

HOMER를 이용한 PV 연계 가정용 ESS의 경제성 분석

엄지영, 김용기*

한국건설기술연구원 국민생활연구본부 녹색건축연구센터

Economical Analysis of the PV-linked Residential ESS using HOMER in Korea

Ji-Young Eum, Yong-Ki Kim*

Green Building Research Center, Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute
of Civil Engineering and Building Technology (KICT)

요약 유럽과 북미에서는 건물 에너지를 효율적으로 관리할 수 있는 가정용 에너지저장시스템(ESS)에 주목하고 있다. ESS는 배터리의 충전 및 방전을 통해 전력량을 저장 및 관리하는 시스템이다. ESS는 주파수 조정용, 신재생에너지 연계용 및 피크 저감을 위한 건물용으로 사용된다. PV 연계형 ESS는 발전 시간대의 부하에 공급하고 남은 PV 발전량을 저장하여 비발전 시간대의 부하에 공급함으로써 신재생 발전출력의 안정화를 기할 수 있다. 국내에서의 ESS 시장은 주파수 조정용, 신재생 발전출력 안정용 및 건물용으로 보급되고 있으나, 가정용 ESS는 시장이 아직까지는 형성되지 않고 있다. 낮은 전기요금, 가정용 누진요금체계 및 ESS의 높은 가격 때문인 것으로 판단된다. 따라서 본 논문에서는 가정용 ESS의 보급방안을 검토하고자, HOMER를 이용하여 가정용 전기요금, 가정용 ESS 가격, PV 모듈 가격을 변수로 국내 공동주택 세대 단위에서 활용할 수 있는 PV연계 가정용 ESS의 경제성을 분석하고자 한다. 분석결과, 현재 가격 조건에서는 PV 연계 ESS를 설치하는 것보다 저렴한 계통전기를 사용하는 것이 경제적이므로 보조금 없이 ESS를 활용하기에는 어렵다. 공동주택용 ESS의 시장은 세대 PV 발전용량이 증가해야 하며, 소용량의 ESS가 개발되어야만, 시장이 열릴 것으로 판단된다.

Abstract Europe and North America are paying attention to residential ESS(Energy Storage System) that can manage energy efficiently. The ESS is a system that stores and manages the electric power by charging and discharging the battery. The ESS is generally used in conjunction with photovoltaic systems. The ESS supplies the load of the power generation time and stores the remaining PV power to supply the load at the non-power generation time. However, due to the high price of residential ESS, low electric rates and increasing block rates, there is no market of residential ESS in Korea. This paper reviews the price condition and the capacity for applying PV and residential ESS to household of apartments using HOMER in Korea.

Keywords : ESS, Residential, PV, Renewable energy, Electric rates, HOMER, Economical analysis

1. 서론

제로에너지빌딩은 온실가스 감축을 위해 건물에서의 에너지소비량을 최소화하는 건물을 말한다. 이 제로에너지빌딩에 대한 관심과 함께 에너지를 효율적으로 관리할

수 있는 시스템인 에너지저장시스템(이하 ESS; Energy Storage System)이 유럽과 북미에서 주목받고 있다. ESS는 크게 발전용, 송·배전용, 수용가용, 신재생발전단지용으로 구분된다[1]. 이 중 수용가용 ESS는 주거용 건물과 상업용/산업용 건물 및 공장 등에서 사용하며, 일반

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20172410104720)

*Corresponding Author : Yong-Ki Kim(KICT)

Tel: +82-31-910-0490 email: kimyk@kict.re.kr

Received November 19, 2018

Revised (1st December 27, 2018 2nd January 28, 2019)

Accepted February 1, 2019

Published February 28, 2019

적으로 태양광(PV; Photovoltaic) 발전시스템과 연계되어 있다. 태양광 발전시스템은 건물의 전력소비량을 절감하기 위해 가장 널리 사용되는 신재생에너지시스템이다. 태양광 발전시스템은 일사량에 의존한다는 단점이 있다. 하지만 ESS와 연결하면 발전 시간대의 부하에 공급하고, 남은 PV 발전량(태양광 발전량)을 충방전을 통해 비발전 시간대인 야간에 사용할 수 있다[2].

