에너지공학, 제28권 제2호(2019)
Journal of Energy Engineering, Vol. 28, No. 2, pp.36~46(2019)
https://doi.org/10.5855/ENERGY.2019.28.2.036

유통물류시설 부하특성을 고려한 ESS 구축 및 적정 운영 방안에 관한 연구

허동혁 · 최옥환* · 권동명†**
주식회사 에코센스
(2019년 3월 26일 접수, 2019년 6월 3일 수정, 2019년 6월 7일 채택)

A Study on the ESS Construction and Proper Operation Considering the Load Characteristics of the Distribution Logistics Facilities

Donghyeok Heo · Okhwan Choi* · Dongmyeong Kwon†**
Ecosense
(Received 26 March 2019, Revised 3 June 2019, Accepted 7 June 2019)

요 약

도심지 유통물류시설 실증사이트에 ESS기반 융복합 제품 적용 및 관련 시스템 구축을 통하여 유통물류시설에서의 ESS 설치 공간적 제약 극복, 실증을 통한 안정성과 성능 검증, 제품 적용과 데이터 수집·분석을 통한 효율적 운영 방안 마련 등과 제품 적용에 따른 피크 제어 및 비상발전기 가동 전 대체 등을 설계함으로써 ESS의 유통물류시설 보급 확대 기반을 마련하였다.

주요어 : 유통물류시설, 에너지저장장치, 부하특성, 전력계측, 에너지 절감

Abstract - Through the application of ESS-based fusion products to the demonstration site of the urban distribution logistics facilities for designing the peak control and the substitution before the emergency generator operation by product application and the effective application method by the product application and the data analysis by overcoming the spatial limitation of ESS installation and distribution, And the expansion of distribution and logistics facilities.

Key words : Distribution Logistics Facilities, ESS, Load Characteristics, Power Measurement, Energy Saving

1. 서 론

1-1. 연구의 목적

도시화, 첨단화로 인해 건축물 에너지 소비는 전체 부문별 국가 에너지 소비에서 그 비중이 지속적으로 증가하고 있다. 특히 상업용 및 업무용 건축물 위주의 대형건물에서 쾌적한 건물환경 조성을 위해 냉·난방 및 조명 서비스 증대, 정보화 추진에 따른 증설로 전력사용량이 크게 증가하고 있다. 전 세계적인 지구온난화 대응 국가 온실가스 감축 정책에 따라 건물에너지 효율화 설비 도입 및 관리 시스템의 수요가 커지고 있다.

정부의 신재생 3020 보급 확대에 따른 건물부문에서 특히 유통물류시설은 대표적 에너지 다소비 업종으로 에너지 사용량 저감 및 온실가스 감축 등 수요관리가 요구되어 태양광(PV, BIPV)과 연계한 ESS 보급 확대가 추진되고 있지만, 국내 유통물류시설에는 에너지 모니터링시스템, PV시스템, ESS, EV 충전기가 개별적으로 설치·운영 되고 있어 경제성이 낮으며, 도심지 내 유통물류시설은 ESS 구축하기에 공간적 수용성에 제약이 있고, 기존 모니터링시스템과 연계 문제, PV, EV 충전기와 연동 문제

†To whom corresponding should be addressed.
Tel : +82-2-850-3033 E-mail : heodh@ecosense.co.kr

등이 존재한다. 따라서 도심 유통물류시설의 공간적 제약을 극복하기 위한 제품의 실증을 통한 안전성과 성능 검증이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 대형건물에 해당하는 유통물류시설인 국내 대형마트를 실증사이트로 선정하여 주요 설비 별 에너지 사용량을 분석하고 그에 따른 ESS (에너지저장장치)를 융복합 제품 적용과 효율적 운영을 위한 실증 연구를 진행한다. 즉 건물부문의 태양광과 연계한 ESS 보급 확대의 기반을 마련하고, 유통물류시설용 ESS기반 융복합 제품 적용을 통해 에너지 절감 및 효율 향상방안을 마련한다. 궁극적으로 도심지 유통물류시설용 ESS기반 융복합 제품을 개발하여 유통물류시설 에너지절감 및 효율 향상방안을 마련하고, 다양한 규모의 도심지 유통물류시설인 실제 실증사이트를 구축, 운영하여 유통물류시설용 ESS 보급 확산 기반을 마련하는 것을 목표로 하였다.

