

산업용 수용가에서 에너지절감을 위한 ESS 운영 방안에 관한 연구

Study on ESS Operation Plan for Energy Reduction in Industrial Customer

유 순 정* · 이 안 기* · 백 정 선* · 차 대 중** · 김 재 철*
(Soon-Jeong Yu · An-gi Lee · Jeong-Seon Baek · Dae-Joong Cha · Jae-Chul Kim)

Abstract - In this paper, Optimal operation plan through load analysis of industrial end-user is suggested. It calculated economic feasibility of ESS with detailed power load analysis and conditions. Generally, if the latest maximum power is less than 30% of contracted power, it can not be peak shaving operation plan, and if the peak load level stays steady for 24 hours, it is difficult peak shaving for ESS. In addition to, When the peak load is occurred in summer or winter, a hybrid operation method combining the peak shaving plan and the time shift method is proposed. Therefore, When ESS is installed in industrial electrical customer, it is achieved best effect through the optimal operation plan.

Key Words : ESS, Optimal operation, Peak shaving, Time shift, Electric charges, Discount system

1. 서 론

최근 미세먼지와 같은 환경적인 이슈와 정부에서의 신재생에너지 관련 장려 정책으로 인해 에너지저장시스템(이하 ESS)의 설치 사례가 최근 3~4년 전에 비해 많이 늘어나고 있는 시점이다. 하지만 설치 사례들을 살펴보면 대부분 주파수조정용 ESS 혹은 신재생연계 ESS가 대부분이고, 최근에는 산업용 수용가에도 많이 설치되고 있는 실정이다. 자세한 국내 ESS 설치 사례는 아래 표 1과 같다[1].

전력계통 측면에서는 예비력 조정을 통한 주파수 안정도를 위하여 ESS를 설치한다. 그러나 일반적으로 수용가에서는 경제적인 목적으로 사용되고 있다. 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 첫째는 전력피크 감소를 통한 기본요금 절감이며, 둘째는 전력요금이 저렴한 시간에 ESS를 충전하고 비싼 시간에 방전하여 전력량요금에 대한 이득을 취하는 것이다. 이를 위해서 수용가에서는 ESS를 설치하기 위해서는 경제성 평가가 우선시되어야 한다. 경제성 평가를 통하여 어느 정도 용량의 ESS를 설치하는 것이 경제적인 효과를 극대화할 수 있는지가 주요 관심사이다.

최근 최적의 ESS 용량을 선정하기 위한 기초적인 연구가 활발히 이루어지고 있다. 참고문헌[2,3]에서는 전기철도 설비의 최적의 ESS 용량선정과 경제성을 분석하였으며, 참고문헌[4]에서는 ESS충방전계획의 수립모형을 제시하고, 전기사용요금의 최대 절감률로 용량을 선정하는 방법을 제시하였으며, 참고문헌 [5]에서

표 1 국내 ESS 설치 사례

Table 1 Domestic ESS installation references

용도	15년		16년	
	설치 용량 (MWh)	비율 (%)	설치 용량 (MWh)	비율 (%)
주파수조정	19.0	12.7	46.0	22.2
신재생연계	96.0	64.0	100.0	48.3
피크절감	35.0	23.3	17.4	8.4
비상전원	-	-	43.8	21.1
합계	150.0	100.0	207.2	100.0

는 투자비용과 전기요금을 반영하여 ESS의 최적 용량을 산정하는 방법을 제시하였으며, 특히 참고문헌[6]에서는 산업용 수용가에서 설치비용과 운용비용을 바탕으로 전력요금의 절감량과 대비하여 최적의 용량 선정방법을 제시하였다.

또한 수용가에서 설치할 ESS의 적정용량을 결정하는 것은 매우 어려운 문제이다. 우선, 최적용량을 결정하기 위해서는 ESS의 운전방식인 PMS(Power Management System)의 운영방안이 결정되어야 한다. ESS를 어떻게 운전하느냐에 따라 경제적인 효과가 매우 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 다음으로 ESS의 운전방식이 결정되어도 실제로 설치된 ESS의 운전이 제안한 방식대로 되지 않을 경우가 대부분일 것이다. 수용가의 부하예측의 오차가 큰 경우가 많으며, 연중 예기치 못한 상황이 항상 발생할 가능성이 존재하기 때문이다. 따라서 최적의 ESS의 최적 용량을 결정하였다더라도, 실제로 설치한 수용가에서는 경제적인 효과가 당초 계획했던 것만큼 미치지 못할 가능성이 매우 크다.

