

설계목표에 따른 독립형 마이크로그리드 경제성 평가 및 민감도 분석

An Economic Evaluation and Sensitivity Analysis of Remote MicroGrid According to Design Objectives

원종남* · 채우규* · 이학주* · 심준보* · 신창훈*

(Jong-Nam Weon · Woo-Kyu Chae · Hak-Ju Lee · Jun-Bo Sim · Chang-Hoon Shin)

Abstract - Until now, it has been for choosing most economic result to be generally used for designing remote MicroGrid (MG) system. It is able to make economic benefit by reducing operation cost, but proportion of renewable energy will be minimum. In other words, it is difficult to get an effect by renewable energy because economic feasibility is an only consideration. Therefore, various factors should be considered and design objectives should be diversified to design proper remote MG system. In this paper, remote MG system is classified into two types according to design objectives, and they are analysed through case study based on economic evaluation. In addition, economic feasibility for each type is analysed through sensitivity analysis according to various factors that affect the design results of the system.

Key Words : Remote MicroGrid, Economic evaluation, Sensitivity analysis, Renewable energy, BESS, HOMER

1. 서론

기존의 독립형 마이크로그리드의 설계는 기본적으로 여러 가지 시스템 구성 중 가장 경제적인 설계 결과를 채택하는 방법을 이용해왔다. 이러한 방법은 마이크로그리드 구축 전 대비 운영비를 절감하여 전체적으로 경제적 이익을 발생시킬 수 있다[1,2]. 그러나 경제성만을 고려하게 되면 최소한의 신재생에너지만이 적용될 가능성이 매우 높다. 이는 독립형 마이크로그리드 시스템 구축을 통해 이전보다 경제적 이익은 취할 수 있으나, 신재생에너지로 인한 그외의 효과는 극대화시키기 어려운 형태가 된다. 최근 파리협정에 의한 기후변화대응이 활성화되고 저탄소경제, 신재생에너지의 확대 등이 강조되는 현재의 추세에는 적합하지 않은 형태라고 볼 수 있다[3,4].

이러한 흐름을 고려하였을 때 독립형 마이크로그리드 시스템 설계시 단순히 경제성만을 목표로 하지 않고, 그 외의 요소들(탄소절감, 신재생에너지 투입률 등)이 추가적으로 고려되어 설계목표가 다양해질 필요가 있다. 현 시점에서 단순히 가장 경제적으로 유리한 설계 결과를 채택하게 되더라도, 이는 향후 시장경제, 정책 상황 등에 따라서 최적의 결과가 아닐 수도 있으며, 경우에 따라 전혀 적합하지 않은 결과가 될 수도 있다. 다시 말해, 설계목표에 반영될 수 있는 다양한 요소들을 고려하여 목표를 명확히 설정해야 하며, 결과적으로 이에 따라 설계된 독립형 마이크로그리드 시스템들에 대한 적합성을 판단해야 한다.

본 논문에서는 독립형 마이크로그리드 시스템에 대해 설계목표에 따라 설계 타입을 두 가지로 구분하고 경제성 평가 기반의 사례연구를 통해 비교분석하였다. 또한 시장경제 상황, 대상도시 특성 및 REC 등의 다양한 변동요소에 따른 민감도 분석을 통해 두 가지 타입을 비교분석하였다.

2. 설계목표에 따른 독립형 마이크로그리드

2.1 독립형 마이크로그리드 시스템

기본적으로 독립형 마이크로그리드는 BESS(Battery Energy Storage System, 배터리 에너지 저장장치)와 신재생에너지, 디젤발전기 등으로 구성된 소규모 독립 전력계통을 의미한다. 독립형 마이크로그리드 시스템에서는 BESS의 인버터(Grid Forming Inverter)가 정전압/정주파수 운전을 수행하게 된다. BESS의 인버터가 총·방전을 통해 신재생에너지에 의한 출력변동 및 부하 변동에 대응하고, 계통의 전압/주파수를 제어하며 운전하는 형태이다. 독립형 마이크로그리드의 적용에 따른 시스템 구성도는 그림 1과 같다[5].

