

# 독립형 풍력기반 Smart Microgrid 시스템의 현장 실증 시험을 위한 도서지역 전력 및 경제성 시뮬레이션

강상균, 이은규, 이장호\*

## Power and Economic Simulation of Island for the Field Demonstration Test of Smart Microgrid System Based on Stand-alone Wind power

SangKyun Kang, EunKyu Lee and JangHo Lee\*

### Abstract

The isolated self-generating electricity with diesel engine generator has been used in islands far away from main land. It costs high because of increasing oil price, and unsafe to have supplying oil and its related components by ship due to unexpectable marine conditions. Therefore there is the need for the hybrid system of renewable energy like wind or solar energy systems with oil engine generator, which can reduce oil use and extend oil supplying period. In this study, the feasibility of such hybrid system with smart micro grid on the eight islands of Jeon-nam province is surveyed to find good place for the demonstration test of the hybrid system. In each island, 3 wind turbine systems of 10 kW and photovoltaic of 20 kW are tested with already installed diesel engine. The performance and costs of the hybrid system in each island are compared in the given conditions of solar and wind energy potential. As a result of the study, Jung-ma island is recommended for the optimum place to make real field demonstration test of isolated hybrid generating and smart grid systems.

### Key words

Jeon-Nam Islands(전남도서), Stand-alone Wind Power(독립형풍력), Smart Microgrid System(스마트마이크로계통시스템), Field Demonstration Test(현장실증시험), Power and Economic Simulation(전력 및 경제성시뮬레이션)

(접수일 2014. 7. 30, 수정일 2014. 9. 16, 게재확정일 2014. 9. 16)

\* 군산대학교 기계자동차공학부 (School of Mechanical and Automotive Engineering, Kunsan National University)

■ E-mail : jangho@kunsan.ac.kr ■ Tel : (063)469-4869 ■ Fax : (063)469-4727

### Nomenclature

$\rho$  : 공기밀도 [ $kg/m^3$ ]

$A$  : 로터 회전 단면적 [ $m^2$ ]

$C_p$  : 성능계수 [-]

$v(t)$  : 풍속 [ $m/s$ ]

$Y_{PV}$	: PV 어레이의 정격용량 [ $W/m^2$ ]
$f_{PV}$	: PV derate 계수 [%]
$G_T$	: PV 어레이의 태양복사 [ $kW/m^2$ ]
$G_{T,STC}$	: 표준테스트 조건에서의 입사복사 [ $1kW/m^2$ ]
$P_C$	: 충전 전력 [ $kW$ ]
$P_{DC}$	: 방전 전력 [ $kW$ ]
$Q_1$	: 배터리에서 이용 가능한 에너지 [ $kWh$ ]
$Q$	: 에너지의 총용량 [ $kWh$ ]
$c$	: 배터리 용량비 [-]
$\Delta t$	: 시간변화율 [ $hr$ ]
$k$	: 배터리 비율 [ $hr^{-1}$ ]
$Q_{max}$	: 배터리 बैंक 총용량 [ $kWh$ ]
$NPC$	: Net Present Cost [ $\$$ ]
$O\&M$	: Operation and Maintenance [ $\$/yr$ ]

## 1. 서론

전력계통에서 멀리 떨어진 도서지역은 자체적으로 독립 발전소를 운영하여 전력 공급을 하고있다. 이러한 도서지역의 독립 발전소는 연료를 공급하거나 운영할 때 비용이 많이 들며, 연료 운송에 따른 안정성의 문제가 있다. 따라서 도서지역에 풍력발전기, 태양광발전기, 디젤발전기를 연동하여 도서지역의 발전량을 안전하게 운영할 필요성이 있다.

남용윤<sup>(1)</sup> 등은 풍력-디젤 하이브리드 발전의 필요성 및 시장에 대하여 제시하였고, 풍력-디젤 하이브리드 발전의 가능성과 고려사항을 제시하였다.

오진석<sup>(2)</sup> 등은 부이의 운동특성에 능동성을 갖는 태양광 발전시스템용 최대 출력점 추적기법에 대한 성능실험, 수직축 풍력발전시스템의 토크특성을 이용한 출력 시뮬레이션, 태양광-풍력 하이브리드 발전시스템의 출력실험을 통하여 해양시설물에 적합한 태양광-풍력하이브리드 발전시스템을 구성하였고, 구성된 하이브리드 형태의 전력을 생산할 경우 전체 생산 전력의 맥동을 줄일 수 있어 부하 시스템에 안정적인 전력을 공급할 수 있다는 것을 확인하였다.