ESS는 배터리의 충전 및 방전을 통해 전력량을 저장 및 관리하는 시스템으로써, 배터리 팩과 배터리관리시스템(BMS; Battery Management System), 전력변환시스템(PCS; Power Conversion System) 및 전력관리시스템(PMS; Power Management System)으로 구성된다.

유럽과 북미를 중심으로 가정용 ESS의 시장이 확대되고 있지만 국내에는 아직 시장이 형성되지 않고 있다. 그 이유는 가정용 ESS 자체의 높은 가격과 상대적으로 낮은 전기요금 및 누진요금제 등인 것으로 판단된다. 또한 국내의 경우 주거의 형태로 공동주택을 선호함에 따라 공동주택 배관대에 설치할 수 있는 PV 용량이 최대 600W 이하로 작은 용량이고, 유럽 등에서 판매되고 있는 상용화된 가정용 ESS 용량은 3~10kWh이며, 입력 PV 용량은 1~3kW로 국내에 설치되는 작은 용량의 PV와 상용화된 ESS의 용량이 맞지 않는다. 이러한 복잡한 조건에서 가정용 ESS의 경제성을 분석하기 위하여 HOMER(Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) 소프트웨어를 사용하였다. 이 소프트웨어는 NREL(National Renewable Energy Laboratory)에서 개발되었으며, 다양한 기능을 통해 설치를 고려하는 모든 설비의 조합에 대한 시뮬레이션이 가능하고, 변수에 따른 최적 시스템의 변화를 확인할 수 있다[3-4]. 본 논문에서는 HOMER를 이용하여 국내 공동주택 세대에서 활용할 수 있는 PV와 연계한 가정용 ESS의 가격 조건과 요금체계 및 용량 등에 따른 경제성을 분석하고자 한다.

2. 해석 방법

2.1 해석 모델

해석 모델은 Fig. 1과 같이 전력 계통(Grid)과 PV 모듈(이하 PV), 배터리, PCS 및 부하(Load)로 구성된다. Fig. 1에서 파란색 선은 직류(DC)를 의미하며, 붉은색 선은 교류(AC)를 의미한다. 시뮬레이션상의 가정용 ESS

은 PCS(배터리 인버터와 PV 인버터 포함)와 배터리로 구성된 일체형(all-in-one)제품으로 가정하였다. 부하는 PV로부터 생산된 전기를 우선으로 공급받고, 남은 PV 전기는 배터리에 저장하여 필요한 시간에 공급받을 수 있다. 이처럼 PV와 가정용 ESS는 공동주택 세대에 설치되어 효율적인 전력관리를 가능하게 한다. 해석 기간은 PV 및 ESS의 수명 등을 고려하여 25년으로 설정하였다.

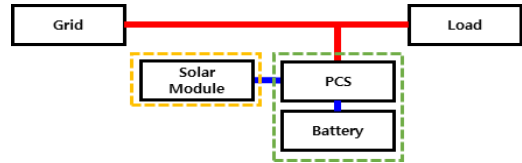


Fig. 1. Schematic diagram of an analysis model

2.2 공동주택 세대 전력부하

해석에 사용된 전력부하는 고양시 덕양구에 위치한 L 아파트 내 28세대의 시간당 평균 전력소비패턴을 활용하였다[5]. 해당 데이터는 원격검침시스템을 통해 수집하였고, Fig. 2와 같이 요일(평일/휴일)과 월별 및 시간대별 전력소비패턴으로 구분하였다. 여름철(특히 7월과 8

