

Optimal Design of Urban MICROGRID using Economical Analysis Program

경제성분석 프로그램을 이용한 도심형 마이크로그리드 최적 설계

Seung-Duck Yu, SungWoo Yim, Youseok Lim, SungWook Hwang, JuHak Lee
유승덕, 임성우, 임유석, 황성욱, 이학주

Abstract

This paper actually investigates the load on major large-scale buildings in the downtown area, examines the economic feasibility of installing PV and ESS in a microgrid target building, and evaluates whether an electric vehicle capable of V2G through two buildings is effective as an economical analysis program (HOMER) was analyzed using. It is economical to install a mixture of ESS rather than using the whole PV, and it is shown that if there is an electric vehicle using the V2G function of EV, there is an economic effect to replace the PV. So that Incentives and policies are needed to replace a large area of PV and utilize the existing parking lot to lead EV as a resource of the microgrid.

Currently, P2X technology that stores power as ESS or converts it to other energy to control when surplus renewable energy occurs in large-capacity solar power plants and wind farms, etc. This is being applied, and efforts are being made to maintain the stability of the system through the management of surplus power, such as replacing thermal energy through a heat pump.

Due to the increase in electric vehicles, which were recognized only as a means of transportation, technologies for using electric vehicles are developing. Accordingly, existing gas stations do not only supply traditional chemical fuels, but electricity, and super stations that also produce electricity have appeared. Super Station is a new concept power plant that can produce and store electricity using solar power, ESS, V2G, and P2G. To take advantage of this, research on an urban microgrid that forms an independent system by tying a large building and several buildings together and supplies power through a super station around the microgrid is in full swing.

Keywords: HOMER, PV, ESS, EV, MICROGRID.

I. INTRODUCTION

기존의 마이크로그리드는 도서지역이나 섬등을 중심으로 독립된 구역의 전원을 분석하고 이에 대해서 에너지 사용이 최적화가 될수 있도록 운영하는 것이 목표였다. 그래서 마이크로그리드를 구성하는 지역에서의 태양광, 풍력, 여러 소규모 발전원을 이용하여 신재생 발전데이터를 분석하고 부하량에 따라 신재생발전원을 추가로 설치하거나 마이크로그리드 구성지역의 전원이 부족하면 계통으로 일부 전원을 공급받아 운영하는 방식을 취하였다.

현재는 대용량 태양광 및 풍력단지등에서 잉여 재생에너지가 발생할 경우 이를 제어하기 위해 ESS로 전력을 저장하거나, 다른 에너지로 변환하여 저장하는 P2X 기술이 각광받고 있으며, EV를 이용하여 충방전을 반복하는 시스템이 적용되고 있고, 히트펌프등을 통해 열에너지로 대체하는등 잉여전력의 관리를 통해 계통의 안정성을 유지하기 위해 힘쓰고 있다[1],[2].

이동수단으로만 인식하던 전기차 증가로 인하여 전기를 활용하기 위한 기술들이 발전하고 있으며 기존의 주유소가 전통적 화석연료만을 공급하지 않고 전기를 공급하면서 생산도 겸한 슈퍼스테이션이 등장하게 되었다. 슈퍼스테이션은 태양광 및 ESS, V2G, P2G를 활용한 전기의 생산 및 저장이 가능한 신개념의 발전소이다. 이

를 활용하기 위해 큰 건물과 여러 건물을 묶어 독립적인 계통을 구성하고 마이크로그리드 주변에 슈퍼스테이션을 통해 전원을 공급하는 도심형 마이크로그리드에 대한 연구가 한창 진행중이다.

본 논문은 도심지역의 주요 대규모빌딩에 대한 실사용부하를 조사하고, 마이크로그리드 대상 건물 PV,ESS 설치에 대한 경제성을 알아보고, 두 개의 건물을 통해 V2G가 가능한 전기차가 마이크로그리드 구성에 효과적인지에 대하여 경제성 분석 프로그램을 이용하여 분석하였다.

