

ESS 부가 설치형 REC 가중치 산정에 관한 연구

김강원[†] · 김발호^{*}

에너지관리공단, *홍익대학교

(2014년 4월 28일 접수, 2014년 11월 27일 수정, 2014년 12월 3일 채택)

A Study on the Estimation of REC Multiplier for ESS Introduction

Kang-Won KIM[†] · Balho H. KIM^{*}

[†]Korea Energy Management Corporation(KEMCO), ^{*}Hongik University

(Received 28 April 2014, Revised 27 November 2014, Accepted 3 December 2014)

요약

매년 증가하는 전력수요에 대한 해결방안으로 미국, 일본 및 유럽에서는 스마트그리드 도입 등의 방법으로 전력계통의 전반적인 변화를 도모하고 있다. 이 중 전력저장장치 ESS는 전력의 효율적 사용을 도모하고, 신재생에너지시스템의 계통연계를 위한 대안으로 이에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 우리나라 정부도 ESS 보급 활성화 방안으로 ESS를 신재생에너지 부대설비로 포함토록 법개정을 완료하였다.

본 연구에서는 정부의 ESS 보급을 활성화 시키고자 하는 정책에 발맞춰 신재생 발전사업자가 ESS 도입 시 투자경제성을 보장할 수 있는 수준의 REC 가중치를 결정하는 방법론을 제시하였다.

주요어 : 에너지저장장치(ESS), 신재생에너지공급의무화제도(RPS), REC가중치

Abstract - In order to manage the gradual increase of electricity demand, the United States, Japan, and Europe are seeking to achieve overall change of electric power system by introducing solutions such as smart grid. Among these solutions, there are various research projects regarding the Electricity Storage System (ESS), which aims to promote the efficient usage of electricity and grid system of new and renewable energy system. Korean government revised the law by including ESS in new and renewable energy facilities to accelerate ESS deployment. Following the same direction of the government policy, this study suggests methodologies of setting REC weighted value that guarantees investment financial feasibility when new and renewable power producers install ESS.

Key words : Energy Storage System, Renewable Portfolio Standard, REC(Renewable Energy Certificate) Multiplier

1. 서 론

1.1 연구배경 및 필요성

ESS는 경부하시 전력을 저장하여 피크발생시점에

사용함으로써 부하평준화(Load Leveling)을 통한 수요관리자원으로서의 역할을 수행할 수 있고, 피크분산(Peak Shaving), 주파수조정(Frequency Regulation)을 통해 발전소 건설비, 송전선 건설비 등의 설비투자를 절감 할 수 있다. 이 외에도 전력예비력을 확보하여 동하계의 전력 피크시 전력계통 운영을 효과적으로 할 수 있고, 대규모 정전사고 발생 시에도 비상전원으로서의 역할을 수행할 수 있다. 다음의 <표 1>에서

[†]To whom corresponding should be addressed.
Korea Energy Management Corporation, New & Renewable Energy Policy Division
Tel : 031-260-4810 E-mail : kimkw@kemco.or.kr

Table 1. ESS의 주요 활용분야

구분	수익모델 설명	비고	
수용가 (부하자원)	수요관리자원 (용량DR시장, 수요자원시장)	Demand Response Resource : 수용가 내부의 마이너스 부하로 작용하여, 전력거래소, 한전의 수요관리 자원으로 활용(비상시 수요반응)	수익성 양호
	수요반응 (TOU DR)	Arbitrage : 저렴할 때 충전, 비쌀 때 발전 (일반용-산업용 시간대별 전기요금에 반응하여 요금절감, 계약용량 감소)	활용성 양호
	비상전원	비상발전기, UPS 기능 수행	정전피해 감소
송배전 및 발전 (발전자원)	주파수조정 보조서비스	Frequency Regulation : 실시간으로 변하는 주파수에(60Hz) 즉각적인 충·방전으로 전력균형(Power Balance)유지	수익성 양호
	요금반응 (SMP차액거래)	SMP 변동에 따른 입찰을 통해 수익창출	
	부하평준화	Load Leveling : 경부하시(심야) 저장, 과부하시(피크시간) 방전	양수 대체
	예비력제공	Spinning Reserve : 전력계통 발전력 부족시 10분이내의 즉각적인 발전력 제공	양수 대체
신재생	신재생에너지 보조전원	Renewable with ESS : 단속적인 풍력, 태양광 발전원의 출력보정, 급전지시 응동 가능	활용성 양호
기타	자체기동전원	Black Start : 전계통 정전시 대규모 발전소에 시동전원 공급	

는 ESS의 활용분야에 대해 나타내었다.

