가 기법에 대하여 제시한다.

1. 서 론

최근 유가의 불안정, 기후변화협약의 규제 대응 등 국내외 환경변화에 따라 신·재생에너지의 중요성이 날로 커지고 있다. 또한 신·재생에너지는 화석에너지의 고갈문제와 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 것 뿐 아니라 새로운 성장동력 산업으로 선진 각 국에서는 경쟁적으로 과감한 연구개발과 보급정책 등을 추진하고 있다. 이에 정부는 2011년 까지 그린에너지 보급률을 5%까지 확대, 국내 기술 수준을 선진국의 70~90%까지 올릴 예정이며, 이에 따라 대규모 분산전원(태양광, 풍력, 열병합 등) 단지가 활발하게 조성되고 있는 상황이다. 하지만 신재생에너지는 발전량은 날씨에 영향으로 출력량이 일정하지 않기 때문에 피크부하 대응에 불가능하다. 그러므로 양수발전소 또는 다른 발전소를 통해 피크부하를 관리하고 있는 상황이다. 단 몇 시간의 피크부하를 위해 지속적인 발전소를 지을 수 있는 부지도 없고 건설시간도 매우 많이 걸리는 단점이 있다. 이러한 상황에서 전력저장전지시스템(Battery Energy Storage System)은 출력에 대한 불확실성이 큰 신·재생에너지원과 공간에 제약을 받는 다른 발전소에 비해 스마트 그리드 환경에 중요한 제어 요소로 자리하게 될 것이다. 이에 본 논문에서는 양수발전 또는 다른 발전소를 대체할 수 있는 전력저장전지시스템(BESS)의 부하평준화 효과에 대한 경제성평가 기법에 대하여 제시한다.

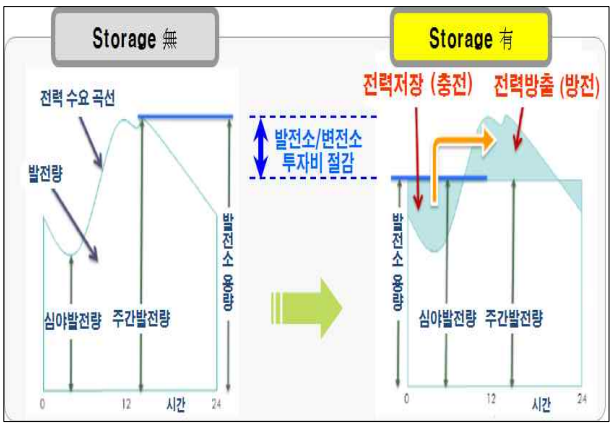
2. 국내 전력수급 현황

매년 최대 전력이 급속하게 증가하고 있는 상황으로 2000년도에 41,007MW에서 2009년도에 66,797MW까지 상승하여 10년 동안 1.5배 이상의 증가율을 보이고 있다. 그림 1은 지난 20년 동안의 예비 전력량과 최대전력을 분석한 그래프이다.



[그림 1] 지난 20년 동안의 예비 전력량과 최대 전력량

매년 높아져가 가는 최대 전력량과 예비율을 유지하기위해 발전소를 계속 증축해야하는데 그림 2는 전력저장전지시스템을 설치 시 발전소 증설을 지연시키거나 줄일 수 있는 것을 보여주는 것으로 야간에 사용하지 않은 심야전기를 이용하여 평균 부하량보다 높아지면 전력저장전지시스템에 저장한 심야전기를 사용함으로 보다 효율적으로 에너지를 이용할 수 있으며, 또한 경제적으로 전력을 공급할 수 있다.



[그림 2] 전력저장전지시스템의 유·무 차이

표 1은 발전소의 예상 설비용량으로써 화력발전과 양수발전의 한계성을 보여주고 있다. 또한, 원자력발전과 신재생에너지발전이 꾸준히 증설되어질 것이 예상되어 이에 따른 전력저장전지시스템의 필요성을 다시 한 번 확인할 수 있다.