2.2 독립형 마이크로그리드의 설계 타입 비교

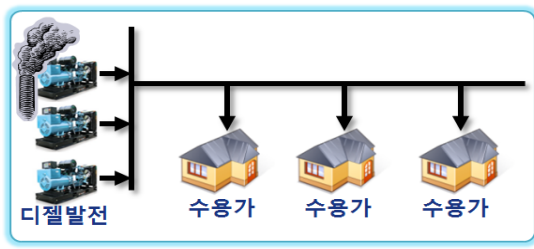
기본적으로 독립형 마이크로그리드 시스템의 설계시 BESS 및 신재생에너지의 최적 조합(용량, 수량)을 도출하는 방법을 사용한다. 가장 경제적인 결과를 채택할 수도 있고, 탄소배출을 최소화하는 결과를 채택할 수 있다. 다시 말해, 조합 형태에 매우 다양한 결과들이 존재하며, 시스템 설계자의 목표에 따라 설계 결과

* Corresponding Author : KEPCO Research Institute, Daejeon, Korea

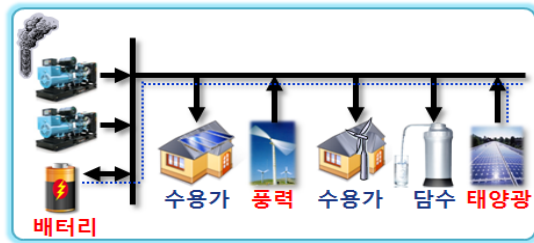
E-mail: wjn@kepcoco.kr

* KEPCO Research Institute, Daejeon, Korea

Received : January 19, 2017; Accepted : May 17, 2017



(a) 독립형 마이크로그리드 적용 전



(b) 독립형 마이크로그리드 적용 후

그림 1 독립형 마이크로그리드 시스템의 구조

Fig. 1 Configuration of remote MicroGrid system

표 1 운전방안 및 설계 목표에 따른 독립형 마이크로그리드 타입 비교

Table 1 Comparison between types of remote MicroGrid according to operation plans and design objectives

구분	에너지 자립형	하이브리드형
운전방안 (디젤발전기 운전형태)	디젤발전기 상시 OFF (비상시 보조)	디젤발전기 상시 ON (상시 전원)
설계목표	• 에너지 자립 • 탄소배출 최소화	• 경제성 확보
배터리 용량	큼(부조일 고려)	작음
신재생 발전량 비율 (탄소배출 감축량)	높음	낮음

가 결정되게 된다. 일반적으로 독립형 마이크로그리드 설계시에는 운전방안에 따라 설계 목표를 수립하게 되며, 두 가지 타입(에너지 자립형 & 하이브리드형)으로 구분할 수 있다. 표 1에 두 타입에 대해 비교하여 정리하였다[6-8].

에너지 자립형은 상시에 디젤발전기를 운전하지 않고 BESS와 신재생에너지만으로 전력을 공급하는 시스템으로 전력생산량 중 신재생에너지에 의한 발전량의 비율을 높여 디젤발전기 사용량을 최소화하는 것을 목표로 한다.

하이브리드형은 디젤발전기를 상시 운전하되 BESS와 신재생에너지를 동시에 운전하여 기존대비 COE(Cost of Energy, 전력공급단가)를 최대한 감축하여 경제성을 확보하는 것을 목표로 한다.

에너지 자립형은 디젤발전기를 상시로 운전하지 않기 위해 부조일(기상조건으로 인해 신재생에너지가 발전할 수 없는 기간)을

고려하여 일정기간 이상 BESS에 저장된 에너지만으로도 전력공급이 가능토록 설계되기 때문에 배터리 용량이 매우 크다. 또한 전체 발전설비 용량 중 신재생에너지가 차지하는 비율이 높기 때문에 신재생에너지에 의한 전력공급 비율이 높고 이에 따라 탄소배출량을 크게 감축할 수 있다. 반대로 하이브리드형의 경우 신재생에너지의 발전여부와 관계없이 디젤발전기가 상시로 운전하며 경제성 확보를 목표로 하기 때문에 신재생에너지의 비율이 낮고 배터리의 용량은 매우 작다.

3. 사례연구

본 절에서는 에너지 자립형과 하이브리드형 간의 비교분석을 위해 현재 운영되고 있는 국내 도서지역의 독립계통 중 하나를 선정하여 각 타입별로 경제성 평가를 실시하고 그 결과를 분석하였다.