이러한 다양한 장점에도 불구하고 현 시점에서는 ESS의 보급을 활성화 시키는데 현실적인 어려움이 있다. 첫째로, ESS의 높은 초기투자비용으로 인해 발전사업자의 투자를 이끌어 낼 수 있는 유인이 부족한 실정이다. 둘째로, ESS 충전시점과 방전시점의 SMP의 차이가 미미해 수익을 기대하기 힘들다. 마지막으로, 신재생에너지 전원별 발전특성이 상이하여 ESS를 부가설치한 적정 전원을 명확히 판단하기 힘든 측면이 있다. 따라서 ESS의 보급 활성화 정책을 추진하기 위해서는 합리적인 대상전원 결정 등 정부차원에서 보급기반 조성이 필요하다.

본 연구에서는 그 중 하나로 ESS와 RPS제도의 접목방안으로 ESS 설치 시 REC 가중치를 부여하여 ESS의 투자비용을 회수할 수 있도록 하는 방안을 검토하여 투자를 유인할 수 있는 적정 수준의 REC 가중치를 제안하는 것이 본 연구의 목표이다.

1.2 ESS 관련 국내외 동향

1.2.1 해외 동향

전체 ESS 시장은 '13년 기준 75억\$ 수준이며 '20년 기준 약 438억\$ 규모로, 수용가 및 신재생에너지 관련 수요가 전체의 70%를 차지할 것으로 예상되고 2~10시간 용량의 ESS 시장이 주류를 이룰 것으로 예

상되고 있다.

일본은 전력부족 문제해결과 리튬전지산업 육성을 위해 보급 사업을 추진하고 있다. 이는 후쿠시마 원전사태 이후로 가정용 비상전원으로 ESS 수요가 급증한 원인으로 볼 수 있다. 일본의 경우는 국내대비 3배가량 비싼 전기요금을 바탕으로 피크요금차이 5배 선택형 요금제 도입 등으로 다른 국가에 비해 수용가용 ESS의 경제성이 양호한 편이다.

미국은 주로 주파수조정과 풍력보조자원으로 상업운전을 하고 있는 단계이고, 세계최초로 ESS 설치의 무화 제도를 시행중인 국가이다. 미국 본토를 중심으로 PJM, NYISO, CAISO, MISO 관할에서 주파수조정용 ESS도입에 관한 연구가 활발히 진행 중이다.

유럽국가 중 독일의 경우, ESS의 보급을 추진하는 목적은 다른 국가와 그 목적이 같지만, 송전 병목현상을 완화하고 비용을 낮추는 전력망 설계목적으로서의 ESS 설비를 활용한다는 점에서는 다른 목적을 보인다. 주 신재생에너지원 중 태양광에 대해 ESS 연계 시 30% 수준의 보조금을 지원해 주고 있다.

1.2.2 국내 동향

우리나라는 선진국에 비하여 신재생에너지 생산이 부족하여 ESS를 설치할 유인이 충분하지 않아 국내 시장의 형성이 더디게 진행되고 있다. 현재는 주로 송배전단, 수용가단의 부하를 평준화 시키는 용도와

Table 2. 국내외 ESS 기술개발 현황 및 기술수준 비교

구 분	세계최고업체	국내업체	R&D단계	기술수준 (세계최고100)		
				원천	부품소재	제조
리튬이온전지	미쓰비시(일)	삼성SDI, LG화학	응용제품개발	55	70	95
나트륨유황전지	NGK(일)	포스코	초기개발	35	35	30
레독스흐름전지	Prudent Energy(중)	LS산전, 호남석유	초기개발	40	40	45
슈퍼커패시터	파나소닉(일)	네스캡, LS엠트론	응용제품개발	50	55	80
플라이휠	보잉(미)	전력연구원	제품개발	70	60	70
압축공기저장	PG&E(미)	삼성테크윈	초기개발	50	70	55