박세준<sup>(3)</sup> 등은 우리나라 일반 가정이 독립형운전형으로서 경제적이고 효율적인 에너지 이용이 가능한 가정용 하이브리드시스템을 제안하였으며, HOMER 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션을 통하여 가정의 전력 수요량(부하량)에 따른 각 에

너지원의 용량산정, 경제성 평가, 그리고 시스템 최적 동작특성 등을 도출하였지만, 경제성 평가시 O&M에 관한 내용은 포함되지 않았다.

양수형<sup>(4)</sup> 등은 현재 운영되고 있는 마라도 항로표지관리소의 독립형 하이브리드 발전시스템을 대상으로 HOMER를 이용하여 신재생에너지원의 용량 변화와 새로운 발전원인 연료 전지를 추가한 경우에 비용과 탄소배출량을 계산하고, 기존의 마라도 항로표지관리소 하이브리드 발전시스템보다 초기 투자비용은 증가하지만 연료비와 탄소배출량은 감소시킬 수 있는 독립형 하이브리드 발전시스템을 설계하였다.

서현수<sup>(5)</sup> 등은 서해안 도서지역의 하나인 선유도 지역에 대해 복합발전의 경제성에 대한 민감도 분석을 하였고, 디젤 발전기만으로 발전하는 선유도에 풍력-디젤-저장장치 복합 발전을 한다면 발전단가를 낮추고, 지구온난화와 환경오염을 예방하는 효과를 가져 올 수 있어 경제성이 있다는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 독립형 풍력기반 Smart Microgrid system에 적용할 10kW 급 풍력발전기 3개와 10kW 급 태양광발전기 2개의 설치가 적합한 도서 선정을 위해 전남 도서지역 8개에 대한 경제성 및 발전량에 관한 시뮬레이션을 실시하고, 그 결과를 비교하였다(HOMER 소프트웨어를 이용함).

## 2. 대상 도서의 현황

8개 전남 도서에 대한 지리적 위치는 개략적으로 그 위치를 확인할 수 있도록 Fig. 1에 점으로 도시하였다. 각 도서지역에 대한 발전설비 현황은 Table 1과 같고, 120 가구인 우이

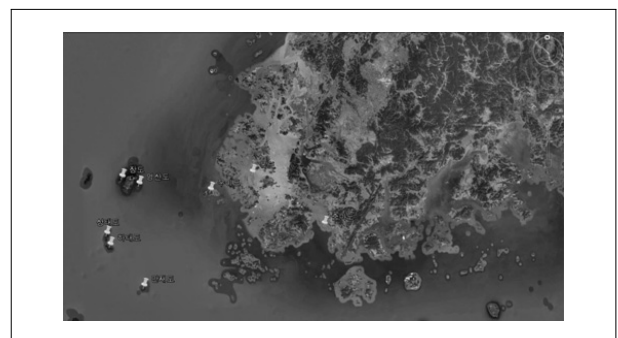


Fig. 1 The location of 8 islands

Table 1. Power plant facilities of 8 islands

2011년

도서명	가구 수	발전설비			좌표	
		총용량 (kW)	대수	연간 발전량 (kWh)	위도	경도
만재도	46	240	80(3)	242,635	34,1	125,3
상태도	45	380	80(1) 150(2)	257,016	34,3	125,2
영산도	48	240	80(3)	168,118	34,4	125,3
옥도	65	560	80(2) 200(2)	403,883	34,4	126,0
우이도	120	450	150(3)	653,090	34,4	125,5
장도	57	240	80(3)	211,298	34,4	125,2
중마도	20	80	80(1)	85,420	34,4	126,4
하태도	51	560	80(2) 200(2)	428,436	34,2	125,2