3.1 HOMER

본 연구에서의 경제성 평가는 세계적으로 가장 널리 사용되는 마이크로그리드 엔지니어링 툴인 HOMER(Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources)를 이용하였다. HOMER는 디젤발전기, 신재생에너지, BESS, 연료전지 등 다양한 요소기기를 반영할 수 있으며, 계통연계형, 독립형 마이크로그리드 모두 모델링이 가능하다. 기본적으로 비용데이터, 기기별 속성, 기후조건, 부하데이터 등을 입력하여 경제성 평가를 수행한 뒤 순현재가치를 기반으로 최적의 조합 결과를 도출하는 형태이다. 경제성 비교 뿐만 아니라 신재생에너지 비율, 탄소배출 규제 등의 다양한 제약조건을 반영하여 시뮬레이션이 가능하다[9].

3.2 타입별 경제성 평가 결과분석

경제성 평가시 배터리의 종류는 리튬이온으로 선정하였고, 신재생에너지는 풍력발전기와 태양광발전기로 구성하였다. 분석대상 도서의 현황은 표 2와 같다[10].

여기서 에너지 자립형 설계시 최소 신재생발전량 비율은 70%로 산정하였고, 부조일을 1일로 하여 식 (1)과 같이 배터리 용량을 3,000kWh로 산정하였다. 이는 평균부하($P_{Load,avg}$)를 기준으로 했을 때 만충된 배터리만으로 24시간동안 부하전력공급이 가능한 용량이 된다.

표 2 분석대상 도서 현황

Table 2 Data of objective island of analysis

구분	현황
발전설비(디젤발전기)	450kW(150kW × 3대)
부하	• 평균 : 124kW • 최대 : 305kW
평균 풍속	5.5m/s
평균 일사량	3.68kWh/m ² /day

$$P_{Load,avg} \times 24 = 124 \times 24 \approx 3,000 \quad (1)$$

위 조건(최소 신재생발전량 비율, 배터리 용량)을 만족시키는 조합 중 COE가 최소인 결과를 에너지 자립형의 설계 결과로 결정하였다. 하이브리드형의 경우 위 조건과 무관하게 모든 조합 중 COE가 최소인 결과를 설계 결과로 결정하였다. 각 타입별 설계결과(BESS, 신재생 조합)는 표 3과 같다.

두 타입의 경제성 평가 결과는 표 4 및 그림 2와 같다. 참고적으로 본 경제성 평가에서의 연간 발생 편익은 독립형 마이크로그리드 구축 전 대비 연간운영비의 절감비용으로 산정하였다. 이는 실질적으로 마이크로그리드 구축을 통해 경제적인 편익 발생하는 것은 아니기 때문에 절감되는 운영비를 편익으로 볼 수 있다.

표 3 독립형 마이크로그리드 설계 결과

Table 3 Design results of remote MicroGrid

구분	에너지 자립형	하이브리드형
BESS	•배터리 : 3,000kWh •인버터 : 500kW	•배터리 : 500kWh •인버터 : 250kW
풍력	200kW	100kW
태양광	480kW	120kW

표 4 경제성 평가 결과

Table 4 Result of economic evaluation

구분	구축 전	에너지 자립형	하이브리드형
COE [원/kWh]	920	983 (△63)	850 (▽70)
B/C ratio	-	0.62	1.43
투자회수	-	회수불가	12년
초기투자비[백만원]	-	5,038	1,660
운영비[백만원]	930	679 (▽251)	740 (▽190)

※ 괄호 안은 구축 전 대비 증감을 나타냄

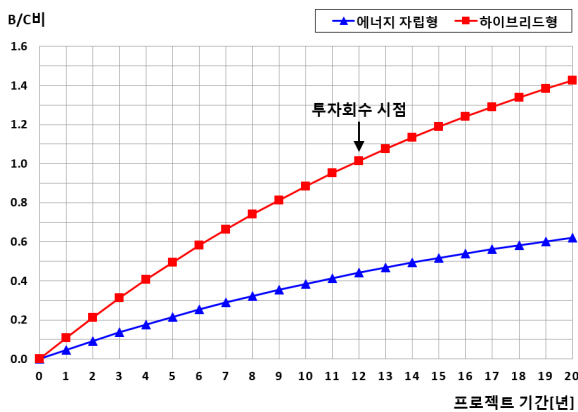


그림 2 타입 간 편익-비용 비율(현가) 흐름
Fig. 2 Flow of B/C ratio for types

표 5 신재생에너지 비율 및 연료 소모량 분석 결과

Table 5 Result of proportion of renewable energy and fuel consumption

구분	구축 전	에너지 자립형	하이브리드형
신재생 비율 [%]	-	74.4	31.8
연료 소모량 [kL/년]	343	83 (▽260)	222 (▽121)
CO ₂ 배출량 [ton/년]	906	218 (▽688)	585 (▽321)
연료 소모량(CO ₂ 배출량) 감축 비율 [%]	-	76	35