본 논문에서는 산업용 수용가에 ESS를 설치할 때, 기존 운영

* Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Soongsil University, Korea
E-mail : jckim@ssu.ac.kr

* Dept. of Electrical Engineering, Soongsil Univ., Korea

** HanYang Corp. Korea

Received : November 16, 2017; Accepted : August 21, 2018

방식과 같이 Peak shaving 타입 및 Time shift 타입으로 운영하는 것이[7] 아니라, 수용가의 부하 패턴을 고려하여 Peak shaving 타입과 Time shift 타입의 장점을 반영한 Hybrid 타입으로 운영하여 피크가 특정 계절에만 발생될 경우, 해당 계절에는 Peak shaving 타입으로 운영하고 나머지 계절에는 Time shift 타입으로 운영함으로써 수익성을 향상시키고자 한다. 이를 위해서 산업용 수용가 2개 사이트의 최근 1년 한전 i-Smart 데이터를 이용하여 Hybrid 타입 운영방안을 시뮬레이션을 진행함으로써 최적의 운영방안을 도출하고자 한다.

2. 본 론

2.1 한전 전기요금 체계

국내 산업용 수용가는 부하 특성에 맞게 적절한 요금제를 선택할 수 있도록 되어 있다. 특히 산업용은 주택용 수용가에서 누진제를 사용하지 않고, 계시별 요금제를 사용하고 있다. 아래 표 2는 계약종별 산업용 전기요금을 나타낸다[6].

표 2 산업용 전기요금

Table 2 Industrial electric charges

계약종별	기본요금 (원/kW)	전력량요금(원/kWh)				
		시간대	여름	봄가을	겨울	
고압 A	선택 I	7,220	경부하	61.6	61.6	68.6
		중간부하	114.5	84.1	114.7	
		최대부하	196.6	114.8	172.2	
	선택 II	8,320	경부하	56.1	56.1	63.1
		중간부하	109.0	78.6	109.2	
		최대부하	191.1	109.3	166.7	
	선택 III	9,810	경부하	55.2	55.2	62.5
		중간부하	108.4	77.3	108.6	
		최대부하	178.7	101.0	155.5	
고압 B	선택 I	6,630	경부하	60.0	60.0	67.0
		중간부하	112.3	82.3	112.3	
		최대부하	193.5	112.6	168.5	
	선택 II	7,380	경부하	56.2	56.2	63.2
		중간부하	108.5	78.5	108.5	
		최대부하	189.7	108.8	164.7	
	선택 III	8,190	경부하	54.5	54.5	61.6
		중간부하	106.8	76.9	106.8	
		최대부하	188.1	107.2	163.0	
고압 C	선택 I	6,590	경부하	59.5	59.5	66.4
		중간부하	112.4	82.4	112.0	
		최대부하	193.3	112.8	168.6	
	선택 II	7,520	경부하	54.8	54.8	61.7
		중간부하	107.7	77.7	107.3	
		최대부하	188.6	108.1	163.9	
	선택 III	8,090	경부하	53.7	53.7	60.6
		중간부하	106.6	76.6	106.2	
		최대부하	187.5	107.0	162.8	

여름은 6월~8월, 봄가을은 3월~5월, 9월~10월, 겨울은 11월~2월이 해당된다. 그리고 고압A, 고압B, 고압C로 구분하는 것은 수용가에 인입되는 수전 전압으로 분류하였다. 고압A의 수전전압은 22.9kV, 고압B의 수전전압은 154kV, 고압C의 수전전압은 345kV 이상으로 해당된다. 선택 I, 선택 II, 선택 III은 수용가에서 전기사용계약을 할 때 임의로 선택을 할 수 있는데, 통상적으로 한 달 동안 수용가에서 전기사용시간이 높을수록 선택 III을 이용하고, 낮을수록 선택 I을 이용한다. 따라서 야간 작업 및 주말 작업을 하는 수용가는 선택 III을 이용하는 것이 전력량 요금 단가가 상대적으로 낮기 때문에 전기요금을 절약할 수 있다.