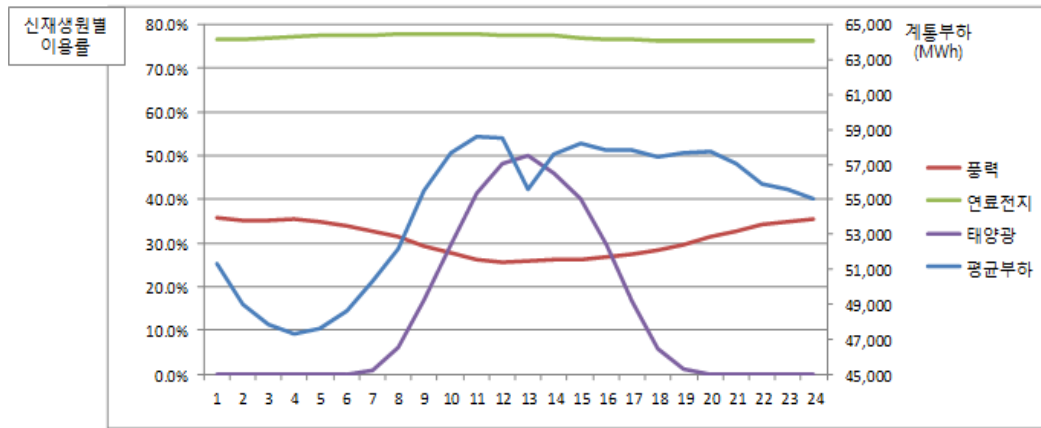


Fig. 1. 시간대별 계통부하 및 신재생원별 발전패턴(3개년 평균)

풍력발전의 출력을 보정해 주는 보조자원으로 활용중이다.

우리나라는 초기시장 선점을 위해 실증사업에 집중하는 한편, 미국, 유럽, 일본 등 해외시장 진출도 활발히 추진 중이다. 하지만 아직은 ESS의 기술수준 및 실증경험 측면에서 볼 때 타 국가에 비해 열세를 보이고 있다. 리튬이온전지는 세계 최고수준에 이르러 해외수출이 이루어지고 있는 반면, 전반적인 ESS 원천 부품소재 기술은 미흡한 실정이다. 다음의 <표 2>에서는 현재 우리나라 기업의 기술수준을 나타내었다.

2. REC 가중치 산정 방안

본 장에서는 기 설명한 바와 같이 ESS에의 투자를 유도할 수 있는 방안으로 ESS 도입시 REC 가중치 부여방안에 대해 제안하고자 한다. 우선 계통부하패턴 분석을 통해 피크시간대를 파악하고, 각 신재생에너지원별 발전패턴을 분석한다. 이를 통해 ESS 설치시 경제성이 있는 발전원을 선별하고, 기간 별 시나리오를 산정한다. 산정된 시나리오 별 피크시간을 확

정하고 이때의 REC 가중치를 계산하는 방법론을 제시한다.

2.1 계통부하 및 발전패턴 분석

2.1.1 계통부하패턴 분석

먼저 계통부하패턴을 파악하여 어느시간대를 Peak로 볼 것인지에 대해 정의할 필요성이 있다. 이에관해서는 사례연구에서 자세히 설명하도록 한다. 부하패턴 분석은 Peak 기간 파악이 가능 하여 REC 가중치 적용시점을 알 수 있다는 점에서 그 의미를 갖는다.

2.1.2 신재생에너지원 발전패턴 분석

ESS 도입시 경제성이 있는 전원이란, 경부하시에 상대적으로 발전량이 많아 저장할 수 있는 전력량이 많고, peak 시간대에 방전을 하여 인센티브를 획득할 수 있는 발전원이다. 또한, 출력이 불규칙한 신재생원은 ESS 도입을 통해 수요변동에 따른 부하 응답성이 증가한다. 즉, 간헐적 출력을 보이는 신재생에너지원의 출력을 제어 가능한 고품질의 발전원으로 전환 할 수 있음을 의미한다.