※ 괄호 안은 구축 전 대비 증감을 나타냄

표 5는 각 타입별로 설계 결과에 대해 신재생에너지 비율 및 연료소모량(CO₂ 배출량) 감축량을 정리한 것이다.

경제성 평가 결과, 연간 발생하는 편익은 하이브리드형에 비해 에너지 자립형이 더 크지만 초기투자비가 매우 과다하여 경제성이 확보되지 않는 것을 확인할 수 있다. 하이브리드형의 경우 편익은 상대적으로 작지만 초기투자비가 크지 않아 시스템 구축 전 대비 경제성을 확보할 수 있는 것을 확인할 수 있다. 다시 말해, 경제성 측면에서 에너지 자립형은 적합한 타입이 아님을 알 수 있다.

그러나 에너지 자립형 적용시에는 신재생발전량 비율이 높은 만큼 하이브리드형에 비해 연료소모량 및 CO₂ 배출량을 2배 이상 감축할 수 있음을 확인할 수 있다. 하이브리드형의 경우 경제성 확보 측면에서는 에너지 자립형에 비해 훨씬 더 유리할 수 있으나, 만약 이외의 설계목표(탄소배출량 제약, 신재생에너지 비율 등)가 추가된다면 적합한 설계 타입으로 선정될 수 없다. 결국 설계목표를 어떻게 선정하느냐에 따라 타입의 적합성이 달라지기 때문에 다양한 요소들을 고려해볼 필요가 있다.

4. 민감도 분석

본 절에서는 앞서 도출된 경제성 평가 결과를 토대로 경제성에 영향을 줄 수 있는 요소의 변동에 따라 각 타입별로 결과가 어떻게 변화하는지를 분석하였다. 시장/경제 요소(디젤연료비, 배터리 시장가격), 대상도서의 특성(평균 풍속 및 부하) 및 REC를 변동요소로 선정하고 이에 따른 타입별 COE를 계산하여 민감도 분석을 수행하였다.

참고적으로 본 민감도 분석에서는 각 타입별로 표 3의 조합 결과를 고정시키고 COE를 계산한 것이 아니다. 다시 말해, 변동 요소에 따라 계산된 COE는 모두 같은 설계결과에 대한 계산결과가 아니라 가장 적합한 조합결과에서 산출된 값이다.

4.1 시장/경제 요소에 따른 분석

4.1.1 디젤연료비

디젤연료비는 디젤발전기의 연간운영비를 결정하는 매우 중요

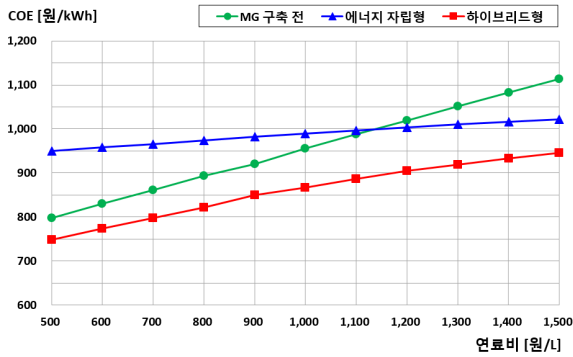


그림 3 디젤연료비에 따른 민감도 분석 결과
 Fig. 3 Result of sensitivity analysis according to fuel price

한 요소이다. 디젤연료비에 따른 각 타입별 민감도 분석 결과는 그림 3과 같다. 참고적으로 분석 대상 도서의 현 디젤연료비는 약 900원/L이다.

에너지 자립형은 전체 발전량 중 디젤발전기 발전량이 차지하는 비율이 상대적으로 훨씬 작기 때문에 디젤연료비에 의한 경제성 변동이 크지 않다. 에너지 자립형이 경제성을 확보(구축 전보다 COE가 작은 경우)하기 위해서는 연료비가 약 1,100원/L 이상으로 증가해야 하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 하이브리드형의 경우 연료비와 관계없이 구축 전 대비 경제성을 확보할 수 있으며, 모든 경우에 대해 에너지 자립형에 비해 경제적으로 유리하다.