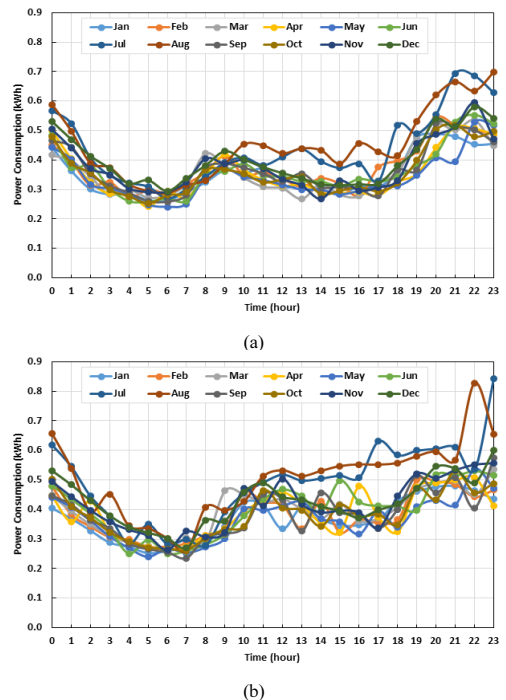


Fig. 2. Hourly power consumption patterns (a) Weekdays (b) Weekends

Table 1. Current price and lifetime conditions

Component	Grid	PV array	Battery	PCS
Price	(High-voltage) 98₩/kWh	1,600,000₩/kW	1,000,000₩/kWh	600,000₩/kW
	(Low-voltage) 121₩/kWh	(Subsidy) 1,000,000₩/kW		
Lifetime	-	25years	15years or 30,000kWh	25years

월)에는 요일에 상관없이 전력소비량이 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 주말과 주중 상관없이 하루 중 저녁시간대(20~24시)에 전기를 가장 많이 소비하고 있고, 새벽시간대(4~7시)에 전기를 가장 낮게 소비하고 있다. 해당 부하의 월 평균 전력소비량은 271.1kWh로 계산되었고, 부하 변동성을 고려하여 피크전력은 1kW로 설정하였다. 기상데이터는 미국 NREL에서 제공하는 전력부하와 동일한 위치의 일사량을 활용하였다.

2.3 전기요금 체계

현행 국내 가정용 전기요금은 3단계의 누진제를 적용하고 있다. 누진제는 사용량이 증가함에 따라 순차적으로 높은 전기요금이 적용되는 것으로, 현재 최저와 최고 단계의 누진율은 3배이다[6]. 또한, 가정용 전기요금은 전기공급 방식에 따라 고압과 저압으로 분류된다. 이 전기공급 방식은 건설사가 아파트 준공단계에서 선택한다. 대부분의 아파트는 고압공급 방식을 사용하고 있다. 가정에 부과되는 전기요금은 기본요금과 전력량요금, 부가 가치세, 전력산업기반기금을 합산한 것이다. HOMER에서는 누진제를 반영하는 기능이 없기 때문에 전기요금은 누진제로 계산된 전력량요금을 단가 개념으로 입력하였다. 세대 전력부하는 월간 271.1kWh의 전력을 소비하기 때문에 월간 전기요금은 고압 27,591원, 저압 33,879원으로 계산된다. 단가 개념을 적용하면 전기요금은 고압의 경우 98원/kWh, 저압의 경우 121원/kWh이다.

2.4 PV 및 ESS 가격

PV 가격은 서울시 2018년 미니 태양광(베란다형, 주택형)과 인터넷 검색을 통한 가격 정보를 참고하였다[7]. 설치비를 포함한 태양광 발전시스템(용량 1 kW)의 가격은 약 200만원/kW으로 조사되었으며, PV 모듈과 인버터를 구분하여 160만원/kW를 PV 모듈의 현재 가격으로 설정하였다. 한편, 일부 지자체에서는 태양광 발전시스템을 설치하는 가정에 보조금을 지원하고 있다. 서울시

는 태양광발전시스템(용량 1kW)을 설치하면 설치유형에 따라 베란다형 100만원과 주택형 60만원을 보조금으로 지원한다. 이처럼 보조금을 지원받는 경우의 PV 모듈가격은 현재 가격보다 약 40% 인하된 100만원/kW으로 산정하였다.

ESS를 구성하는 배터리와 PCS의 가격은 인터넷 검색을 통해 수집한 각 제조업체별 리튬이온 배터리와 배터리 인버터를 포함한 ESS, 그리고 PV 인버터까지 포함한 ESS의 가격을 참고하였다[8]. 배터리와 배터리인버터의 가격은 약 120만 원/kWh이고, PV 인버터까지 포함된 가격은 약 160만원/kWh인 것으로 조사되었다. 따라서 시뮬레이션에서 활용하는 가정용 ESS의 가격은 리튬이온배터리 100만원/kWh와 PCS 60만원/kW으로 산정하여 160만원/kWh로 설정하였다. 배터리와 PCS의 각각의 효율은 90%와 95%로 설정하였다. Table 1은 전기요금과 각 설비의 가격 및 수명을 정리한 것이다. 각 설비의 가격은 설치비를 포함하고 있다. 시뮬레이션을 위해 HOMER에서는 초기 투자비와 교체비를 동일하게 설정하였고, 운영비는 고려하지 않았다.