2.1.3 패턴분석 결과

패턴분석은 ‘10 ~ ’12년 수요실적 및 발전량을 바탕으로 분석하였다. 신재생에너지원의 발전패턴 분석은 풍력, 태양광, 연료전지 3가지를 대상으로 진행하였다.

부하 및 발전패턴 분석결과와 같이 우선 태양광은 평균부하곡선과 유사한 발전패턴을 보이고 있어 저장할 필요 없이 생산된 전력을 소비하는 패턴이 경제적이라고 할 수 있다. ESS는 기계적 특성으로 인해 충방전시 10% 가까운 충방전 손실이 발생하기 때문이다. 또한, 연료전지는 에너지원이 되는 수소를 LNG의 형태로 저장하고 있어, 즉, LNG가 ESS의 역할을 하고 있어 피크수요시 출력상승을 기대하는 곤란하다고 할 수 있다.

반면, 풍력의 경우 출력패턴이 수요패턴과 부(-) 패턴을 유지하고 있는데 이는 자연현상인 일몰 후 육지와 바다의 비열차이로 인해 풍량이 많아지는 특징 때문이다. 따라서 경부하시 상대적으로 높은 출력특성을 이용할 경우 피크기여도 제고 등 ESS 설치효과가 우수하다 판단된다.

2.2 REC 가중치 산정 수식 도출

2.2.1 신재생발전사업자의 수입산정

ESS 도입 시 REC 가중치를 산정하기 위해 신재생발전사업자의 수입은 다음과 같다.

$$P_t = X_t(SMP_t + REC \times w) \tag{1}$$

여기서,

- t : 기간
- P_t : t기간 동안의 수입
- X_t : t기간 동안의 발전량(kWh)
- SMP_t : t기간 동안의 평균 계통한계가격(원/kWh)
- REC : REC 단가(원/kWh)
- w : REC 가중치

위의 (식1)에서 보는 바와 같이 신재생에너지 발전사업자는 일반(원자력, 화력 등) 발전사업자와는 달리 공급인증서 정산비용도 함께 포함되며, 공급인증서는 전원별, 설치유형별로 각각 상이한 형태로 정부가 정하여 고시하고 있다.

이와 같이 총 수입을 단위발전량당 수입을 파악하기 위해 발전량 X_t 로 나누면 kWh 당 단가라 다음과 같은 식으로 산정가능하다.

$$U_t = SMP_t + REC \times w \tag{2}$$

U_t : t기간 동안의 1kWh 당 필요수입

2.2.2 ESS 수명주기비용 분석

본 연구에서는 ESS 투자비용을 회수하기 위해 매년 필요한 수입은 수명주기비용법인 LCCA(Life Cycle Cost Analysis)방법을 이용하였다.

다음 수식은 ESS의 수명주기동안의 총 비용을 구하는 식이다.

$$LCC_{ESS} = \sum_{n=1}^{Life} [(EC^n + OM^n - OP_{benefit}^n) \left(\frac{1}{(1+r)^{n-1}} \right)] + C_0 \tag{3}$$

여기서,

- n : 연도
- r : 이자율
- LCC_{ESS} : n년 동안의 ESS 수명주기비용
- EC^n : n년도의 전기요금
- OM^n : 연간 ESS 운전유지비용
- $OP_{benefit}^n$: 연간 정전발생방지 이득
- C_0 : ESS 초기건설비용
- $Life$: ESS 수명

ESS 설치기간 중 발생 비용을 구하기 위한 입력자료로 초기투자비용(고정비 : Fixed cost) 이외에 운전유지비용, 정전방지에 대한 이득 등이 고려되어야 한다. 이를 통해 산정된 LCC_{ESS} 는 투자하는 사업주체가 계획하는 Project IRR 및 운영기간 등을 고려하여 U_t 를 결정할 수 있다.