4.1.2 배터리 시장가격

경제성 평가에 있어서 초기투자비를 결정하는 요소기기들의 시장가격은 매우 중요한 요소이다. 특히, 배터리의 가격은 독립형 마이크로그리드 시스템의 초기투자비 중 매우 큰 비중을 차지하기 때문에 경제성에 큰 영향을 미치게 된다. 그림 4는 배터리의 시장가격 하락에 따른 각 타입별 민감도 분석 결과이다. 가로축은 현재가격 대비 백분율값을 나타낸 것이다.

에너지 자립형은 배터리 용량이 매우 크기 때문에 배터리 가격에 따라 경제성이 크게 변동하게 된다. 에너지 자립형이 경제성을 확보하기 위해서는 현재 시점에서의 배터리 가격 대비 약 65% 이하로 하락해야함을 확인할 수 있다.

디젤연료비에 따른 민감도 분석 결과와 마찬가지로 하이브리드형의 경우 배터리 가격과 관계없이 구축 전 대비 경제성을 확보할 수 있으며, 모든 경우에 대해 에너지 자립형에 비해 경제성이 우수하다. 배터리 가격이 급격하게 하락하더라도 에너지 자립형에 비해 하이브리드형이 경제적으로 유리함을 확인할 수 있다.

4.2 대상도서의 특성에 따른 분석

4.2.1 평균 풍속

대상도서의 기후 조건(풍속, 일사량 등)은 신재생에너지의 발전량을 결정하는 중요한 요소이기 때문에 독립형 마이크로그리드

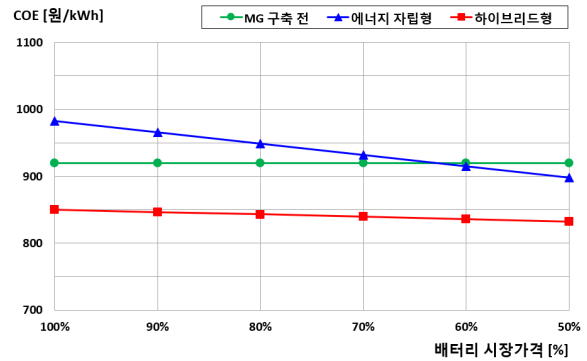


그림 4 배터리 시장가격에 따른 민감도 분석 결과
 Fig. 4 Result of sensitivity analysis according to battery price

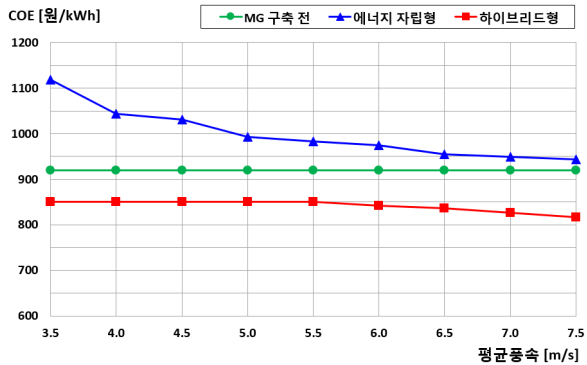


그림 5 평균 풍속에 따른 민감도 분석 결과
 Fig. 5 Result of sensitivity analysis according to average wind speed

의 설계결과에 큰 영향을 미치게 된다. 그림 5는 대상도서의 평균 풍속에 따른 각 타입별 민감도 분석 결과이다.

신재생에너지의 비율이 높은 에너지 자립형의 경우 평균 풍속에 따라 상대적으로 COE가 크게 변화하는 것을 확인할 수 있다. 평균 풍속이 높아질수록 풍력발전기의 발전량이 크게 증가하기 때문에 운영비를 감축할 수 있고, 이에 따라 COE가 감축된다. 그러나 평균 풍속이 매우 높은 조건에서도 구축 전 대비 경제성을 확보하기 어려운 것을 확인할 수 있으며, 하이브리드형이 경제적으로 훨씬 유리함을 알 수 있다. 참고적으로 하이브리드형의 경우 평균 풍속이 낮은 범위에서 설계 결과가 동일하게 도출되어 COE가 같은 값을 나타내고 있다.