3. 해석 결과

3.1 현재의 전기요금 및 가격조건의 경우

현재의 경우는 Table 1의 기본 정보를 기반으로 공동주택 세대 내 PV와 연계한 ESS의 경제성을 분석한 것이다. Table 2는 현재 조건에 따라 Case를 4가지로 구분한 것이다. 기본 조건은 전기공급 방식에 의한 가정용 전기요금과 보조금 지원에 의한 PV 가격의 선정을 말한다. Case 1은 가정용 전기요금을 고압으로 선택한 경우이고, Case 2는 전기공급 방식이 고압이고 PV에 대한 보조금을 지원받는 경우이다. Case 3과 Case 4는 Case 1과 Case 2와는 가정용 전기요금이 저압이라는 차이가 있다.

Table 3은 시뮬레이션을 통한 Case별 적합한 시스템

구성의 순위를 경제성 지표인 NPC(Net Present Cost)를 기반으로 정리한 것이다. NPC는 순현재비용 또는 수명주기비용으로써, 프로젝트 기간 동안 시스템의 설치 및 운영을 위해 들어간 비용에서 수익으로 발생한 비용을 뺀 순현재가치이다. 계통전기의 사용이 단독 PV 또는 PV연계 가정용 ESS의 사용보다는 경제성이 있다는 결과를 보였다. 즉, 현재 가격 조건에서는 보조금 없이 PV와 ESS를 활용하기 어렵다는 것이다. 이러한 결과는 저렴한 가정용 전기요금 및 높은 설비가격에 의한 것으로 판단된다.

Table 2. Conditions of case

Case	Conditions
1	High-voltage(Grid)
2	High-voltage(Grid) & Subsidy(PV)
3	Low-voltage(Grid)
4	Low-voltage(Grid) & Subsidy(PV)

Table 3. System rank of case

Rank	Case1	Case2	Case3	Case4
1	Grid	PV	Grid	PV
2	PV	Grid	PV	Grid
3	Battery	PV+Battery	PV+Battery	PV+Battery
4	PV+Battery	Battery	Battery	Battery

3.2 전기요금 및 가격조건이 단순 변동되는 경우

Table 2에서의 Case별 변수에 따른 시뮬레이션을 수행하였다. 본 절에서는 Case 1과 Case 2의 시뮬레이션 결과를 대표적으로 언급하고자 한다. Case 1 이외의 Case들은 Case 1보다 낮은 가정용 전기요금과 PV 가격으로 설정되기 때문에 Case 1의 결과와 일부 결과가 중복된다. 그리고 Case 1은 앞서 언급하였듯이 대부분의 공동주택에서 선택하는 가정용 전기요금(고압)을 사용하고, 베란다 미니 태양광 설치와 관련된 보조금을 받지 않는 조건이다. 시뮬레이션의 목적은 PV와 연계한 ESS의 활용이 최우선이 되는 조건을 찾고, 그 때의 설비 용량을 검토하는 것이다.

먼저, Fig. 3은 Case 1의 기본 조건에서 전기요금과 ESS 및 PV 가격을 단일 변수로 한 시뮬레이션 결과이다. PV연계 가정용 ESS를 활용하기 위해서는 전기요금

은 현행보다 약 5.1배(500원/kWh)로 인상되어야 한다. ESS 가격과 PV 가격은 현재 가격에서 약 99%(16,000원/kWh)와 100원/kWh까지 인하되어도 PV연계 가정용 ESS가 우선적으로 활용되지 못하고 있다. 반면, Case 1보다 PV 가격이 약 37.5%(100만원/kWh) 낮은 Case 2의 경우에는 전기요금이 약 4.6배(450원/kWh)되거나 ESS 가격이 약 95%(8만원/kWh) 인하되어야 한다.

이러한 결과들을 통해 전기요금과 ESS 가격이 PV연계 가정용 ESS의 활용을 위한 중요한 변수라는 것을 확인하였다. 특히, ESS는 PV의 발전량을 충전하여 방전하기 때문에 PV와의 관계가 매우 중요하다. Case 1에서는 ESS 가격이 낮지만 PV 가격이 높기 때문에 ESS가 활용되지 못한 것으로 판단된다. 해당 조건에서는 PV 가격이 140만원/kWh로 인하되었을 때 활용 가능성을 보였다. 그리고 모든 Case에서 공통적으로 PV 가격은 현재 ESS 가격이 너무 높기 때문에 단독으로 인하되어서는 ESS의 활용에 직접적인 영향을 주지 못한다.

