

신재생에너지를 고려한 집단에너지 경제성평가 방법론에 관한 연구

*신 혜경¹⁾, 최 영준²⁾, 최 인선³⁾

A Study on the Method about the Economic Feasibility Estimation Considering Renewable Energy

*HyeKyeong Shin , YoungJun Choi, Insun Choi

Key words : CES(집단에너지), Renewable Energy(신재생에너지), Economic feasibility estimation (경제성평가), RPS(신재생에너지 의무공급제도), MIP(혼합정수계획법), CHP(열병합발전), NPV(순현재가법), IRR(내부수익률), Payback period(투자회수기간)

Abstract : Korea classified into a development country when UNFCCC was concluded in 1995. So Korea doesn't have a GHG reduction duty until 2012. As the UNFCCC is strengthened, recently there is a growing interest in renewable energy and energy usage efficiency improvement for reducing GHG emission. It is associated with CES and renewable energy. CES is a total energy (heat, cooling and power)supplier in aggregated demand zone like a hotel, building, hospital and redevelopment district using CHP and it improves energy usage efficiency. At present, renewable energy is needed for GHG reduction duty but renewable energy doesn't have economic feasibility. So renewable energy is needed various support system to popularize which is a FIT and RPS. Especially RPS is carrying out instead of FIT in many advanced country and it will be introduced in Korea. RPS is a duty which electricity service provider must guarantee renewable energy as much as specific ratio of total capacity. Therefore this study conducts an economic feasibility estimation of CES considering renewable energy when RPS will introduced in the future.

subscrip

UNFCCC United Nations Framework
Convention on Climate change
CES Community Energy System
RPS Renewable Portfolio Standard
FIT Feed in Tariff
CHP Combined Heat and Power System
GHG Green House Gas
MIP Mixed Integer Programming
CHP Combined Heat and Power,
IRR Internal Rate of Returns
NPV Net Present Value

1. 서론

1992년 지구온난화 규제 및 방지를 위한 국제
협약인 기후변화협약이 체결된 이후 구체적인 이
행방안으로서 2005년 2월 16일 교토의정서가 발

효되었다. 교토의정서 채택 당시 개발도상국으로
분류되었던 우리나라는 현재 온실가스 감축의무
를 부담하지 않고 있으나, 최근 OECD 국가로써 주
요 선진국들에 의해 온실가스 감축의무부담을 요
구받고 있다. 2012년 이후, 우리나라가 부담하게
될 온실가스 감축의무는 온실가스 배출의 약 25%
를 차지하는 전환부문에 많은 영향을 미칠 것이
지만, 경제성장이 지속됨에 따라 전환부문의 온
실가스 배출량은 지속적으로 증가할 것이다. 따
라서 이에 대한 대응책 마련을 위해 정부는 에너
지 사용의 고효율 달성 및 신재생에너지의 보급

-
- 1) 효성 중공업연구소 전력자동화팀
E-mail shk430@hyosung.com
Tel : (031)596-1725 Fax : (031)596-1698
 - 2) 효성 중공업연구소 전력자동화팀
E-mail swot87@hyosung.com
Tel : (031)596-1730 Fax : (031)596-1698
 - 3) 효성 중공업연구소 전력자동화팀
Email: cis@hyosung.com
Tel : (031) 596-1727 Fax : (031)596-1698