또한 하루 24시간 중 시간대별 전력량요금이 구분되는데, 상세 시간대는 아래 표 3과 같다.

표 3 시간대 구분

Table 3 Time zone classification

구 분	여름, 봄가을	겨울
	(6월~8월), (3월~5월, 9월~10월)	(11월~2월)
경부하 시간대	23:00~09:00	23:00~09:00
중간부하 시간대	09:00~10:00	09:00~10:00
	12:00~13:00	12:00~17:00
	17:00~23:00	20:00~22:00
최대부하 시간대	10:00~12:00	10:00~12:00
	13:00~17:00	17:00~20:00 22:00~23:00

위의 표 2를 보면 경부하 시간은 계절과 관계없이 동일하고, 중간부하 시간과 최대부하 시간 또한 9시부터 12시까지 동일하는데, 그 이후시간부터 23시까지 계절에 따라서 상이하다.

그리고 평일은 표 2와 동일하게 시간대가 적용되지만 토요일은 경부하 시간은 동일하고 9시부터 23시까지 모두 중간부하 시간으로 적용되고, 최대부하 시간은 제외된다. 마지막으로 일요일 및 공휴일은 24시간 모두 경부하 시간으로 적용된다.

2.2 ESS 할인제도

최근 산업부에서 ESS 시장을 향상시키기 위해 여러 가지 지원을 취하고 있다. 대표적으로 ESS 할인제도를 꼽을 수 있다. 16년 4월부터 시행되었는데, 17년 1월에 개정이 되어 할인 폭이 높아짐에 따라 ESS에 대한 경제성이 상대적으로 높아졌다.

할인제도는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째로 기본요금 추가 절감에 대한 부분이고, 두 번째로는 경부하 충전 할인에 대한 부분이다. 이러한 제도에 관한 자세한 내용은 아래 표4과 표 5와 같다[7].

표 4 ESS 할인제도(기간 : '17~'20)

Table 4 ESS discount system(period : '17~'20)

구 분	내 용
기본요금 추가절감	{(평일 최대부하시간대 방전량)÷(평일일수 × 3시간)}×3배×할인금액 차등적용
경부하 충전 할인	ESS 충전 요금에 대하여 50% 할인 ×할인금액 차등 적용

※ 할인금액 차등 적용

- 수용가의 계약전력 대비 ESS 배터리용량 비율
- 10% 이상 : 상기 할인금액의 1.2배
- 5% 이상~10% 미만 : 상기 할인금액의 1.0배
- 5% 미만 : 상기 할인금액의 0.8배

표 5 ESS 할인제도(기간 : '21~'26.3)

Table 5 ESS discount system(period : '21~'26.3)

구 분	내 용
기본요금 추가절감	{(평일 최대부하시간대 방전량)÷ (평일일수×3시간)}
경부하 충전 할인	없음

표 3과 같이 19년까지 적용받는 할인제도가 17년 5월부터 20년까지 적용받도록 개정되었다. 나머지 21년부터 26년 3월까지 적용받는 제도에 비해 상대적으로 많은 혜택을 받을 수 있다.

현재 산업부에서 ESS의 시장을 장려하고 있는 상황이기 때문에 ESS 경제성이 좋아지는 시점까지 기존 할인제도가 유지되거나 새로운 제도가 개정될 것으로 기대된다.

2.3 요금적용전력(피크전력)의 결정

한전 전기공급약관 중 제 68조에 따르면 “최대수요전력을 계량할 수 있는 전력량계를 설치한 고객은 검침 당월을 포함한 직전 12개월 중 12월분, 1월분, 2월분, 7월분, 8월분, 9월분 및 당월분의 최대수요전력 중 가장 큰 최대수요전력을 요금적용전력(피크전력)으로 하며, 가장 큰 최대수요전력이 계약전력의 30% 미만인 경우에는 계약전력의 30%를 요금적용전력으로 한다”라고 제시되어 있다.