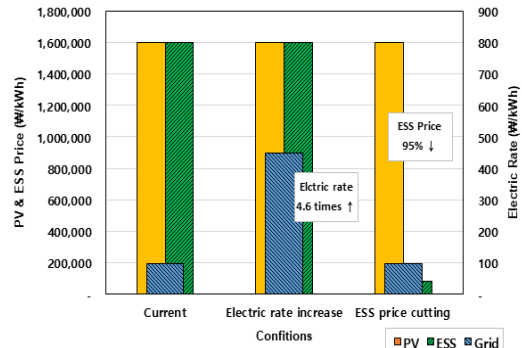


Fig. 3. Application result of single-parameters based on Case 2

3.3 전기요금 및 가격조건이 복합 변동되는 경우

본 절에서는 ESS의 가격 변화를 기준으로 가정용 ESS가 활용되는 전기요금과 PV 가격의 조건을 고찰하고자 한다. Table 4는 Case 1을 대상으로 전기요금 및 설비 가격조건이 복합적으로 변동되는 경우에 대한 시뮬레이션 결과를 정리한 것이다. 이 표에서는 가격 변화(%), 배), NPC, COE(Cost of Energy), 각 설비의 용량, 연간 PV 발전량, 연간 배터리 충·방전량에 대한 해석결과를 제공하고 있다. COE는 시스템에 의해 생산된 에너지의 kWh당 비용으로 NPC와 함께 경제성 분석을 위해

Table 4. Application result of multi-parameters based on Case 1

Price			NPC (₩)	COE (₩)	Capacity			PV power (kWh/yr)	Battery power (kWh/yr)
Down		Up			PV (kW)	Battery (kWh)	PCS (kW)		
ESS (%)	PV (%)	Grid (times)							
50	0	3.1	11.16M	246.02	1.2	1	0.498	1,602	225
	35	2.6	9,06M	198.37	1.36	1	0.493	1,814	240
	85	2.0	6,31M	132.14	2.94	1	0.500	3,932	298
60	0	2.6	9.57M	213.23	1.08	1	0.476	1,440	208
	50	2	7.21M	157.45	1.4	1	0.492	1,869	243
70	0	2.6	9.34M	208.25	1.75	4	0.492	2,333	833
	10	2	7.80M	174.28	1.01	1	0.477	1,349	196
	65	1.5	5,34M	116.60	1.47	1	0.489	1,961	248
80	0	2	7.76M	174.35	1.38	3	0.495	1,841	566
	25	1.5	5.92M	133.01	0.965	1	0.465	1,289	187
	80	0	3.43M	74.5	1.58	1	0.489	2,115	255
90	0	1.5	6.12M	138.49	1.05	2	0.475	1,403	321
	40	0	3.98M	89.92	0.875	1	0.462	1,169	163
95	20	0	4.16M	94.62	0.754	1	0.451	1,007	118

활용되는 지표이다.

공동주택 세대에서 PV연계 가정용 ESS의 활용이 시작되는 조건은 ESS 가격 인하에 따라 ESS 가격이 60%(64만원/kWh) 인하되고, 전기요금이 2배(200원/kWh) 인상되며, PV 가격이 50%(80만원/kW) 인하되는 경우이다. 그리고 ESS 가격이 70%(48만원/kWh) 인하되고 전기요금이 2배(200원/kWh) 인상되며, PV 가격이 10%(144만원/kW) 인하되는 경우이다. 또한 ESS 가격이 80%(32만원/kWh) 인하될 때는 전기요금이 1.5배(150원/kWh) 인상되고, PV 가격이 25%(120만원/kW) 인하된 경우에서 PV와 ESS가 활용되었다. 각 조건에 따라 PV 용량은 0.75~3kW로 산정되었고, 배터리 용량은 1kWh이다.