2.2.3 ESS 도입 시 REC 가중치 도출 수식

既 설명한 식을 종합하여 ESS 도입 시의 가중치를 산정하기 위한 식을 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$U_{t,ESS} \times Q_{ESS} = SMP_t^{ESS} \times Q_{ESS} - SMP_t \times Q + (REC \times W) \times Q_{ESS} \quad (4)$$

여기서,

- $U_{t,ESS}$: ESS 도입 시 지원해야 하는 kWh당 비용
- Q_{ESS} : ESS 방전전력량
- SMP_t^{ESS} : ESS 방전시 계통한계가격
- W : RPS 가중치

경부하시 발전을 통해 ESS에 저장해 놓은 전력을 피크시간대에 방전함에 따라 충방전 손실에 따른 전력량 변화와 적용되는 SMP 변화에 따른 정산비용 변동요인과 REC 정산금액과의 수식을 나타내었다. 물론, 전기사업법 시행령에 따라 판매사업자(한국전력공사)와 전력구매계약(PPA : Power Purchase Agreement)을 체결하는 사업자는 시간대별 전력량을 파악할 수 없으나 향후 REC 발급기관인 에너지관리공단 운영규칙을 통해 RTU 설치를 의무화하여 파악 가능하므로 일반적으로 적용할 수 있다.

이와 같은 산식을 통해 최종적으로 부과할 REC 가중치(W)는 다음의 산식으로 구현 가능하다.

$$W = \frac{U_{t,ESS} \times Q_{ESS} - SMP_t^{ESS} \times Q_{ESS} + SMP_t \times Q}{REC \times Q_{ESS}} \quad (5)$$

3. 사례 연구

ESS 충방전비용(90%) 및 운영유지비가 발생하는 상황을 고려할 때 사업자는 피크시간 가동유인이 높지 않다고 할 수 있다. (참고 : 1MWh급 ESS 설치시 연간 5천만원의 운영비용 발생(Sandia Report)) 특히, 실시간 SMP 적용을 받는 전력거래소 회원사는 높은 SMP 적용을 위해 피크시간 가동유인이 있으나 월가중평균 SMP를 적용받는 한전과 거래발전사업자는 피크시간 가동유인 높지 않은 점을 고려하여 기본가중치와 피크시간에 송출시 추가 가중치(Running

Guarantee 방식)의 이부가중치 체계로 피크기여도 향상에 실질적으로 기여할 수 있는 정책기반 구축 필요하여 이부가중치 체계의 사례연구를 수행하였다.

3.1 분석모델

- 가. ESS 수명 : 10년
- 나. ESS 설치비용 : MWh당 15억원, 10년후 추가 설치비용은 5억원 가정(현가기준)
- 다. 운전유지비용 : 2.5%
- 라. 충방전율(충전전력량 대비 송출전력량비) : 연간 성능저하 없이 90% 일괄적용
- 마. 시간대별 SMP비율 : ‘12년 연간 SMP 추세 반영
- 바. REC단가는 40,000원/REC(MWh×가중치) 가정
- 사. 부가설치된 발전원 : 풍력
- 아. 풍력발전설비 경제수명 : 20년
- 자. ESS 충전가능 시간 : 정격용량 대비 4시간

3.2 분석결과

LCCA 기법에 따라 1MWh급 ESS 설치에 따른 균등화발전원가는 kWh당 234.59원으로 계산되었다. 이중 SMP회수분(kWh당 158.92), Peak 발전에 따른 SMP추가편익(kWh당 7.11원)을 제외하면 kWh당 68.56원을 REC 판매비용으로 회수하여야 한다.

이 때 단순히 매시간 동일한 REC 가중치를 부여할 경우 1.71(68.56원÷40원)의 가중치(현재 풍력의 가중치는 1.0으로 0.71 가중치 상향조정 필요) 수준으로 부여하면 ESS 투자비를 회수할 수 있다.

다만, ESS의 설치목적인 피크수요 대비 차원에서 02시부터 06시까지의 발전량을 충전하고 피크시간인 13시부터 17시에 방전한 경우 3.0의 가중치를 부여하는 수준에서 결정 가능하다. (단, 평상시는 1.44의 가중치 부여)

위의 결과를 바탕으로 Peak/non-Peak 시 다양한 가중치 조합이 가능하나(가령, 평시는 피크기여도가 낮으므로 풍력발전의 기본가중치인 1.0을 부여 하는 방안 등) 본 저자는 현재까지는 SMP의 변동에 대해 발전사업자의 즉시 반응이 어려운 초기시장인 점을 감안하여 적정수준의 배분이 필요하다고 판단된 바, 평상시에도 일부분의 추가가중치를 부여하였다.