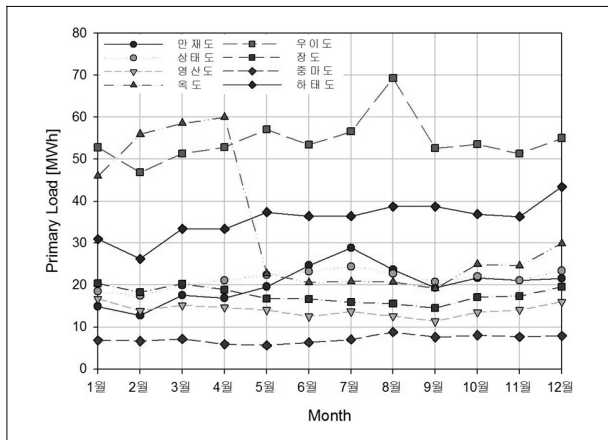


Fig. 2 Primary Load in each month

도가 연간 발전량이 653,090kWh로 가장 높게 나타났으며, 20 가구인 중마도가 연간 발전량이 85,420kWh로 가장 낮게 나타났다. 각 도서지역의 월별 발전량은 Fig. 2와 같고, 월 평균 발전량은 우이도가 54,424kWh로 가장 높게 나타났으며, 중마도가 7,118kWh로 가장 낮게 나타났다. 옥도와 우이도의 경우 대용량 부하시설(냉동창고, 상수도시설등)사용 여부에 따라 월별 발전량에 큰 차이가 있음이 확인되었다.

### 3. 시스템 구성도

본 연구에서 설정한 독립형 풍력기반 Smart Microgrid system은 신재생에너지원인 태양광, 풍력발전기 그리고 발전량 극변 및 부하 변동에 대처할 수 있는 디젤발전기, 컨버터, 배터리를 포함한 시스템으로 구성도는 Fig. 3과 같다.

태양광, 풍력발전기, 배터리는 DC로 연결되어 있으며, 컨버터/인버터를 통해 디젤발전기 및 AC부하와 연결되어 전력을 공급한다. 신재생에너지원의 발전으로 인한 전력 공급을 통하여 디젤발전기의 용량을 줄이고 운전시간을 단축시킴으로서 NPC를 최소화 할 수 있다.

HOMER(Hybrid Optimization Model for Electric Renewables) 소프트웨어는 미국 NREL에서 개발된 소프트웨어로 열병합발전, 태양광발전, 풍력발전, 배터리, 연료전지, 수력,

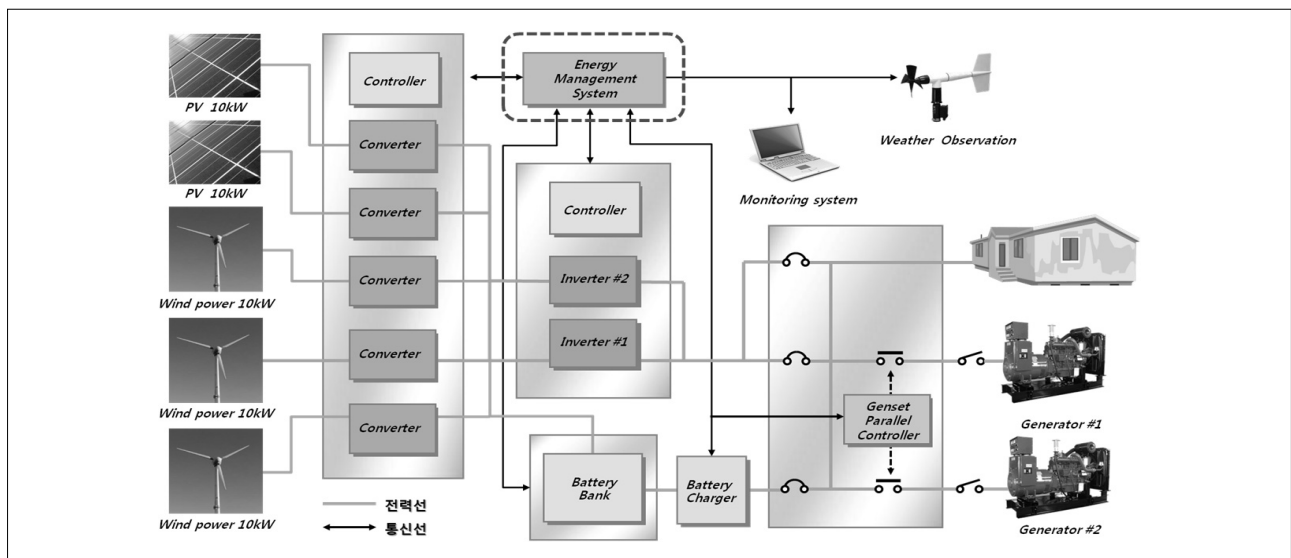


Fig. 3 Configuration of Smart Microgrid system

바이오 매스 등 하이브리드 시스템을 설계 및 분석하여 경제성을 결정하는 소프트웨어이다. HOMER 소프트웨어에 각 장비의 성능, 신재생에너지 자원 데이터, 연료비, capital cost, replacement cost, O&M cost 등을 입력하여 설계된 system의 경제성 분석을 할 수 있다. 각 장비에 대한 capital cost는 실제 판매되는 비용을 기준으로 하였으며, replacement cost 및 O&M cost는 참고문헌<sup>(6-13)</sup>을 비교 검토하여 설정하였다. 또한 경제성 분석 시 USD 단위로 계산되기 때문에 본 연구에서는 2013년 5월 21일 환율인 1113.5원을 적용하였으며, 디젤 연료비는 본 연구 대상 도서지역 중 유류단가가 확인되는 6개 지역의 2011년 유류단가 평균인 891원을 적용하여 경제성 분석을 진행하였다. 분석을 위한 제한조건은 HOMER에서 제공되는 기본조건들이 사용되었다.