그렇다면 수용가의 피크전력이 계약전력의 30% 수준으로 계속 유지되고 있다면 ESS를 통해서 피크전력을 저감하여 기본요금을 절감할 수 없다. 해당 경우에는 사용전력 대비 계약전력이 높게 설정되었기 때문에 수용가 내 수전 계통에 설치되어 있는 변압기를 가동 중지한다. 왜냐하면 한전 전기공급약관 중 제 20조 [계약전력 산정]를 보게 되면 “계약전력을 한전에서 전기를 공급받는 1차변압기 용량(1kVA를 1kW로 본다)의 합계로 하는 것을 원칙으로 한다.”라고 제시되어 있다. 따라서 해당 변압기와 연결되어 있는 차단기는 가장 근접한 변압기와 연결되어 있는 차단기 내 부스바와 연결을 진행한다.

2.4 Peak shaving type ESS 운영방안

ESS가 경부하 시간에 충전하였다가 09시부터 23시까지 ESS 시스템의 여러 기자재 중 PMS(Power Management System)가 피크값 모니터링을 통해 설정된 전력량을 초과할 경우, ESS가 방전하여 기본요금을 절감할 수 있도록 운영한다. 그림 1과 같이 ESS를 운영할 시, 피크전력량이 적색에서 청색으로 저감이 된다.

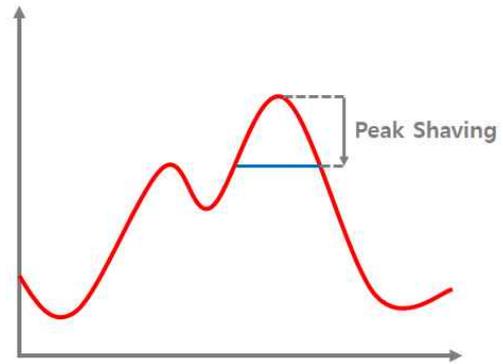


그림 1 피크저감용 운영 방안

Fig. 1 Peak shaving type operation plan

2.5 Time shift type ESS 운영방안

Time Shift용 ESS의 운영은 경부하 시간에 충전하여 아래 그림 2와 같이 최대부하시간대에 맞춰서 방전하여 최대부하시간 전력량요금과 경부하시간 전력량요금의 단가차이를 이용하여 수익을 발생시키는 것이다.

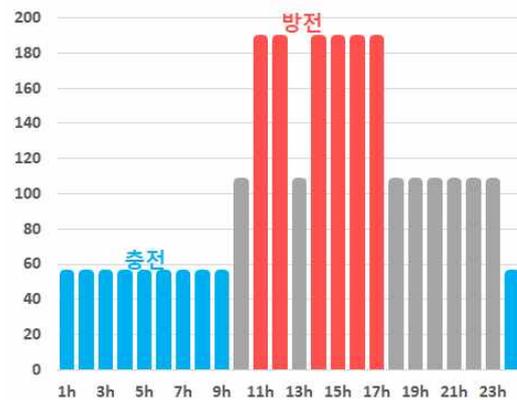


그림 2 Time shift용 운영 방안

Fig. 2 Time shift type operation plan

2.6 Hybrid type ESS 운영방안

산업용 수용가에 월별 피크전력 추이를 보면 크게 두 가지의 형태를 띠고 있다. 첫 번째로는 하계 혹은 동계 계절의 피크전력

이 상대적으로 다른 계절에 비해 높게 형성되어 있다. 그리고 두 번째로는 계절에 관계없이 월별 피크전력이 큰 변화가 없이 계속 유지되는 형태로 분류할 수 있다. 첫 번째 경우에서 하계 혹은 동계 계절에만 피크가 발생하는 수용가는 해당 피크전력에 대한 기본요금이 최대 1년 동안 유지된다. 이러한 기본요금을 절감하기 위해서 ESS가 피크가 발생하는 하계 혹은 동계 계절에는 피크저감을 위해서 운영되고, 나머지 계절에는 Time shift 형태로 운영하여 ESS 할인제도에 대한 혜택을 최대한 받을 수 있도록 운영한다.