II. 부하 패턴조사

경제성의 분석 및 마이크로그리드 구성을 위하여 전라남도지역에 위치한 A, B건물에 대해 2021년도 1년간의 부하사용량을 조사하여 부하패턴을 분석하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 A, B건물의 1년간 24시간 평균부하사용량을 나타낸다. A건물은 전체평균부하량이 24,138[kWh/day]이고 B건물은 14,448[kWh/day]로 전형적인 상업지역 사무실 부하패턴을 가지고 있다. 근무시간과 퇴근시간에 대한 부하패턴이 뚜렷하게 나타나고 근무시간에 사용량이 높아지는 경향을 나타낸다. Fig. 3과 Fig. 4에서는 하계 및 동계시에 부하패턴이 늘어나고 있고 두

Article Information

Manuscript Received August 16, 2022, Accepted September 16, 2022, Published online December 30, 2022

The authors are with KEPCO Research Institute, Korea Electric Power Corporation, 105 Munji-ro Yuseong-gu, Daejeon 34056, Republic of Korea.

Correspondence Author: Jintae Cho (jintae.cho@kepco.co.kr)



This paper is an open access article licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Public License.

To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

This paper, color print of one or more figures in this paper, and/or supplementary information are available at <http://journal.kepco.co.kr>.

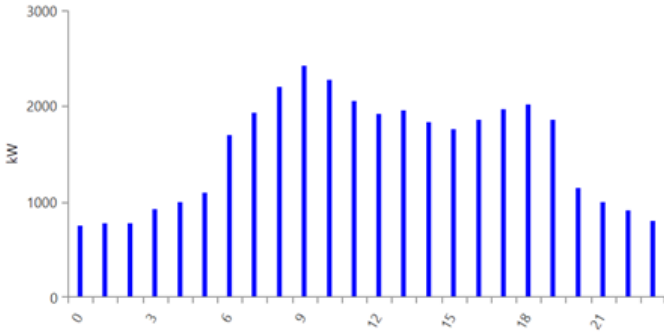


Fig 1. A Building's average daily load

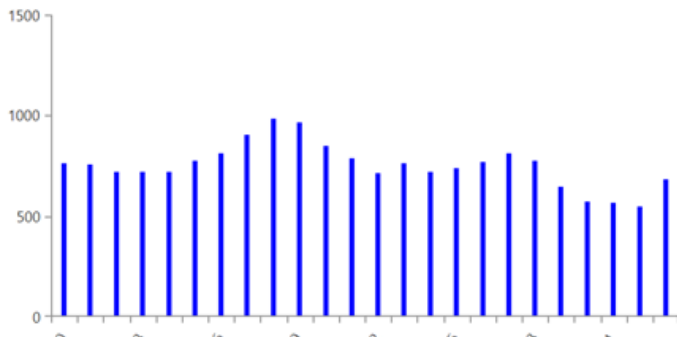


Fig 2. B Building's average daily load

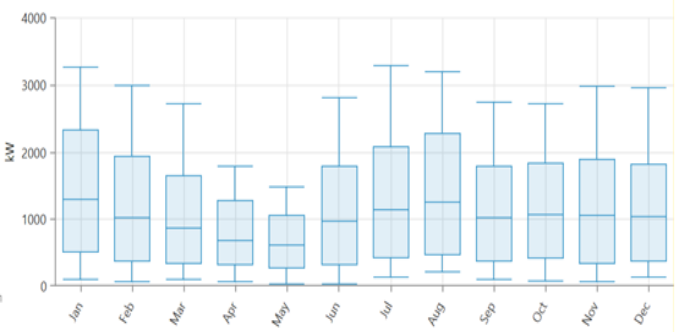


Fig 3. A Building's monthly load pattern

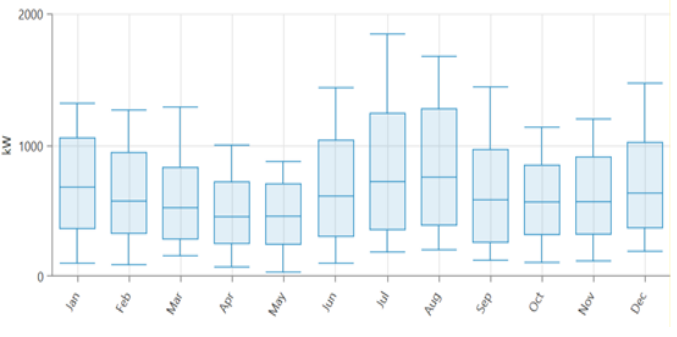


Fig 4. B Building's monthly load pattern

건물 모두 하계 냉방, 겨울철 난방을 사용하는 부하로 예측이 된다. 이 패턴과 부하량을 이용하여 이 건물에 대해서 주변을 마이크로그리드로 구성하였을 때 PV 및 ESS 그리고 V2G가 효과적이고 최소 비용으로 설치가 가능한 경제성이 있는지 대해서 분석하였다.