Fig. 4는 Table 4의 가격 조건을 전기요금과 ESS 가격의 그래프로 표현한 것이다. 그래프 인덱스에서 파란색 마름모 모양은 현재의 전기요금 및 가격조건이고, 빨간색 원형 모양은 ESS 가격과 전기요금, PV가격을 변동한 조건이며, 노란색 정사각형 모양은 현재 PV 가격에서 ESS 가격과 전기요금에만 변화가 있는 조건이다. 이 그래프를 통해 앞서 단일 변수에서 언급한 것과 같이 전기요금과 ESS 가격, PV 가격의 변화가 가정용 ESS의 활용에 미치는 영향을 확인할 수 있다. 가정용 ESS의 활용은 큰 폭의 전기요금 인상과 ESS 가격의 인하가 요구되고, PV 가격은 단독으로 큰 영향을 주지 못한다.

한편, 시뮬레이션 상세 결과를 PV 발전과 ESS의 충방전 상태를 연간 월별 및 일간 시간대별 전력량을 통해 확인하고자 한다. Fig. 5는 Case 1에서 ESS 가격이 60% 인하하고, 전기요금이 2배 인상되며, PV 가격이 50% 인하된 경우이다. 해당 조건은 ESS와 PV의 가격 인하율이 PV 보조금의 지원율과 유사하여 상세 결과의 대표로 선정하였다. Fig. 5의 (a)는 세대에 공급되는 월간 전력량을 백분율로 표현한 것이고, Fig. 5의 (b)는 전력소비량과 PV 발전량, ESS 충·방전량, 충전되지 못한 PV 잔여 발전량의 일간 시간대별 평균이다. 월간 전력량에서 PV 발전량은 일사량의 영향으로 여름-겨울철보다 봄-가을철이 많다. 일간 평균 전력소비량은 9.3kWh이며, PV연계 ESS를 활용함으로써 약 56%(약 4.1kWh, PV 발전량 3.5kWh와 ESS 충·방전량 0.6kWh)를 절감할 수 있다. 본 조건의 일간 평균 시간대별 전력량에서는 PV 용량이 피크부하와 PCS 및 배터리 용량보다 크게 설정되어 ESS에 충전되지 못한 PV 발전량이 존재한다.

한편, 국내의 경우 PV와 ESS 가격은 지속적으로 인하하는 추세를 보이고 있지만 전기요금체계의 개편 및 전기요금 인상은 쉽지 않다. Table 5는 전기요금을 현재와 동일하게 고정시킨 상태에서 ESS 및 PV의 가격변동에 따른 결과를 정리한 것이다. PV 및 ESS 가격의 변화가 있을 경우, 전체 시스템 평균 가격은 약 100만원/kWh으로 계산된다.

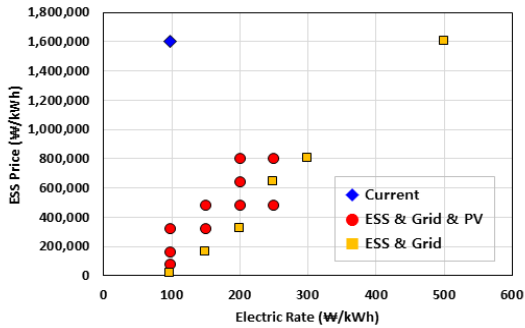


Fig. 4. Price condition of Table 4

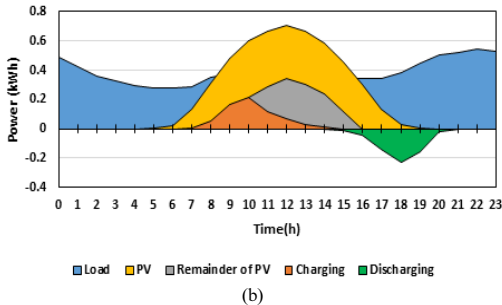
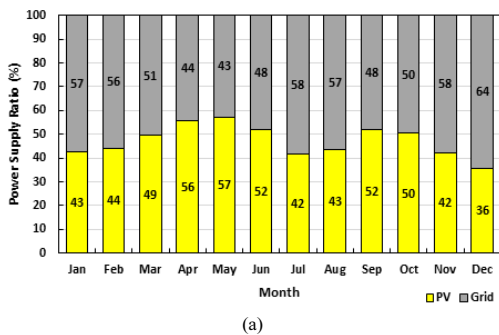