### 3.1 태양광발전

태양광발전에 필요한 일사량 데이터는 NASA surface meteorology and solar Energy<sup>(14)</sup>을 참조하였으며, Fig. 4와 같다. 일사량은 8개 도서지역 모두 5월에서 가장 높게 나타났으며, 12월에서 가장 낮게 나타났다. 도서지역의 5월의 평균 일사량은  $5.771 kWh/m^2/day$  이며, 12월의 평균 일사량은  $2.168 kWh/m^2/day$  이다.

HOMER 소프트웨어에서 사용하는 태양광발전 출력은 식 (1)과 같다.

$$P_{PV} = Y_{PV} f_{PV} \left( \frac{\overline{G_T}}{G_{T,STC}} \right) \quad (1)$$

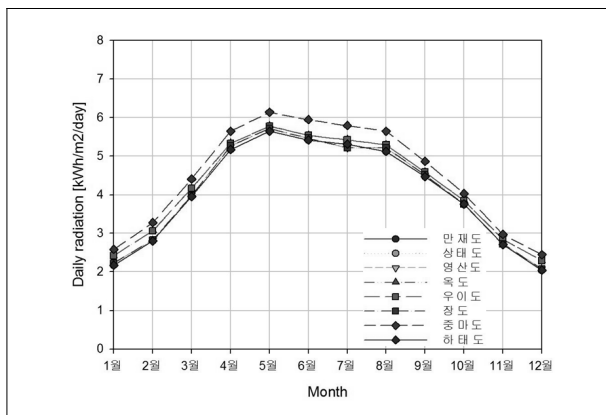


Fig. 4 Solar resource [ $kWh/m^2/d$ ]

태양광발전은 10kW 급이 2개 사용되었으며, 경제성 분석을 위한 PV inputs는 Table 2와 같다.

### 3.2 풍력발전

풍력발전에 필요한 바람 자료는 한국에너지기술연구원의 신재생에너지 자원지도<sup>(15)</sup>를 참조하였으며, 자원지도는 3km×3km 해상도의 지상고도 50m 지점의 풍속으로 각 도서의 월별 풍속은 Fig. 5와 같다. 풍속은 2월에서 가장 높게 나타났으며, 6월에서 가장 낮게 나타났다. 도서지역의 2월의 평균 풍속은 6.809m/s 이며, 6월의 평균 풍속은 4.761m/s 이다. 바람자료 분석에 중요한 척도인 와이블 분포를 확인하면 미세한 차이는 보이나 모두 비슷한 경향이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 풍속의 와이블 분포는 Fig. 6과 같다.

HOMER 소프트웨어에서 사용하는 풍력발전기의 출력은 식 (2)와 같다.

$$P_m(t) = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times (v(t))^3 \times C_p \quad (2)$$

Table 2. PV Inputs

Size [kW]	10×2
Capital cost [\$/kW]	2613.45
Replacement cost [\$/kW]	2287.75
O&M cost [\$/kW/yr]	17.56
Out current	DC
Lifetime [years]	20
Derating factor [%]	80
Ground reflectance [%]	20

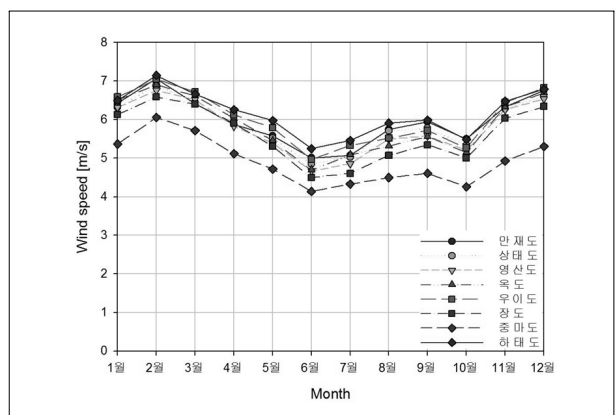


Fig. 5 Wind resource [m/s]