을 촉진하고 있다. 특히 대규모 설비증설에 있어 비용 및 부지 확보의 어려움이 증가함에 따라 수요지 근거리에서 에너지를 공급하는 형태의 분산전원에 대한 관심이 나날이 증대하고 있다. 한편 하면 열병합발전설비를 이용하여 빌딩, 호텔, 병원 및 재개발지구와 같은 밀집된 수요처에 냉난방 및 전력을 공급하는 종합에너지 사업인 집단에너지 사업에 대한 관심이 증대하고 있다. 한편 온실가스 저감 시 유용한 신재생에너지의 경우, 경제성이 부족하여 설비증설이 어렵다는 점을 고려하여 다양한 보급제도를 추진 중에 있다. 현재, 신재생에너지의 보급제도는 발전차액제도를 중심으로 이루어지고 있으나, RPS(신재생에너지의무공급제도) 형태로 전환될 것이다. RPS란 특정 부하에 전력을 공급하는 일반전기사업자가 자신의 설비용량 혹은 총 발전량에 일부를 신재생 에너지를 통해 확보하는 강제적인 제도로써 해외 선진국들에서 도입되고 있는 추세이다. 해외 선진국들의 RPS 도입 초기 단계에는 시장원리를 통해 확보하기 보다는 일반전기사업자의 설비투자를 통해 이행되고 있으며, 향후 본 제도가 활성화 되면 배출권과 유사한 형태의 크레딧 시장을 형성할 것으로 예상하고 있다. 따라서 본 논문에서는 향후 RPS 제도가 에너지 시장에 도입되어 집단에너지 사업자가 신재생에너지를 포함하여 전원 구성을 수행해야만 할 경우, 집단에너지 사업의 경제성을 확보할 수 있는 신재생에너지 비율을 도출하기 위해 신재생에너지를 포함하여 집단에너지사업을 경제성평가 하는 방안을 제시하고자 한다.

2. 본 론

집단에너지 사업자의 경우 특정 수요밀집지역에 에너지부하(전력 및 열)를 공급하기 위해 열병합발전 설비를 이용하며, 에너지판매가 주요한 수입요소이다. 본 논문에서 제안하는 경제성평가 방법은 기존의 집단에너지 사업자가 신재생에너지원을 포함하여 에너지공급 서비스를 제공할 경우, 신재생에너지의 경제성 확보를 위해 온실가스(CO₂, SO_x, NO_x 등) 배출저감효과를 수입요소로 계산하는 것이다. 이를 통해 설비투자비 및 이용률 측면에서 경제성이 부족한 신재생에너지의 경제성을 확보하고자 한다. 신재생 에너지를 이용하여 발전함으로써 발생한 이산화탄소 배출저감효과를 수입요소를 전환하기 위해, 현재 전원개발계획에서 적용되는 배출권의 가격을 적용하였다. 뿐만 아니라 최근 집단에너지사업이 대두되고 있음을 고려하여 실제 에너지 판매에 적용되는 요금제를 고려하여 수입을 계산하였다. 주어진 에너지부하에 적합한 신재생에너지 및 열병합발전 설비조합을 도출하기 위해 최적화 상용프로그램인 GAMS를 이용하였으며, 최적화 수리기법으로서 MIP를 적용하였다. 경제성평가는 앞서 언급한 것과 같은 방법으로 계산된 수입과 비용의 차이를 경제성지표로 전환한 뒤, 도출된 지표들을 투자자의 지표와 비교함으로써 경제성 판단여부를 판단할 수 있다.

2.1 비용평가를 위한 수학적 정식화

신재생에너지와 에너지부하를 고려하여 도출된 설비구성의 건설비, 유지보수비용 및 운전비의 합을 최소화하는 수식으로 정식화 될 수 있다. 주어진 에

너지부하에 적합한 설비구성을 도출하기 위해 최적화 프로그램인 GAMS를 사용하였으며 GAMS에서 비용 계산을 위한 수식은 아래와 같이 정식화 된다.