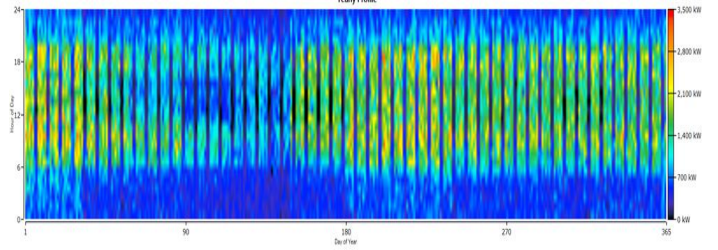


Fig 5. A Building's annual load distribution

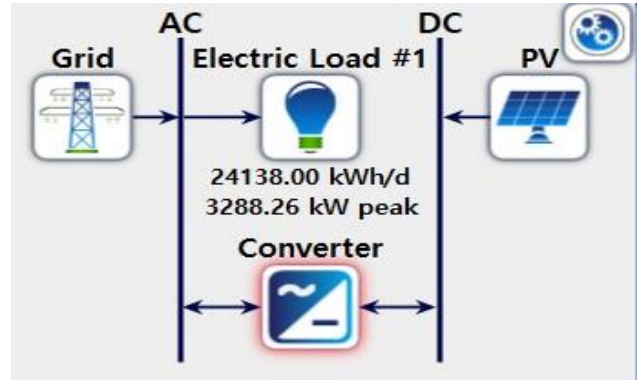


Fig 6. A Building's PV analysis model

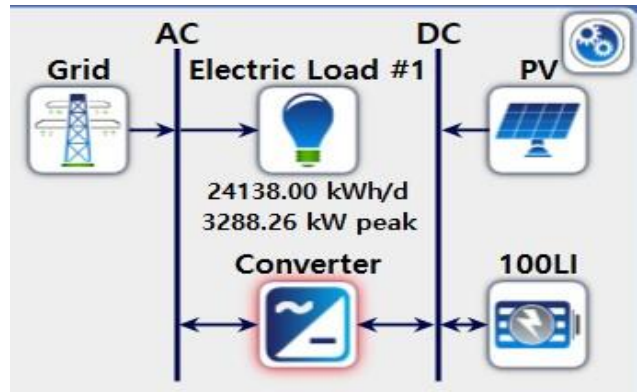


Fig 7. A Building's PV and ESS analysis model

III. 경제성 분석

효율적인 마이크로그리드 구축을 위한 경제성 분석 시뮬레이션을 위하여 A건물과 B건물에 대한 2021년 부하량데이터와 나사에서 제공하는 일사량 데이터를 기초로 진행하였다. 현재 A건물과 B 건물의 위치는 전라남도 나주시 인근에 위치하고 있고 평탄한 지역으로 사무실 위주의 배치와 주의 인근에 산업단지 및 태양광 단지 등이 구축되어 있다. 현재 A건물과 B건물은 도심지역의 중심에 위치하여 있으며 주위의 유휴지에 PV 및 ESS를 설치한다는 것을 가정하였다. 그리고 1년 365일 1시간의 데이터를 시뮬레이션 프로그램에 입력을 하고, Fig. 5에서처럼 부하량의 분포를 확인하여 주중 및 주말 부하량데이터의 적합성을 확인하였다. 그리고 신재생자립을 또는 신재생에너지 발전량 (신재생비율/부하량)는 30[%]를 기초로 하여 분석하였다.

Fig. 6은 A건물의 PV만으로 구축할때 그리고 Fig. 7은 PV와 ESS

TABLE 1
Result of PV, ESS analysis model

항목	PV 분석모델결과		PV, ESS 분석모델결과		감소율(%)	
	A 건물	B 건물	A 건물	B 건물	A 건물	B 건물
PV[kW]	6,629	3,995	2,302	1,261	65	68
Converter[kW]	3,077	1,868	2,800	1,339	9	28
ESS[set/100kWh]			33	23		
NPC[억원]	293	171	187	105	36	38
COE[원]	190.7	186.4	121	113.8	36	38
초기투자비[억원]	129	76.8	59.7	33.6	53	56