동 가중치 조합 및 발전원 특성분석결과 풍력에 우선 적용키로 한 결론에 대해 저자가 실무적으로 집필

에 참여한 「창조경제 시대의 ICT기반 에너지 수요관리 新시장 창출방안」(관계부처 합동, '13.8월)과 「신재생에너지 활성화방안」(산업통상자원부, '13.8월)을 통해 공식 발표되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 ESS 보급을 확대하고 보급확대가 신재생에너지의 간헐성으로 기인한 전력계통과의 조화뿐 아니라 실질적으로 전력수급상황 개선에 기여하기 위한 정책적 대안을 제시하였다.

신재생에너지 발전원 특성상 출력이 제어가능한 연료전지, 바이오가스, 수력(수력도 방류량 조절로 일정부분 출력 제어 가능), 폐기물 소각발전소는 ESS 설치에 따른 피크기여도 상승효과가 미미한 것으로 판단된다. 다만, 출력이 불가능한 태양광, 풍력, 조력과 같이 순수 자연자원상황에 영향이 받는 에너지원의 경우 ESS 설치에 따른 피크기여도 상승효과가 기대된다. 다만, 태양광의 경우 ESS 설치와 별도로 피크기여도가 높으며, 조력은 대규모로 건설되는 현실을 고려할 때 ESS의 초기시장 특성(향후 설치비용 절감이 기대됨)을 고려할 때 보급의 우선순위가 있다고는 판단치 않았다.

따라서, 우선적으로 풍력에 한해 투자를 유도할 수 있는 가중치를 부여하되 피크기여도 향상차원에서 피크시간에 가중치를 추가적으로 부여하는 이부가중치 체계를 제안하였다. 또한, 가중치 상향조정을 통해 투자비를 회수키 위해서 ESS를 신재생에너지 발전소에 부가설치시 신재생에너지 부대설비로 인정받을 수 있도록 법률 개정이 완료된 바('14.1월 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제2조제3호 개정 완료(법률 12296호)) 조속한 가중치 결정으로 ESS 투자 확대 및 전력수요 완화효과가 기대된다.

다만, 현재 전력수요는 계절별로 큰 차별성을 보이고 있는 점을 고려하여(실제, '08년까지 하계에 발생하는 최대전력수요가 '09년부터는 겨울철에 나타나고 있음) 계절별 피크시간을 구분하는 방안에 대해 후속연구를 조속 추진하여 가중치를 보다 정교하게 설정할 것을 제안한다.

References

1. 산업통상자원부 등 관계부처 합동, “창조경제

- 시대의 ICT기반 에너지 수요관리 新시장 창출 방안”, 2013
2. 산업통상자원부, “신재생에너지 활성화방안”, 2013
3. 산업통상자원부, “신재생에너지 공급의무화제도 관리 및 운영지침”
4. 에너지관리공단 신재생에너지센터, “공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙”
3. 한국전력거래소, “전력통계정보시스템 (<https://epsis.kpx.or.kr/>)”
4. 스마트그리드협회, “스마트그리드 ESS 기술동향 보고서”, 2012
5. 문승일, “계통연계형 대용량 에너지 저장장치(ESS)의 활용방안 및 경제성 평가”, 2013
6. 김진수, “연계선 동시정지 기간 중 풍력발전의 계통영향에 관한 연구”, 2011
7. 이주야, “공급인증서 발급 및 거래시장 운영에 관한 규칙 제정”, 2011
8. 한국개발연구원, “신재생에너지 공급의무화제도 세부방안에 대한 고시 제정”, 2010
9. 최준영, “제주지역 전력계통에 설치되는 에너지저장장치의 경제성 분석”, 2009
10. 전정표, “LCC를 이용한 교육용 수용가에서의 전력저장장치의 최적용량 산정 연구”, 2012