2.7 Hybrid type ESS 운영전략 및 용량산정

Hybrid 형태 ESS 운영전략은 우선 수용가에 대한 한전 i-Smart를 접속하여 계약전력과 계약종별을 확인한다. 그리고 최근 1년 동안의 15분당 일간 부하 데이터를 추출한다. 1년 동안의 부하 데이터에서 피크전력이 계약전력의 30% 미만일 경우에는 2.3 절 내용과 같이 피크전력을 일괄적으로 계약전력의 30% 로 설정되어 부과하므로 피크저감 운영이 어려워 Time shift 형태로 운영한다. 그리하여 피크전력이 계약전력의 30% 이상이면서 발생된 피크전력이 매년 하계 혹은 동계 계절에만 발생되고, 일간 부하 패턴이 첨두 형태로 피크가 발생되면 Hybrid 형태(하계 혹은 동계 계절)에는 피크저감을 위해 운영한다. 위에서 설명한 내용을 정리하자면 그림 3과 같다.

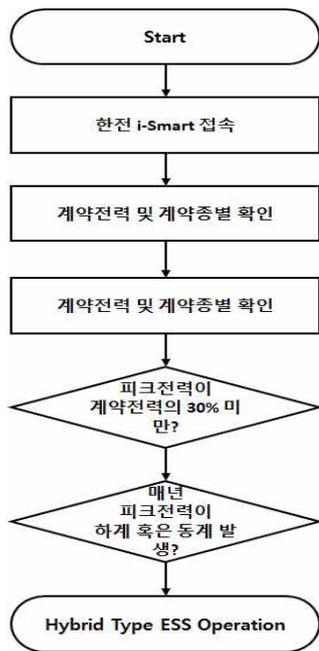


그림 3 운영 전략
Fig. 3 Operation strategy

ESS 용량산정은 최근 1년간의 부하 데이터를 기준으로 PCS 용량과 배터리 용량을 도출한다.

- PCS 용량
- 연간 최대 피크부하 - 기준 피크부하
- 단, PCS 용량이 배터리 용량과 다르게 1MW 미만은 100kW, 250 kW, 500 kW, 750 kW이고, 1 MW 이상은 1 MW 이상은 1MW 단위로 대부분 생산되기 때문에 이를 유의하여 설정한다.
- 배터리 용량
- PCS 용량 × 피크 지속시간 / (배터리 DoD × 시스템 효율)
- 단, ESS 할인제도 중에서 수용가의 계약전력 대비 ESS 배터리 용량 비율과 배터리 용량을 비교하여 비율이 10% 이상으로 할인금액의 1.2배를 적용 받을 수 있도록 한다.

3. 시뮬레이션

본 논문에서는 산업용 수용가 중 A 공장 및 B 공장을 예를 들어 시뮬레이션하여 Hybrid type ESS 운영방안과 기존 Peak shaving type ESS 운영방안과 비교하여 검증하고자 한다.

3.1 고려 조건

시뮬레이션 시 고려해야할 조건은 아래와 같다.

- 수용가 : A Site(업종 : 식품제조)/B Site(업종 : 주물 주조업)
- 가동률 : 95 % (평일 가동 기준)
- ESS 시스템 효율 : 88 %
- 배터리 방전율(DoD : Depth of Discharge) : 90 %

3.2 계약전력 대비 피크전략 비율

그림 1의 운영 전략과 같이 A Site와 B Site에 ESS를 설치하였을 때, 최적의 운영 방안을 도출하고 그에 따른 최적의 ESS 용량을 산정하고자 한다. 먼저 각각의 계약전력과 계약종별을 확인한다.

- A Site 계약전력 : 11,500 kW
- A Site 계약종별 : 산업용(을) 고압A 선택II
- B Site 계약전력 : 19,630 kW
- B Site 계약종별 : 산업용(을) 고압A 선택II

그리고 한전 I-Smart에서 각각의 수용가의 최근 1년간의 15분간 일일 전력사용 데이터를 추출하여 수용가의 최적 운영방안에 대해 분석하고자 한다.

첫 번째, 피크전력이 계약전력의 30% 미만에 대한 여부를 확인한다.

- A Site 피크전력 : 4,435 kW (계약전력의 39 %)
- B Site 피크전력 : 15,060 kW (계약전력의 77 %)

위와 같이 두 Site 모두 계약전력의 30% 이상으로 검침된 피크전력량으로 기본요금이 산정된다.

3.3 월별 피크전력 추이

두 번째, 해당 수용가의 피크전력이 계절에 영향을 받는지에 대해서 확인한다. 이를 위해서는 월별 피크전력에 대한 추이를 확인한다. 자세한 내용은 아래 그림 4 및 그림 5와 같다.