TABLE 2
Result and Comparison of PV, ESS, EV analysis model

항목	PV 분석모델결과		PV, ESS 분석모델결과	
	A 건물	B 건물	A 건물	B 건물
PV[kW]	1,691	464	26	63
Converter[kW]	2,235	1,033	20	22.8
ESS[set/100kWh]	30	14	9	39
EV[kW]	2,000	2,000		
NPC[억원]	171	76.2	8.5	27
COE[원]	111	82	8.2	27
초기투자비[억원]	46.1	15.6	22	53

만으로 분석모델을 만들어 분석하였으며 B건물도 동일하게 진행하였다. PV는 일반 평면 태양광판을 선정하고 [kW]당 투자비용을 180만원으로 산정하였다. ESS는 100[kWh] 리튬이온을 선정하여 100[kWh/set] 당 3,000만원의 투자비용을 산정하였다. 모든 시물레이션에서 초기투자비용관점에서 PV 및 ESS는 교체비용과 운영비용은 입력하지 않았다. PV 및 ESS, EV 분석모델은 EV 1대가 20[kW]를 공급/방전하는 것을 가정하여 100대가 A건물, B건물에 각각 있는 것으로 산정하였다. 그리고 Grid에 대한 정보로 현재 한전의 전기요금 체계의 데이터를 기초로 입력하여 경제성분석의 효과를 높여 시물레이션을 진행하였으며, PV 및 ESS, EV분석의 경우 분석프로그램에서 EV에 대한 충방전 스케줄 및 투자비용등을 계산할수 없어 초기투자비용을 산정하지 않았다.

VI. 분석 결과

Table 1은 나주지역의 A와 B건물에 대한 PV 및 ESS를 혼합한 분석모델에 대한 결과가 나타나고 있다. PV만으로 신재생에너지 발전량을 산정할 경우 초기투자비용이 A건물은 129[억원] B건물은 76.8[억원]이 산정되었다. 그리고 NPC (Net Present Cost : 순현재비용)는 각각 293[억원], 171[억원]이 되었다. 이에 따른 COE (Cost of Energy : 발전단가비용)은 kWh당 190.7[원], 186.4[원]으로 나타났다. 이에 PV만으로 구성하기보다는 효과적으로 ESS를 혼합한 모델을 선정하여 분석을 한 결과 PV모델보다 PV용량 A건물은 65%가 감소하여 초기투자비용을 53%가 감소하였다. 이에 따른 초기투자비용도 A, B 건물 모두 50%대의 감소율을 보였다.

Table 2에서는 V2G가 가능한 EV가 100대가 가용되어 자원으로 사용할 경우를 시물레이션 하였으며 Table 1에서의 PV와 ESS와

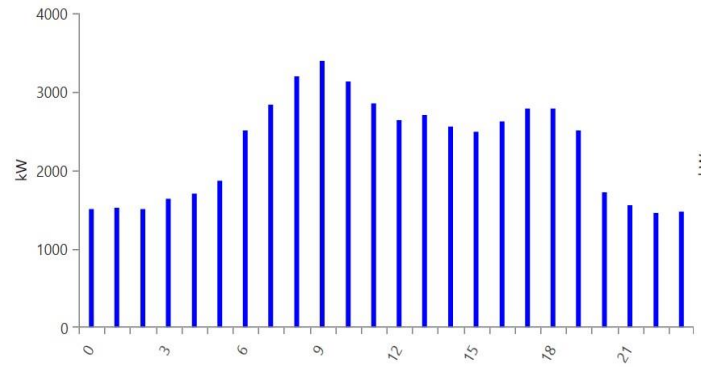


Fig 8. A, B Building's average daily load

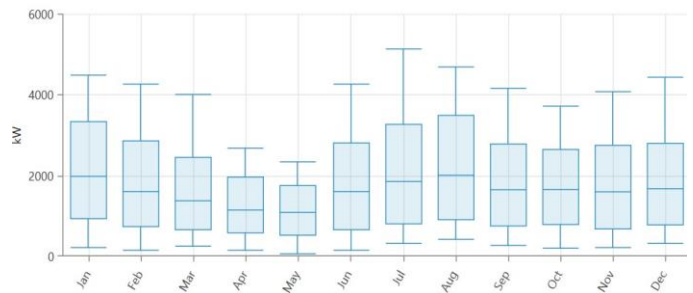


Fig 9. A, B Building's monthly load pattern

TABLE 3
Result of A, B Building's PV,ESS,EV analysis model

항목	PV	PV, ESS	PV, ESS, EV	A, B 건물 개별합계	감소율(%)
PV[kW]	10,458	3,597	1,925	2,155	10
Converter[kW]	5,285	3,804	3,351	3,268	
ESS[set/100kWh]		53	40	44	
EV[kW]			4,000	4,000	
NPC[억원]	462	290	251	247	-1
COE[원]	188	118	102		
초기투자비[억원]	204	92.1	56.7	62	8