4.2.2 평균 부하

대상도서의 계통 규모, 즉 부하 크기에 따라서는 시스템 경제성에 영향을 줄 수 있다. 각 타입별로 평균부하에 따른 경제성 분석을 위해 분석 대상도서의 평균부하 대비 80~120%의 범위 민감도 분석을 실시하였으며, 그 결과는 그림 6과 같다.

그림과 같이 부하 크기에 따라 COE가 감축되는 것을 확인할

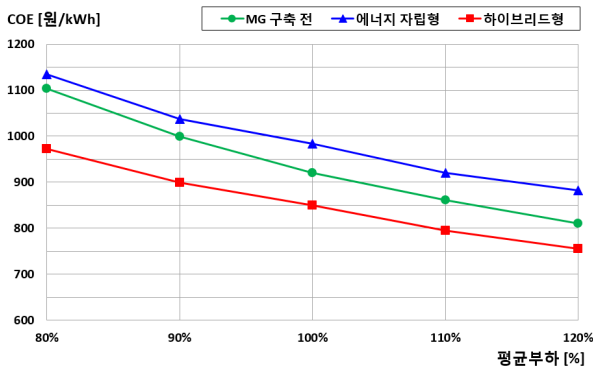


그림 6 부하 크기에 따른 민감도 분석 결과
 Fig. 6 Result of sensitivity analysis according to average load

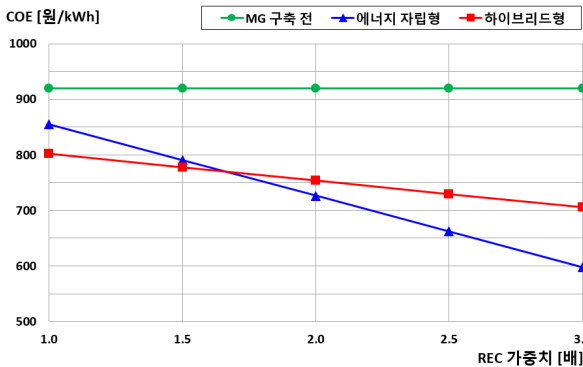


그림 7 REC 가중치에 따른 민감도 분석 결과
 Fig. 7 Result of sensitivity analysis according to REC weighting

수 있다. 그러나 모든 경우에 대해 비슷한 경향성을 띠기 때문에 부하 크기에 따라서 각 타입간의 경제성의 차이가 크게 발생하지는 않음을 알 수 있다.

4.3 REC에 따른 분석

지금까지의 경제성 평가 결과에서는 시스템 구축에 따른 발생 편익을 연간 감축되는 운영비만 고려하였다. 이외에 추가적으로 발생할 수 있는 편익으로 신재생에너지 발전에 따른 REC 적용을 고려하였다. 연간 신재생에너지 발전량을 REC로 환산하여 수익이 발생한다고 가정하여 경제성 평가를 실시하였고, 그림 7은 REC 가중치에 따른 민감도 분석 결과이다.

REC 판매 수익을 올릴 수 있는 경우 REC 가중치가 없더라도 (가중치 = 1) 연간운영비 감축에 의해 에너지 자립형도 경제성 확보가 가능함을 확인할 수 있다. 또한 REC 가중치가 적용된다고 가정하였을 때 가중치의 증가에 따라 신재생에너지 발전량의 비율이 높은 에너지 자립형의 COE가 급격하게 감소함을 알 수 있으며, 이에 따라 하이브리드형에 비해 경제적으로 매우 유리하게 된다.

5. 결 론

본 논문에서는 독립형 마이크로그리드 시스템의 설계목표에 따라 두 가지 타입(에너지 자립형, 하이브리드형)으로 구분하였고, 이에 대해 경제성 평가를 기반으로 사례연구를 수행하였다. 이를 통해 타입별 설계결과의 적합성에 대해 분석하였다. 또한 시스템 경제성에 영향을 미치는 요소에 따른 각 타입별 COE를 계산하여 경제성이 어떻게 변화하는지 민감도 분석을 수행하였다. 민감도 분석을 통해 시장경제 상황 및 대상도서의 특성 등의 요소들은 에너지 자립형의 경제성 확보에 크게 영향을 미치지 못하고, 전체적으로 하이브리드형이 경제적으로 유리함을 확인할 수 있었다. 그러나 REC와 같이 추가적인 편익이 발생할 수 있는 요소를 고려하면 에너지 자립형은 신재생에너지 비율이 높으면서도 충분히 경제성을 확보할 수 있음을 확인하였다.