2.1.1 목적함수

에너지부하를 만족시키기 위한 설비 조합을 도출할 경우, 설비의 초기투자비, 유지보수비 및 운전비의 합을 최소화하는 것을 목적으로 한다.

$$\begin{aligned} Min F = & \sum_{i=1} (IniCost_i (1 + Rate)^{Life_i / Life_i} \\ & + OMCost_i + \sum_{t=1y=1} Ppwr * Ecost_{ty} + Be \\ & + \sum_{i=1t=1y=1} (GP_y + GH_y) * gas Cost \end{aligned}$$

2.1.2 제약조건

제약조건은 크게 에너지 수급에 관련된 수식, 설비 발전특성에 관련된 수식 및 외부환경조건(정책 및 법규 등)에 의한 제약조건으로 나뉜다. 현재 집단에너지사업법 및 RPS를 적용한 경우의 외부환경조건이 포함된 제약조건은 아래와 같이 정식화 된다.

$$Eload_{ty} \leq Ppwr_{ty} + \sum_{i,t,y} GP_{i,t,y}$$

$$Hload_{ty} < \sum_{i,t,y} GH_{i,t,y}$$

$$GP_{ty} \leq Add_i PU_i Eff E_i OPrate_i$$

$$GH_{ty} \leq Add_i PU_i Eff H_i OPrate_i$$

$$0 \leq GH_i \leq \underline{GH}_i, 0 \leq GP_i \leq \underline{GP}_i$$

$$Eload_{ty} 70\% \leq \sum_{i,t,y} GP_{i,t,y}$$

$$Total Demand * X(\%) \leq \sum_i REP_i$$

2.2 수입평가를 위한 수학적 정식화

2.2.1 에너지판매 수입

신재생에너지의 경제성확보를 위한 지원제도로서 발전차액지원 및 초기 설치비 지원을 받을 수 있다. 그러나 동시에 두 가지 지원제도를 받을 수 없으며, 본 연구에서는 초기설치비 지원을 받는 형태로 사례연구를 수행하였다.

2.2.2 온실가스저감 수입

신재생에너지의 온실가스 저감효과는 기존의 화석연료를 사용하지 않음으로써 발생하며, 아래의 수식과 같이 계산될 수 있다. 단 여기서 EP는 전원개발계획수립 시 적용되는 이산화탄소배출권을, REP는 신재생에너지의 발전량을, CO₂는 기존 전력계통의 이산화탄소계수를, SO_x는 황산화물 배출계수, SO_xco₂는 황산화물을 이산화탄소를 환산할 경우의 환산계수를, NO_x는 질소산화물 배출

계수 및 NO_{xCO2} 는 질소산화물의 이산화탄소 배출 계수를 의미한다.

$$CO_{2RE} = EP^* REP^* (CO_2 + SO_x^* SO_{xCO_2} + NO_x^* NO_{xCO_2})$$

2.3 사례연구

아래와 같은 에너지 부하 및 에너지원별 입력 자료가 주어졌을 경우, 신재생에너지를 이용한 총발전량이 총 부하의 일정비율 이상 차지하도록 가정할 경우, CES사업의 경제성 변화 추이를 살펴보고자 한다. 본 사례연구에서는 최대전력이 56(MW)이고, 최대열부하가 92,587(Mcal/h)인 에너지 부하를 공급할 경우, 신재생에너지를 포함한 CES 사업자의 경제성 변화 추이를 살펴보고자 한다. 이때 신재생에너지의 용량은 CES사업자의 총 설비용량 또는 총 공급에너지량 등에 대한 비율(%)로 산정할 수 있다. 본 연구에서는 온실가스 저감효과에 대한 수익분석을 수행하고자 총 공급에너지량에 대한 비율로서 신재생에너지의 용량을 산정하였다.

표 1 에너지원별 입력지표

| | CHP | 연료전지 | 풍력 | 태양광 | PLB (Mcal) |
|---------------|--------|------|------|------|------------|
| 용량(kW) | 15,000 | 200 | 10 | 10 | 38,222 |
| 수명(Yr) | 10 | 10 | 20 | 20 | 10 |
| 초기건설비 (천원/kW) | 1500 | 900 | 1500 | 1800 | 0.209 |
| O&M(%) | 6.7 | 9 | 3.5 | 1 | 6.7 |
| 전기효율(%) | 33 | 47 | - | - | - |
| 열효율(%) | 52 | 33 | - | - | 90 |
| 이용률(%) | - | - | 20 | 15 | - |

단, PLB의 용량단위 : Kcal/ O&M cost는 초기건설비에 대한 비율로써 표현함.