[표 1] 향후 각 발전소의 설비용량

[설비용량(MW) / 구성비(%)]

년도	2010년	2015년	2020년
원자력	18,716 (24.6)	25,916 (27.7)	31,516 (31.5)
석탄	24,205 (31.8)	29,420 (31.4)	29,420 (29.4)
LNG	19,899 (26.1)	23,062 (24.6)	23,062 (23.0)
석유	5,383 (7.1)	4,291 (4.6)	4,291 (4.3)
양수	3,900 (5.1)	4,700 (5.0)	4,700 (4.7)
신 재생	2,365 (3.1)	3,384 (3.6)	4,060 (4.1)
기타	1,668 (2.2)	2,795 (3.0)	3,142 (3.1)
합계	76,136 (100)	93,568 (100)	100,191 (100)

3. 전력회사용 BESS의 경제성 평가

전력저장전지시스템을 수용가 근방의 배전계통에 분산배치하면, 부하평준화 기능뿐만 아니라 송배전 설비의 효율적인 이용, 무정전 공급시스템으로서의 역할이 가능한 다기능이 기대된다. 이에 대한 상세한 특성은 다음과 같다.

3.1 전력저장전지시스템의 다기능성

(1) 부하평준화 효과

부하단 근방에 전력저장시스템을 분산 설치하면, 하위계통(배전계통)의 부하평준화뿐만 아니라, 상위계통(발변전계통)의 부하도 효율적으로 평준화시킴으로써, 운용비가 저렴한 발전기의 가동률을 상승시켜, 전력계통 전체의 운전비용을 삭감시키는 효과가 기대된다. 즉, 심야 시간대에 운용비가 싼 발전기(예, 원자력)의 전력을 저장시켰다가, 주간의 피크부하 시간대에 방출하여 비싼 화력발전기의 가동(운용)률을 줄여서, 계통전체의 운용비를 삭감시키는 효과이다.

(2) 전력계통설비 유효이용효과

부하단 근방에 설치된 전력저장시스템(분산형전원의 역할가능)을 피크시간대에 전력공급원으로 이용하면, 부하증가에 따른 송변전설비 및 배전설비의 신·증설공사를 어느 정도 지연시켜, 설비투자비를 삭감시키는 효과가 기대된다. 즉, 부하증가에 의하여 배전용변전소 뿐만 아니라, 전원설비(양수발전소 대체) 및 송변전설비의 증강이 요구되는데, 이를 일정기간 지연시킴으로서 계통설비를 합리적으로 이용하게 하는 효과이다.

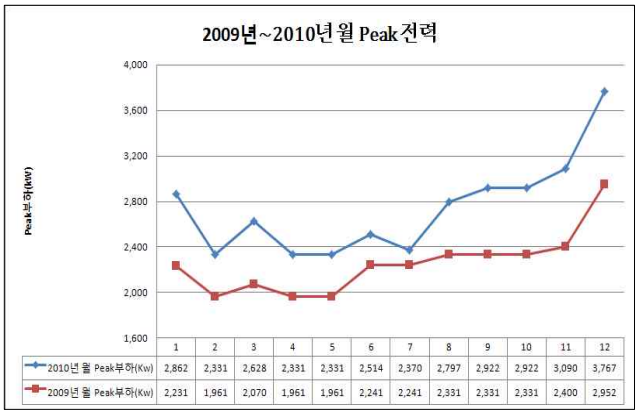
(3) 무정전 전력공급 효과

부하단에 위치한 전력저장시스템을 평상시에는 경제적인 운용을 위해 부하평준화 기능으로 운전하되, 계통사고시나 작업정전 등의 긴급시에는 비상용발전기용으로 우선적으로 운전하여, 정전지역의 공급신뢰도를 향상시키는 효과를 말한다.

4. 시뮬레이션 및 분석결과

4.1. 교육기관용 경제성 평가

현재 교육기관에서는 교육용 전기를 사용하고 있는데, 교육용 전기는 일반전기와 달리 시간대 Peak 전력이 매우 중요하다. 7월~9월의 전력이 일 년의 기본요금을 좌우하기 때문이다. 그림 3은 2009년~2010년 월별 Peak 부하로 매년 12월이 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 또한 봄·가을철과 여름·겨울철 요금이 각각 다르게 적용되다보니 2월과 7월의 Peak 전력은 비슷하지만 요금은 다른 것을 확인할 수 있다.