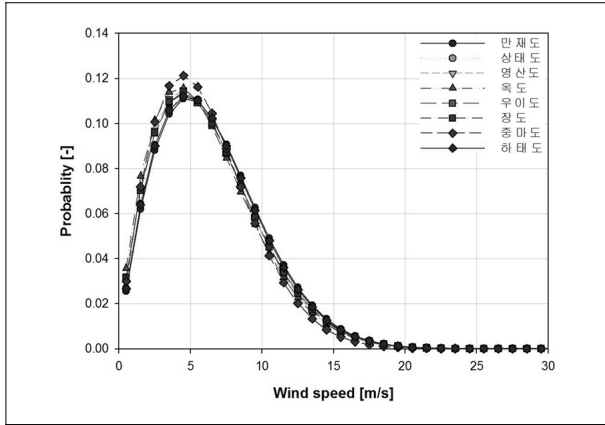


Fig. 6 Weibull distribution

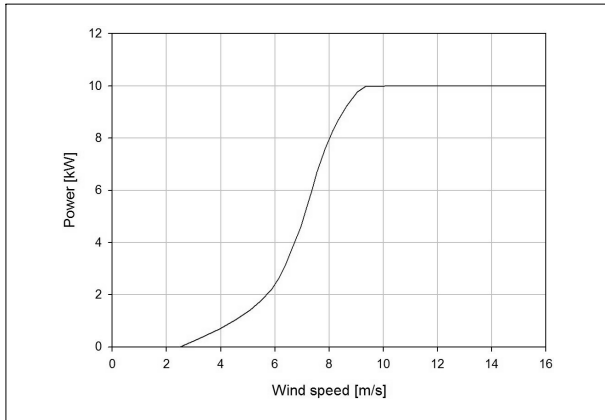


Fig. 7 Osiris 10 kW Wind Turbine Power curve

Table 3. Wind Turbine Inputs

Quantity	3
Capital cost [\$/kW]	6793,30
Replacement cost [\$/kW]	5248,50
O&M cost [\$/kW/yr]	97,55
Lifetime [years]	20
Hub height [m]	20

풍력발전기는 Osiris 10kW 급이 3개 사용되었으며 성능곡선은 Fig. 7<sup>(16)</sup>과 같고, 경제성 분석을 위한 wind turbine inputs는 Table 3과 같다.

### 3.3 배터리

배터리의 최대 충전과 방전 전력은 식 (3)과 식 (4)에 의해

Table 4. Specifications of battery

Nominal capacity [Ah]	1000
Nominal voltage [V]	2
Round trip efficiency [%]	86
Min. state of charge [%]	30
Float life [years]	17
Max. charge rate [A/Ah]	0,2
Max. charge current [A]	200
Max. discharge current [A]	400
Maximum capacity [Ah]	1,218
Capacity ratio, c [-]	0,176
Rate constant, k [1/hr]	1,98

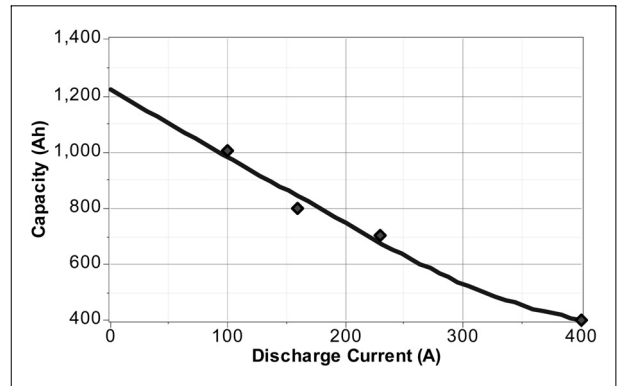


Fig. 8 Capacity curve

Table 5. Battery Inputs

Batteries per string [EA]	156
Capital cost [\$]	750
Replacement cost [\$]	666,67
O&M cost [\$/yr]	3,33
Initial state of charge [%]	100

계산된다<sup>(17)</sup>.

$$P_C = \frac{kQ_1 e^{-k\Delta t} + Q_2 c(1 - e^{-k\Delta t})}{(1 - e^{-k\Delta t}) + c(k\Delta t - 1 + e^{-k\Delta t})} \quad (3)$$

$$P_{DC} = \frac{-kcQ_{max} + kQ_1 e^{-k\Delta t} + Q_2 c(1 - e^{-k\Delta t})}{1e^{-k\Delta t} + c(k\Delta t - 1 + e^{-k\Delta t})} \quad (4)$$

사용된 배터리에 대한 정보는 Table 4와 같고, 용량 곡선

은 Fig. 8과 같다. 경제성 분석을 위한 battery inputs는 Table 5와 같다.