표3은 사례계통의 부하를 만족시키기 위해 도출된 설비계획 결과이다. 신재생에너지의 발전비율이 증가할수록 에너지공급효율이 높고 다른 신재생에너지에 비해 초기건설비가 적은 연료전지의 설비용량이 증가함을 알 수 있다. 표4는 신재생에너지 발전비율에 따른 비용 및 수입을 의미한다. 현재 CES 사업자의 비용이 수입보다 높게 산정된 이유는 LNG연료비에 비해 저렴한 에너지공급가격 및 허가설비용량제약 등으로 인해 발생한다. 현재 기존의 발전원들에 비해 단위용량당 초기투자비가 비싸 경제성이 없다고 판단되던 신재생에너지의 경우, 총 에너지공급량에 대한 신재생에너지의 발전량이 증가할수록 수익이 증가함을 알 수 있다. 이것은 기존에는 열병합발전설비만을 이용하였으나 신재생에너지의 발전비중이 높아짐에 따라 효율적인 에너지사용이 가능한 연료전지를 사용하기 때문에 발생하는 현상이다. 이는 CES 사업 시, 현재 고가의 설치비로 인해 비경제적이라고 판단되는 신재생에너지의 경제적 수익요소로서 작용할 수 있음을 나타낸다.

표 3 설비계획 결과

| 신재생에너지 발전비율 | CHP | PLB | 연료 전지 | 풍력 | 태양광 |
|-------------|-----|-----|-------|----|-----|
| 5% | 3 | 2 | 12 | 0 | 1 |
| 10% | 3 | 2 | 24 | 1 | 0 |
| 15% | 3 | 2 | 36 | 0 | 2 |

(단위:대수)

표 3 경제성평가 결과

| 신재생에너지 발전비율 | 총비용 (천원) | 총수입 (천원) | 수익 (천원) |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| 5% | 7.5945*10 ⁸ | 1.2789*10 ⁹ | 5.190*10 ⁸ |
| 10% | 7.2348*10 ¹¹ | 2.2866*10 ⁹ | 1.563*10 ⁹ |
| 15% | 6.8980*10 ¹¹ | 3.29164*10 ⁹ | 2.601*10 ⁹ |

3. 결론

향후 우리나라는 신재생에너지원의 확보를 위해 RPS를 도입할 예정이며, 우리나라의 일반전기 사업자의 경우 RPS제도의 영향을 받을 것이다. 따라서 본 논문에서는 CES 사업자가 신재생에너지를 포함하여 설비구성을 할 경우, CES 사업의 경제성 변화 추이를 도출해 보았다. 본 논문에서는 신재생에너지의 수익평가를 위해 온실가스 저감효과만을 분석하였으나, 향후 RPS가 도입된 후, 강제적인 형태로 도입되던 RPS제도가 성숙됨에 따라 탄소배출권과 유사한 형태의 RPS시장이 형성될 것이다. 이는 신재생에너지의 수익요소로써 평가될 수 있으며, CES사업자가 RPS 시장에 참여할 경우, 단순히 에너지공급만을 하는 것이 아니라 RPS 크레딧 제공을 통해 추가적 수익을 확보할 수 있을 것이다. 따라서 이와 같은 신재생에너지의 경제적 수익요소를 발굴하여 수익 평가하는 과정이 앞으로 연구되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부에서 수행하는 신재생에너지 기술개발 사업(분산전원용 스마트에너지 솔루션 개발)의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Yongwen Yang, "Optimal Model of Distributed Energy System by Using GAMS and Case Study", SCADE, LBNL-61117, November 30, 2005
- [2] C. Marnay, "Optimal Technology Selection and Operation of Commercial-Building MicroGrids", IEEE Trans. on Power Sys., TPWRS-00549-2007.R1
- [3] "2006년 신·재생에너지통계", 에너지관리공단 신·재생에너지센터