모든 분석 결과는 대상도서의 규모, 형태, 시장상황, 정책 등의 다양한 요소에 따라 달라질 수 있으나, 일반적인 경향성은 차이가 없을 것으로 판단된다. 이에 본 연구결과는 독립형 마이크로그리드 설계방안에 대한 방향성을 제시해 줄 수 있을 것이라 기대되며, 이를 기반으로 향후 설계목표의 다양화, 구체화 등에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행된 연구과제입니다. (No. R0003287)

References

- [1] Wencong Su, Zhiyong Yuan, and Mo-Yuen Chow, "Microgrid Planning and Operation: Solar Energy and Wind Energy", IEEE Power and Energy Society General Meeting, Jul. 2010
- [2] Sung-Wook Hwang, Woo-Kyu Chae, Hak-Ju Lee, Sang-Yun Yun, and Jung-Hoon Kim, "A Study on the Optimal Resource Configuration Considering Load Characteristics of Electric Vehicles in Micro Grid Environment", The Transactions of the KIEE, Vol. 64, No. 2, pp. 228-231, Feb. 2015
- [3] IEA, "World Energy Outlook 2016(Summary)", 2016
- [4] REN21, "RENEWABLES 2016 GLOBAL STATUS REPORT", 2016
- [5] Woo-Kyu Chae, Hak-Ju Lee, Jong-Nam Weon, Jung-Sung Park, and Jae-Eon Kim, "Design and Field Tests of an Inverted Based Remote MicroGrid on a Korean Island", Energies, Vol. 8, No. 8, pp. 8193-8210, Aug. 2015
- [6] IRENA, "Hybrid power systems", 2013

- [7] Omar Hafez and Kankar Bhattacharya, "Optimal planning and design of a renewable energy based supply system for microgrids", Renewable Energy, Vol. 45, Issue C, pp. 7-15, Sep. 2012
- [8] ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE AND CARBON WAR ROOM, "RENEWABLE MICROGRIDS: PROFILES FROM ISLANDS AND REMOTE COMMUNITIES ACROSS THE GLOBE", 2015
- [9] Sunanda Sinha and S.S.Chandel, "Review of software tools for hybrid renewable energy systems", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 32, pp. 192-205, Apr. 2014
- [10] Jong-Nam Weon, Woo-Kyu Chae, Hak-Ju Lee, and Jung-Sung Park, "Economic Evaluation of Remote MicroGrid in Geochado", KIEE International Smart Grid Conference, Oct. 2015



심준보 (Jun-Bo Sim)

1983년 1월 26일생. 2010년 동의대학교 전기공학과 졸업. 2012년 포항공과대학교 풍력대학원 졸업(석사). 2012~2015년 현대중공업 전기전자사업본부 연구소. 현재 한전 전력연구원 에너지신산업연구소 일반연구원
Tel : 042-865-5335
E-mail : jbsim@kepco.co.kr



신창훈 (Chang-Hoon Shin)

1968년 1월 7일생. 1992년 경북대학교 전자공학과 졸업. 1994년 동대학원 전자공학과 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 에너지신산업연구소 에너지시스템그룹장
Tel : 042-865-5310
E-mail : sk33@kepco.co.kr

저 자 소 개



원종남 (Jong-Nam Weon)

1987년 2월 3일생. 2012년 숭실대학교 전기공학부 졸업. 2014년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한전 전력연구원 에너지신산업연구소 일반연구원
Tel : 042-865-5334
E-mail : wjn@kepco.co.kr



채우규 (Woo-Kyu Chae)

1977년 5월 5일생. 2004년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 2007년 충북대학교 전기공학과 졸업(석사). 2014년 동대학원 박사수료. 현재 한전 전력연구원 연구전략실 선임연구원
Tel : 042-865-5322
E-mail : microgrid@kepco.co.kr



이학주 (Hak-Ju Lee)

1966년 12월 5일생. 1989년 충남대학교 전기공학과 졸업. 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한전 전력연구원 에너지신산업연구소 책임연구원
Tel : 042-865-5312
E-mail : jureeya@kepco.co.kr