그림 4 월별 피크전력 추이(A Site)
Fig. 4 Monthly peak power trend(A Site)



그림 5 월별 피크전력 추이(B Site)
Fig. 5 Monthly peak power trend(B Site)

그림 4와 같이 A 사이트는 12개월 중 하계에만 피크가 발생되는 것을 확인할 수 있다. 이는 냉방 부하 사용이 증가함에 따라서 피크전력이 타 계절에 비해 증가된다고 사료된다. 그리고 그림 5와 같이 B 사이트는 전체적으로 부하 수준이 높지만 특히 하계와 동계에 피크전력량이 높다는 것을 확인할 수 있다. 이는 A 사이트와 유사하게 수용가 내 냉난방 부하 사용으로 증가된다고 사료된다.

따라서 A 사이트는 피크전력이 하계에 발생되고, B 사이트는 하계 및 동계에 피크가 발생된다.

3.4 일별 피크전력 추이

세 번째, 일간 부하 패턴이 평탄한지, 최대부하 시간에 피크가 발생이 되는지에 대한 여부를 확인한다. 자세한 내용은 그림 6 및 그림 7과 같다.

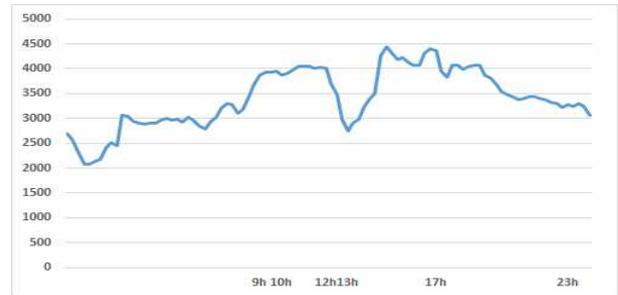


그림 6 일별 피크전력 추이(A Site)
Fig. 6 Daily peak power trend(A Site)

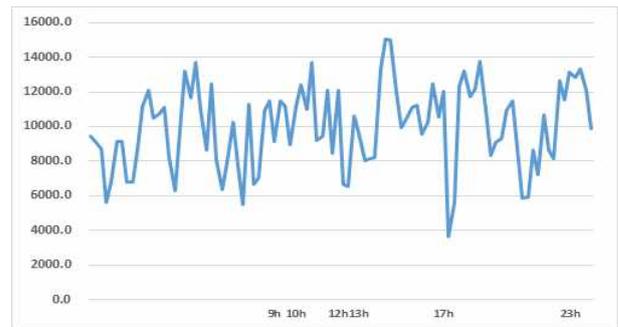


그림 7 일별 피크전력 추이(B Site)
Fig. 7 Daily peak power trend(B Site)

그림 6과 같이 A 사이트는 피크전력이 14시 45분에 4,435 kW가 검침되어 최대부하 시간에 발생된 것을 확인할 수 있다. 또한 부하 패턴이 일정하지 않고 오후 최대부하 시간에 피크전력이 높아지고, 나머지 시간에는 낮게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 일일 부하 패턴은 ESS를 통하여 피크 저감하기에 적합한 패턴이라고 볼 수 있다. 그리고 그림 7과 같이 B 사이트는 피크전력이 14시 15분에 15,060 kW가 검침되어 최대부하 시간에 발생된 것을 확인할 수 있다. 해당 수용가는 야간 시간에도 피크전력이 어느 정도 높다는 것으로 보아 야간 시간에 조업을 진행할 가능성이 높다. 또한 업종이 주물 주조업으로써 전기로와 같은 설비를 사용하면서 매 시간마다 피크가 발생된다는 것을 유추할 수 있다. 따라서 이러한 사이트 같은 경우는 평탄하지는 않지만 일정하게 변화하기 때문에 적은 용량으로 피크 저감하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

따라서 A 사이트에서 최적의 운영 패턴은 하계에만 피크 저감 방식으로 운영하고, 나머지 계절에는 Timer Shift 방식으로 진행을 하는 Hybrid type 운영방안이 좋을 것으로 사료되고, B 사이트에는 하계 및 동계에는 피크 저감으로 운영하고, 나머지 계절에는 Time shift 방식으로 진행하는 Hybrid type 운영한다.