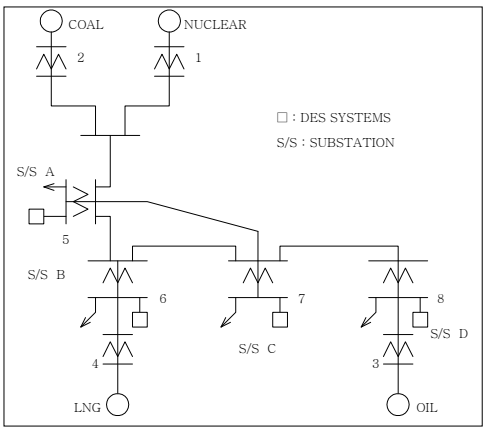
[그림 3] 2009년-2010년 월별 Peak 전력

전력요금을 계산하는 방법으로 Peak 전력을 삭감해야 기본요금을 줄일 수 있다. Peak 전력 중 2,800kW가 초과한 날은 오후 2시가 Peak 전력으로 오후 2시를 중심으로 ±2시간당 200kW의 전력을 2차전지로 꾸준히 전력을 공급할 수 있다면, Peak 전력을 2,800kW으로 고정시킬 수 있다. 전력저장전지 시스템 설치 전·후의 기대효과로 연간 약 4,500만원의 전력요금이 삭감됨을 확인 할 수 있었다. 아직 개발단계 있는 전력저장전지시스템의 정확한 비용을 산정하기 어려워, 본 연구에서는 현재 실용화 되어 있는 동급의 UPS 사양서로 전력저장전지시스템의 비용을 대체하기로 한다. UPS의 팩당 사용시간은 보통 10분이기 때문에 배터리팩은 총 30개 필요하게 되어 UPS 가격은 약 3,500만원이며 한 개의 팩의 가격이 약 500만원이므로 총 1억 8,500만원이 소비된다. 즉 6년째부터는 이익분기점이 된다고 추정할 수 있다.

4.2. BESS의 부하평준화 효과

(1) 모델계통

그림 4는 전력저장시스템을 이용하여 부화평준화를 하기위한 모델 계통으로 거저부하와 피크부하와의 차이가 심한 장소에 전력저장시스템을 설치하였다.



[그림 4] BESS의 부하평준화 효과 모델계통

(2) 발전소 별 연료 단가

가변비는 연료단가로서 매년 연료단가가 바뀌기 때문이므로 한국전력 자료인 '2011년도 판 (2010년 실적) 한국전력통계 전문'을 이용하였다. 그림 5는 발전소 별 연료 단가를 나타낸 것이다.

구 분 Items		구입량 Volume (MWh)	점유율 (% of total)	구입금액 1) Payment (백만원, mil. won)	점유율 (% of total)	구입단가 Unit cost (won/kWh)
발전원별 Energy sources	원자력 Nuclear	141,894,262	32.2	5,632,906	17.4	39.70
	유연탄 Bituminous	183,359,474	41.6	11,162,644	34.5	60.88
	무연탄 Domestic Coal	7,648,603	1.7	842,312	2.6	110.13
	유 류 Oil	11,854,068	2.7	2,188,895	6.8	184.65
	LNG	5,686,970	1.3	837,171	2.6	147.21
	복 합 Combined Cycle	79,755,758	18.1	10,108,448	31.3	126.74
	수 력 Hydro	3,627,339	0.8	484,432	1.5	133.55
	양 수 Pumping	2,774,454	0.6	612,622	1.9	220.81
	기 타 Others	4,262,088	1.0	442,649	1.4	103.86

[그림 5] 발전소 별 연료 단가

(3) 발전소 별 건설단가

표 2는 남동발전소에서 공개해준 최근에 건설된 발전소 별 건설단가로 가스복합, 양수발전, 유연탄, 원자력 발전소의 건설단가를 나타낸 것으로 건설단가를 고정비로 사용하였다.