### 3.4 컨버터

경제성 분석을 위한 converter inputs은 Table 6과 같다. 전력변환장치인 컨버터는 PCS, 인버터, 충전기 등을 포함하여 비용을 선정하였다.

### 3.5 디젤발전기

각 도서지역의 부하는 다르기 때문에 그에 알맞은 디젤발

Table 6. Converter Inputs

Size [kW]		60
Capital cost [\$/kW]		2289,51
Replacement cost [\$/kW]		2074,87
O&M cost [\$/kW/yr]		10,04
Inverter inputs	Lifetime [years]	20
	Efficiency [%]	95
Rectifier inputs	Capacity relative to inverter [%]	100
	Efficiency [%]	85

Table 7. Generator size

도서명	Size [kW]
만재도	50
상태도	45
영산도	34
옥도	103
우이도	112
장도	40
중마도	19
하태도	75

Table 8. Generator inputs

Capital cost [\$/kW]	407,74
Replacement cost [\$/kW]	332,95
O&M cost [\$/hr]	1,85
Type	AC
Lifetime [hr]	15000
Minimum load ratio [%]	30

전기 용량을 설정하여야한다. HOMER 소프트웨어 시뮬레이션을 위해 설정한 태양광, 풍력발전기, 배터리, 컨버터를 기반으로 최소 디젤발전기 용량을 확인 할 수 있다. 일일부하 변동률을 HOMER 소프트웨어에서 제시하는 기본 값인 20%로 설정하였고, 확인 한 디젤발전기의 최소 용량은 Table 7과 같다. 경제성 분석을 위한 generator inputs은 Table 8과 같다.

## 4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

HOMER 소프트웨어를 이용하여 각 도서지역의 신재생에너지원의 전력 생산 비율 및 경제성 분석을 하였고, 현재 각 도서지역에 설치되어 있는 독립발전소와 독립형 풍력기반 smart microgrid system 적용 시 경제성 분석에 대한 내용을 비교하였다.

Fig. 9는 신재생에너지원의 전력 생산 비율을 나타내며, 신재생에너지원의 전력 생산 비율이 가장 높은 도서는 중마도(80%)로 확인되었고, 가장 낮은 도서는 우이도(17%)로 확인되었다. 이는 신재생에너지원의 전력 생산량은 비슷하지만 도서지역의 월별 발전량의 상대적인 차이 때문이다. 본 연구에서 제한한 시스템 용량은 50kW로 월별 발전량이 상대적으로 낮은 중마도에서는 신재생에너지원의 전력 생산 비율이 높게 확인되고, 월별 발전량이 상대적으로 높은 우이도에서는 신재생에너지원의 전력 생산 비율이 낮게 확

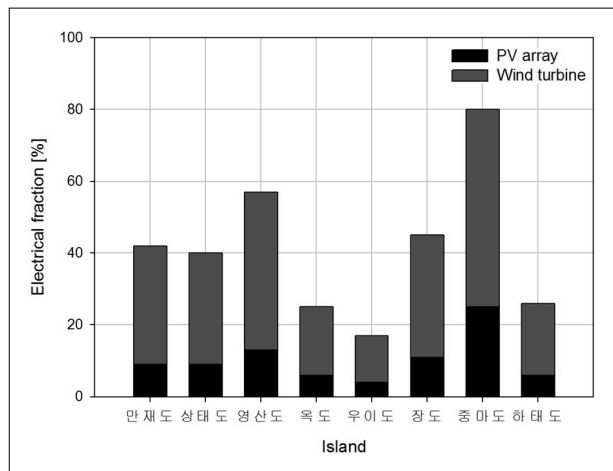


Fig. 9 Power production ratio of renewable energy

인된다.

독립디젤발전소와 독립형 풍력기반 smart microgrid system 의 경제성 시뮬레이션 결과는 Fig. 10 및 Fig. 11과 같다 (constraints는 Homer의 기본제공조건으로 적용되었음). Fig. 10은 운영비를 나타낸 결과이며 smart microgrid system 적용시 평균 54%의 운영비 절감 효과를 나타내는 것으로 확인되었다.