3.5 ESS 최적용량 산정

네 번째, 선정된 ESS 운영 방안으로 각각의 사이트의 최적 용량을 산정한다. 월별 피크추이 및 일별 피크추이를 통해서 각각

의 사이트의 피크 저감할 수 있는 용량으로 PCS 용량을 산정하고, 계약전력 대비 배터리용량의 비율을 10% 이상으로 적용하여 ESS 할인제도에서 차등할인을 1.2배 적용받을 수 있도록 한다. 자세한 내용은 그림 8 및 그림 9와 같다.

- A Site 피크 : 500 kW, PCS용량 (4,435kW → 3,935kW)
- B Site 피크 : 750 kW, PCS용량 (15,060kW → 14,310kW)
- A Site 배터리용량 : 1,500kWh(계약전력 대비 배터리용량 비율 13%, 차등할인 1.2배 적용)
- B Site 배터리용량 : 2,250kWh(계약전력 대비 배터리용량 비율 12%, 차등할인 1.2배 적용)

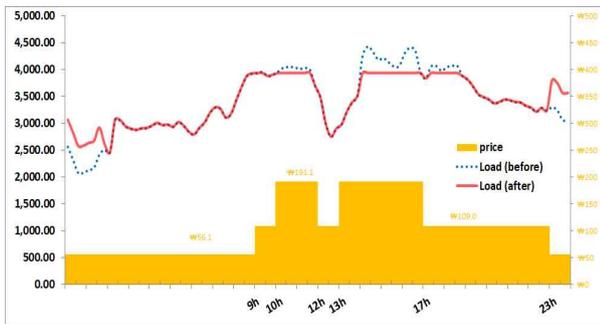


그림 8 ESS 설치 전후 부하패턴 결과(A Site)
Fig. 8 ESS install before and after load pattern result A Site)

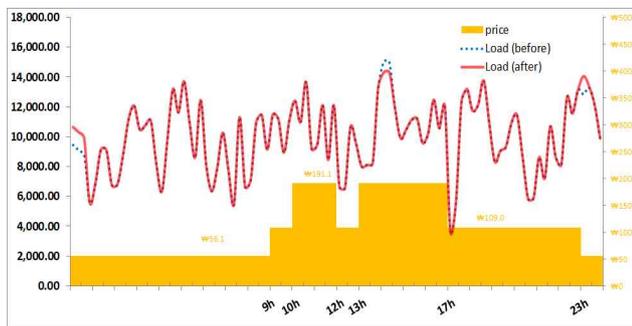


그림 9 ESS 설치 전후 부하패턴 결과(B Site)
Fig. 9 ESS install before and after load pattern result B Site)

그림 8 및 그림 9와 같이 청색 점선의 일간 부하패턴에서 ESS를 설치함에 따라 적색 실선의 일간 부하 패턴으로 변화된다. 이를 통해 기본요금이 절감될 수 있다.

3.6 연간 전기요금 절감금액 산출

다섯 번째, 선정된 ESS 용량과 운영 방안으로 연간 전기요금 절감금액 산출한다. 이를 통해 Hybrid type과 Peak shaving type을 비교하고자 한다. 자세한 내용은 표 6 및 표 7과 같다.

표 6 연간 절감금액 결과(A Site)

Table 6 Yearly savings money result(A Site)

구 분	'18년 연간 절감금액(단위 : 천원)	
	Hybrid type	Peak shaving type
기본요금 절감	49,920	49,920
사용량요금 절감	25,640	1,329
추가 기본요금 절감	135,215	108,541
충전요금 할인	11,239	649
합 계	222,014	160,439

표 7 연간 절감금액 결과(B Site)

Table 7 Yearly savings money result(B Site)

구 분	'18년 연간 절감금액(단위 : 천원)	
	Hybrid type	Peak shaving type
기본요금 절감	74,832	74,832
사용량요금 절감	38,460	956
추가 기본요금 절감	202,823	82,509
충전요금 할인	16,859	535
합 계	332,974	158,832

연간 절감금액 중 기본요금 절감금액은 계약종별 기본요금 단가 × 피크전력량 × 12개월로 산출되고, 사용량요금 절감금액은 (계약종별 최대부하 단가 - 경부하 단가) × 일별 방전량 × 방전일 수로 산출된다. 또한 추가 기본요금 절감과 충전요금 할인에 대한 산식은 표 4와 같이 산출한다.