[표 2] 발전소 별 건설단가

발전소명	용량	건설단가 : (천원)kW	비고
인천복합#3	450MW	576천원	가스복합
예천양수	450MW × 2	933천원	양수발전
영흥#5,6	870MW × 2	1,339천원	유연탄
당진#9,10	1020MW × 2	1,399천원	유연탄
신고리 원자력 #2	1000MW	2,385천원	원자력
신고리 원자력 #3,4	1400MW × 2	2,145천원	원자력

(4) BESS의 부하평준화 기대효과

2차 전지의 용량과 효율은 각 각 160kWH(8시간), 0.895%로 설정하였으며 발전소의 고정비와 가변비는 그림 5와 표 2를 참조하여 입력하였다. 그림 6은 평가알고리즘을 이용한 실제 출력데이터 값이다.

```
DELA =    1.000
KISETU=  4     KOSU PER KISETU= 24     KOSU:(NT)= 96     NDIVI=100
*****************          SMES  DATA          *******************
KW = 20.0          KWH =  160.0
EFIIN= .895                EFIOUT= .895          TEFI=  .8010250
FIXED COST = ₩        .000     DELP = ₩ 20.0000      DELCOS = ₩ 30000.00
SGIKO(%)=  .0100      SHOSHU(%)=  .0830
*****************************************************************
   EXSIST UNIT(NG) = 2
    PMAX(Y(I))  KAHENHI(FB(I))
 1    1000.000      147.210
 2    1000.000      184.650
   NEW UNIT(MG) = 2
   FIXED COST   KAHENHI(GB(I)) JIGO(GIKO(I))   HOSHU(I)
 1 2145000.000        39.700          .065           .164
 2 1399000.000        60.880          .060           .123
```

가격 증가분

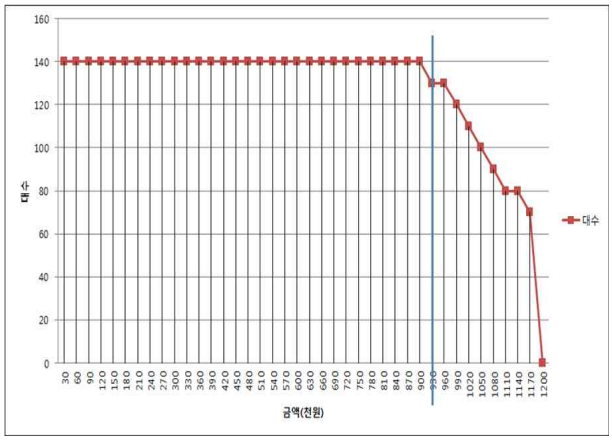
LNG 구입단가

유류 구입단가

원자력 건설단가, 구입단가
유연탄 화력발전소 건설단가, 구입단가

[그림 6] 출력데이터 값

그림 6에서 나온 결과치를 이용하여 그림 7과 같이 그래프를 그렸다. 그 결과 현재의 양수발전소의 kW당 건설단가(933천원)과 동일한 가격인 경우에도 시간당 2600kWA의 전력저장시스템이 들어올 수 있는 것을 확인할 수 있었다.



[그림 7] 전력저장장치 가격 당 설치 가능 대수

5. 결 론

과거에는 화석연료의 가격과 건설비용이 저렴하였고 배터리 에너지 저장기술 또한 높지 않았으며 가격 또한 비쌌기 때문에 전력저장시스템의 실용화에는 상당한 무리가 있었다 하지만 최근에는 화석연료의 가격과 건설비용이 계속 높아지고 있는 반면 2차 전지를 이용한 저장시스템 기술이 높아지고 가격도 저렴해지는 현실이다. 그럼으로 현 시점에서는 단 몇 시간의 피크부하를 위한 발전소 건설은 비효율적이지만 장소의 제약과 설치시간이 적은 전력저장시스템이 매우 필요한 실정이다. 본 논문에서는 전력저장시스템(BESS)의 부하평준화효과에 대한 경제성 평가를 하였으며 앞으로 계속 전력저장시스템의 필요성이 계속 증가될 것이다.

참고문헌

[1] 김선영 외5명 , “독립형 태양광발전장치를 이용한 전원공급장치 구성에 관한 연구 ”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2011.7.22

[2] 김병기 외3명, “랩뷰를 이용한 태양광전원 평가 시뮬레이터 제작 및 분석”,대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2011.7.22.

[3] 김병목 외3명, “2차전지의 비즈니스 모델에 관한 연구” 2011년도 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, 2011.10.28

[4] 김병목 외3명, “전력저장전지시스템의 보급 모델에 관한 연구” 2011년도 대한전기학회 본부 산하 스마트그리드연구회 학술대회 논문집, 2011.11.16.

[5] 2011년도 판 (2010년실적) 한국전력통계 전문, 한국전력공사, 2011.5