Fig. 11은 Total NPC를 나타낸 결과이며, 두 시스템을 비교하였을 때 우이도를 제외한 나머지 도서 지역에서 독립형 풍력기반 smart microgrid system이 현재 설치되어 있는 독립디젤발전소에 비해 Total NPC(Net Present Cost)가 감소되는 것으로 확인되었다(두 경우 모두 디젤발전기의 초기투자비는 동일하게 고려되지 않았음).

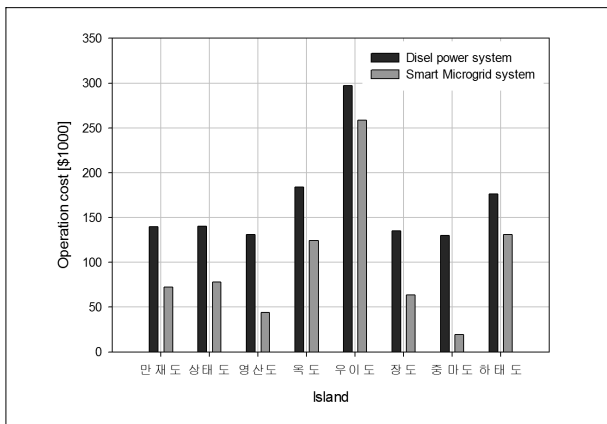


Fig. 10 Operation cost of diesel power system and smart microgrid system

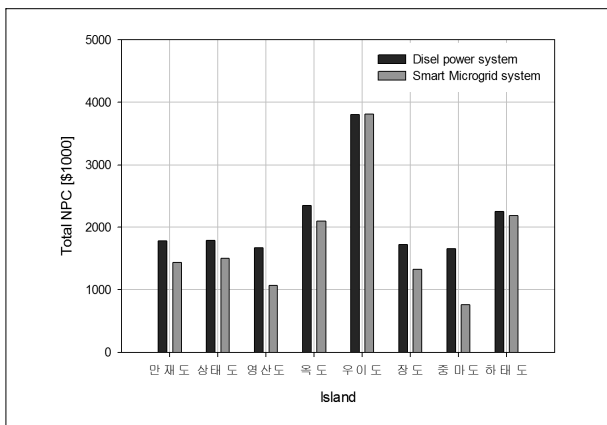


Fig. 11 Total NPC of diesel power system and smart microgrid system

독립형 풍력기반 smart microgrid system 적용 시 신재생 에너지원의 사용으로 인한 연료 절감과 디젤발전기 노후로 인한 교체비용 절감으로 초기투자비를 극복하고 Total NPC를 줄일 수 있다. 하지만, 신재생에너지의 발전량 보다 전력 사용량이 과도하게 큰 우이도의 경우, 신재생에너지원의 전력생산에 의한 디젤발전기의 연료 사용량 감소의 폭이 크지 않아 Total NPC가 상승하는 것으로 나타났다. 독립형 풍력기반 hybrid system이 적용된 8개 도서지역 중 Total NPC 저감이 가장 큰 도서는 중마도로 파악되었다(48% 절감).

이와 같이 신재생에너지의 비율이 매우 큰 도서 지역에서 독립형 풍력기반 smart microgrid system을 현실화하기 위해서는 신재생에너지원에 의한 발전량 급변과 부하변동 등에 지능적으로 대처하고 전체 시스템을 경제적으로 운영할 수 있는 smart microgrid의 운영전략 최적화가 필요하며, 이산화탄소, 미연탄화수소, 질소 등 오염물질의 연간배출량의 저감 등과 같은 환경보호 효과 분석도 필요하다.

## 5. 결론

본 연구에서는 10kW 급 태양광발전기 2개와 10kW 급 풍력발전기 3개를 기반으로 한 독립형 풍력기반 smart microgrid system 설치에 적합한 도서지역 선정을 위해 전남 도서지역 8개에 대한 경제성 및 발전량에 관한 시뮬레이션을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 독립형 풍력기반 smart microgrid system 적용 시 우이도를 제외한 도서 지역에서 비용 절감이 가능하다는 것이 확인되었다.
- (2) 신재생에너지원의 전력 생산 비율이 가장 높은 도서는 중마도(80%)로 확인되었고, 가장 낮은 도서는 우이도(17%)로 확인되었다.
- (3) 8개 도서지역 중 신재생에너지원의 전력 생산 비율이 가장 높고, 가장 큰 Total NPC 차이를 보이며, 부하와 부하변동량이 적은 중마도가 본 연구에서 제안하는 독립형 풍력기반 smart microgrid system 적용 도서로 가장 적합하다고 판단된다.