표 6 및 표 7과 같이 A Site에서는 Hybrid type ESS 운영이 Peak shaving type ESS 운영에 비해 약 6천만원 이상 절감할 수 있다는 것을 확인할 수 있다. 위의 시뮬레이션 순서대로 진행하면 수용가별 최적의 ESS 운영방안과 연간 절감금액이 산출할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 산업용 수용가에서 ESS를 설치하였을 때 Hybrid type ESS의 운영방안을 소개하였고, 두 가지 다른 부하 패턴을 가진 수용가를 대상으로 제안한 알고리즘을 기존 Peak shaving type ESS 운영했을 때 절감금액과의 비교를 통해 운영 전략을 검증하였다. 시뮬레이션 내 연간 절감금액에 관한 표에서 보았듯이 2020년까지는 ESS 할인제도에 의한 혜택으로 인해서 절감금액이 높지만 2021년부터는 상대적으로 많이 줄어들기 때문에 한정된 ESS 용량으로 최적의 운영을 통해 많은 에너지 절감을 하여 수용가에게 좀 더 많은 전기요금 절감금액을 발생시킬 수 있을 것이다. 앞으로 산업용 전기요금 인상과 배터리 가격의 하락을 통해 산업용 수용가 내 설치되는 ESS의 시장이 점점 커질 것으로 기대된다.

References

- [1] Ministry of Commerce, Industry and Energy, press release, April 2016
- [2] J.S Hong, H.S. Chai, J.F. Moon, "Calculation of ESS Capacity of Industrial Customer through Economic Analysis", *The Trans. of KIEE*, Vol. 64P, No. 4, pp. 273~276, 2015
- [3] J.Y. Park, S.W. Shin, H.C. Kim, H.S. Jung, "Economic Assessment of ESS for Peak Load Shaving in the Substation of Urban Railway", *The Trans of KIEE*, Vol 63, No. 12, pp. 1752~1758, 2014
- [4] Hansang Lee, Seungmin Jung, Hosung Jung, Hyungchul Kim, and Gilsoo Jang,, "Power management for electric railway system to reduce the railway operating cost", 2012 KIEE fall conf., pp. 411~413, 2012.
- [5] S.H. Go, S.W. Kim, S.H. Kim, J.M An, "ESS technical trend by application field" , 2016 KIEE The world of Electricity Vol 65, No 3, pp. 18~27
- [6] KEPCO, Electric charges tables, January 2017
- [7] KEPCO, ESS discount system, January 2017



백 정 선 (Jeong-Seon Baek)

1968년 2월 15일생. 1987년 조선대 전기공학과 졸업(학사). 2012년~현재 송실대학교 전기공학과 석, 박사 통합과정. 1996년~현재 (주)클립이엔지 대표이사



차 대 중 (Dae-Joong Cha)

1973년 9월 26일생. 1996년 한밭대 제어계측공학과 졸업(학사). 2009년 건축전기설비기술사. 2012년 한양대 공학대학원 전기공학과 졸업(석사). 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 (주)한양 건축주택사업본부 기술개발팀 근무.



김 재 철 (Jae-Chul Kim)

1955년 7월 12일생. 1979년 송실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사) 현재 송실대학교 전기공학과 교수.

저 자 소 개



유 순 정 (Soon-Jeong Yu)

1971년 3월 12일생. 2008년 건축전기설비기술사 및 프로젝트관리전문가 자격취득(미 PMI). 2012년 한양대 공학대학원 전기공학과 졸업(석사). 2016년 송실대 일반대학원 전기공학과 박사수료. 현재 선인기술단(주) 설계사업본부 근무.



이 안 기 (An-gi Lee)

1966년 11월 30일생. 1993년 서울과학 기술대 졸업. 2009년 서울시립대 전자 전기공학과 졸업(석사). 2012년~현재 송실대 전기공학과 박사과정. 1995년~현재 (주)한진중공업 흥대입구 복합시설 개발공사 전기 부장.