의 결과치에 대한 감소율을 나타내었다. 부하량이 상대적으로 많은 A건물보다 부하량이 적은 B건물이 EV의 시물레이션 결과 NPC, 초기투자비용의 감소율이 크고 특히 경제적 PV 설치예상량이 적은 것으로 보아 EV 활용을 많이 할수록 경제성이 높아지는 것으로 나타났다.

경제적 효과를 올리기 위하여 현재 다른 DL에 설치되어 있는 A와 B건물을 물리적으로 연결하고 그 사이에 PV, ESS, EV를 설치하였을 때 효과를 비교하기 위하여 Table 3과 같이 시물레이션을 해 보았다. Fig. 8과 Fig. 9는 A, B 건물의 합성 누적 일평균 부하량과 월별 부하패턴을 나타낸다. 지배적으로 부하량이 높은 A건물과 흡사한 부하량의 패턴을 보여주고 있다. 이에 대한 PV, ESS, 그리고 EV를 설치하는 경제성분석에 대해 시물레이션 결과가 Table 3에서처럼 보여지고 있다. 이를 A, B건물에 대한 각각의 양을 합한것에 대해서 감소율을 비교해본 결과 PV양은 10%정도 감소하였고 이에 따른 투자비가 8%정도 감소하는 것으로 나타났으며 NPC에 미치는 효과는 크지 않은 것으로 나타났다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 경제성 분석프로그램을 적용하여 A, B건물에 대한 부하량을 조사하고 PV, ESS, EV를 설치하였을 때, 이에 따른 NPC, COE, 초기투자비용등을 산정하여 비교하였다. 이에 부하에 따른 신재생발전량이 30[%]로 설정하였을 때 가장 경제적인 결과는 A, B건물을 물리적으로 연결하여 하나의 부하로 계산하고 PV, ESS, EV로 공급받는 것으로 나타났으며, PV가 1,925[kW]가 설치되었을 때 가장 경제성이 높은 것으로 분석되었고 PV [kW]당 10[m²]의 면적을 차지한다고 가정하였을 때 19,250[m²]의 면적이 필요한 것으로 나타났다.

특히 EV의 경우 초기투자비용이 들지 않고 차량 소유주들이 차량을 가지고 이동하는 발전소로 시물레이션이 되었으며, B건물의 경우는 EV의 수량에 따라 PV의 설치량도 충분히 줄일수 있어서 PV의 설치 없이도 부하에 따른 신재생 발전량을 충족할수 있을것으로 보이며, PV의 넓은 설치면적을 가질수 없는 건물의 경우 PV 설치보다는 기존 주차장을 활용한 EV 발전량을 기대하는 것이 경제적이라 할수 있겠다.

현재 늘어나는 EV의 등록추세로 보았을 때 2022년말에는 전기차 누적등록대수가 35만대를 넘어설것으로 예상된다. 이 전기차를 자원으로 활용하기 위한 빠른 정책 및 요금에 대한 인센티브 그리고 V2G로 활용하기 위한 인프라 및 신뢰성향상을 위한 연구가 필요할 것이다[3].

References

- [1] S.W. Yim, S.D. Yu, S.W. Hwang, J.B. Sim, C. Sohn, H.J. Lee. "Design of small scale P2X system and the effects analysis", KIEE Summer Conference, 2022, pp 745-746.
- [2] H.J. Lee, Y.G. Son, B.C. Oh, S.Y. Kim. "A Study on the Reliability Improvement of Distribution System Using P2G Technology", The Transactions P of the Korean Institute of Electrical Engineers KIEEP Vol 69P, No.2, pp.143-148.
- [3] B.C. Oh, S.Y. Kim. "A Study on the Improvement of Distribution System Reliability using V2G Technology", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers KIEE Vol 69, No.5, pp.644-649.