## 후 기

본 연구는 2012년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)과 한국산업기술진흥원(KIAT)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No.20123021020010)(NO.A002200482).

### References

- [1] 남용윤, 한정우, 방제성, 2011, “풍력-디젤 하이브리드 발전의 필요성 및 시스템 설계상의 주의점”, 2011 유공압건설기계학회, 유공압시스템학회지 제8권 제1호, pp. 44-49.
- [2] 오진석, 조관준, 2009, “태양광 및 풍력 하이브리드 발전 시스템에 관한 연구”, 2009 한국마린엔지니어링학회, 한국마린엔지니어링학회지 제33권 제8호, pp. 1226-1231.
- [3] 박세준, 이영, 최용성, 이경섭, 2010, “HOMER를 이용한 가정용 태양광-연료전지 하이브리드시스템의 운전 최적화”, 2010 대한전기학회, 전기학회 논문지 제59P권 제1호, pp. 129-133.
- [4] 양수형, 부창진, 김호찬, 2012, “HOMER 프로그램을 이용한 독립형 하이브리드 발전시스템 최적화”, 2012 한국태양에너지학회, 한국태양에너지학회 논문집 제32권 제2호, pp. 11-18.
- [5] 서현수, 장세명, 김은일, 2006, “새만금 부근 섬 지역에서 풍력-디젤 복합 전원 시스템의 경제 및 환경적 타당성에 관한 연구”, 2006 한국 신재생에너지학회, 추계학술대회논문집 pp. 277-280.
- [6] Shafiqur Rehman, Md. Mahub Alam, J.P. Meyer, Luai M. Al-Hadhrani, 2012, “Feasibility study of a wind-diesel hybrid power system for a village”, 2012 Renewable Energy, Volume 38, Issue 1, pp. 258-268.
- [7] K.Y. Lau, M.F.M. Yousof, S.N.M. Arshad, M. Anwari, A.H.M. Yatim, 2010, “Performance analysis of hybrid photovoltaic/diesel energy system under Malaysian conditions”, 2010 Energy, Volume 35, Issue 8, pp. 3242-3255.
- [8] Sanjoy Kumar Nandi, Himangshu Ranjan Ghosh, 2010, “Prospect of wind-PV-battery hybrid power system as an alternative to grid extension in Bangladesh”, Energy, Volume 35, Issue 7, pp.3040-3047.
- [9] Mei Shan Ngan, Chee Wei Tan, 2012, “Assessment of economic viability for PV/wind/diesel hybrid energy system in southern Peninsular Malaysia”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 16, Issue 1, pp. 634-647.
- [10] Getachew Bekele, Getnet Tadesse, 2012, “Feasibility study of small Hydro/PV/Wind hybrid system for off-grid rural electrification in Ethiopia”, Applied Energy, Volume 97, pp. 5-15.
- [11] S.M. Shaahid, I. El-Amin, 2009, “Techno-economic evaluation of off-grid hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for rural electrification in Saudi Arabia-A way forward for sustainable development”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 3, pp. 625-633.
- [12] Mauricio Solano-Peralta, Magda Xavier Vallvè, 2009, “Tropicalisation of Feed-in Tariffs: A custom-made support scheme for hybrid PV/diesel systems in isolated regions”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 9, pp. 2279-2294.
- [13] Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- [14] ‘Surface meteorology and Solar Energy’ <https://eosweb.larc.nasa.gov>
- [15] 한국에너지기술연구원의 신재생에너지 자원지도.
- [16] Osiris(Shanghai) Technologies CO., Ltd.2013, “Wind Turbine Generator System AWEA Summary Test Report for the Osiris 10”, pp. 1-23.
- [17] Tom Lambert, 2004, “HOMER Help Kinetic Battery Model”.



**강 상 군**



2013년 군산대학교 기계공학과 공학사

현재 군산대학교 기계공학과 석사과정  
(E-mail : whatgg@naver.com)

**이 은 규**



1988년 아주대학교 전기공학 공학사  
1990년 아주대학교 제어계측 공학석사  
2005년 충북대학교 전기공학 공학박사

현재 (주)우진산전 부사장 재직 중  
(E-mail : eklee@wjis.co.kr)

**이 장 호**



1988년 서울대학교 농공학사  
1995년 포항공과대학교 대학원 기계공학과  
공학석사  
1999년 LG전자 선임연구원  
2004년 포항공과대학교 대학원 기계공학과  
공학박사

현재 군산대학교 기계자동차공학부 교수  
(E-mail : jangho@kunsan.ac.kr)