Fig. 5. Detailed results of conditions(ESS 60%, PV 50%, Grid 2times) based on Case 1

- (a) Monthly power supply ratio
- (b) Hourly power patterns

Table 5. Results of ESS and PV prices by fixing electric rates for use of residential ESS

Electric rates	Price	
	ESS (₩/kWh)	PV (₩/kW)
High-voltage (98₩/kWh)	320,000	350,000
	240,000	650,000
	160,000	960,000
	80,000	1,000,000
	80,000	1,280,000
Low-voltage (121₩/kWh)	480,000	150,000
	320,000	750,000
	240,000	1,000,000
	160,000	1,360,000
	80,000	1,600,000

4. 결론

본 논문에서는 공동주택 세대 전력부하를 대상으로 가정용 전기요금과 PV 및 가정용 ESS 가격을 변수로 한 시뮬레이션을 수행하였고, PV와 연계한 가정용 ESS의 활용가능성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

현재의 낮은 전기요금, 누진요금체계 및 높은 ESS 가격 조건에서는 PV연계 가정용 ESS의 경제성은 낮은 것으로 분석되었다. 그러나 기후변화 대응 및 제로에너지 주택을 달성하기 위해서는 공동주택 세대에 적합한 PV 연계 ESS를 보급할 필요가 있다. 이러한 정책적 목표를 달성하기 위해서는 무엇보다 소용량의 가정용 ESS개발과 더불어 ESS의 가격인하가 중요하고, 가정용 시간대별 요금체계 도입 및 가정용 ESS에 대한 보조금 지원정책이 필요한 것으로 판단된다.

References

- [1] Korea Economic Research Institute, "Use cases and System Improvement of Energy Storage System (ESS) in Energy Prosumer Market", KERI Brief, Vol.17-12, 2017.
- [2] F. M. Vieira, P. S. Moura, A. T. Almeida, "Energy Storage System for Self-consumption of Photovoltaic Energy in Residential Zero Energy Buildings", Renewable Energy, Vol.103, pp. 308-320, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.048>
- [3] B. D. Lee, D. H. Park, H. G. Chung, "Optimistic Analysis of Renewable Energy System in Office Building with HOMER", Proc. of the SAREK 2013 summer annual conference, pp. 776-771, 2013.
- [4] S. J. Park, Y. Li, Y. S. Choi, K. S. Lee, "Optimization of Residential Photovoltaic-Fuel Cell Hybrid System using HOMER", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol.59P, No.1, pp. 129-133, 2010.
- [5] J. Y. Eum, Y. K. Kim, "Applicability Analysis of Residential Energy Storage System (ESS) using HOMER in Korea", Proc. of Grand Renewable Energy 2018 International Conference, pp. 177, 2018.
- [6] Korea Electric Power Corporation(KEPCO), Electric Rates Table [Internet]. Korea: Korea Electric Power Corporation(KEPCO), c2018[cited 2018 April 26], Available From: <http://cyber.kepco.co.kr/ckepco/front/jsp/CY/H/C/CYHCHP00206.jsp>, (accessed Apr., 26, 2018)
- [7] Seoul Metropolitan Government, Mini photovoltaic power plant application/supplier [Internet]. Korea: Seoul Metropolitan Government, c2018[cited 2018 Oct 22], Available From: <http://solarmap.seoul.go.kr/mini/>

[%20minisolarRequest9.do](#), (accessed Oct., 22, 2018)

- [8] SOLARQUOTES, Solar Battery Storage Comparison Table [Internet]. Australia: SOLARQUOTES, c2018[cited 2018 Oct 22], Available From: <https://www.solarquotes.com.au/battery-storage/comparison-table/>, (accessed Oct., 22, 2018)

엄 지 영(Ji-Young Eum)

[정회원]



- 2015년 8월 : 상명대학교 일반대학원 에너지그리드학과 (공학석사)
- 2015년 8월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

<관심분야>

신재생에너지, 도시/건물 전력수급예측

김 용 기(Yong-Ki Kim)

[정회원]



- 2000년 2월 : 전북대학교 일반대학원 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 고려대학교 일반대학원 기계공학과 (공학박사 수료)
- 2001년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 수석연구원

<관심분야>

건물에너지 관리, 신재생에너지, 도시에너지시스템 최적화