1-2. 연구의 방법 및 절차

본 연구에서 유통물류시설용 ESS 융복합 제품 확대 기반 마련을 위한 에너지 절감 및 효율화를 위해 다음과 같은 분석 절차를 통해 연구를 진행한다. 첫째, 유통물류시설 건물의 설비별 에너지사용 현황 진단을 통해 용도별 특성 및 부하특성을 분석한다. 건물의 전력 사용량 모니터링 Data와 측정기반으로 연중 건물 에너지 사용량을 산정한다. 대형건물의 경우 다양한 용도별 설비가 사용되고 있으므로 측정시기별 사용되는 설비, 가동시간이 다르기 때문에 측정 시 기준의 타 계절 사용량을 유추한다. 둘째, ESS 융복합 제품과 에너지사용량 계측 데이터 연계를 위한 프로토콜 설계 및 적용 test를 진행한다. 셋째, 실증사이트의 용도별 전력사용량 비중 분석을 통해 에너지절감요인을 분석하고 그에 따른 ESS 융복합 제품 적용 및 유통물류시설에서의 적정 운영방안을 마련한다.

2. 실증사이트 데이터 분석

2-1. 유통물류시설 실증사이트 현황

유통물류시설의 ESS 확산을 위하여 실증사이트로 선정하여 연구가 진행될 대형 복합마트 건축물은 인천시 소재의 연면적 42,745㎡, 건축면적 27,068㎡, 지하 1층/지상 3층 규모의 대형 건축물이다. 유통물류시설 에너지이용 특성을 반영한 ESS 적용 효율 운영 실증을 위해 150kWh급 PV발전 시스템과 250kWh급 ESS기반 융복합 제품, 통합 에너지관리 시스템을 연계 설치하여 적정 운영 방법을 도출하는 연구를 진행하였다.

2-2. 유통물류시설 에너지사용 및 설비 데이터 수집

실증사이트 에너지 사용량 패턴화를 위한 데이터 분석은 데이터 수집과 분석으로 나누어 진행할 수 있으며, 데이터 수집은 첫째, 전력사용량 패턴화를 위한 유효 데이터 요소 분류, 둘째, 전력사용량 데이터 수집, 셋째, 기후데이터 수집으로 진행하였다. 유효 데이터 요소는 날씨(기온, 습도, 풍속, 강수량, 적설량 등)에 따라 실증사이트 이용객 수에 변화가 있을 것으로 예상하였고, 특정 공휴일(명절 전후, 어린이날 등)에 따라 방문객 증가를 예상하여 매장 방문객 수와 전력사용량 간의 연관성 분석이 필요한 것으로 파악되었다. 전력사용량 데이터는 한전의 스마트계량기 기반 전력사용량 계측 데이터 시스템(아이스마트)을 이용하여 수집하고, 수집한 전력사용량 데이터는 총 사용량, 최대수요, 유무효 전력량(지상, 진상), 역률, CO_2로 구성하였다. 수집 데이터는 기간별로 정리하여 15분, 시간, 일, 월, 년 단위 데이터로 과거의 일정 시점부터 현재까지 수집하였다.

또한 유통물류시설의 에너지사용 설비의 부하특성 분석을 위하여 실증사이트 선정 후 주요 에너지 사용 설비의 전력사용량 데이터 분석을 통한 패턴화를 수행하였다. 실증사이트 내 주요설비 사용현황은 아래 Table 1과 같으며, 주요 설비의 자체 모니터링 data와 측정 기반으로 연중 에너지사용량을 추정하였다.

에너지사용량 측정은 전력분석장치 및 교류전력 측정장치를 활용하였고, 연속측정을 통한 적산 값으로 분석에 활용하였으며, 측정시기별 사용되는 설비와 가동시간이 다르기 때문에 측정 시 기준으로 타 계절의 사용량을 유추하고, 연속측정이 어려운 경우는 순시 전력을 측정하였다.

유통물류시설의 설비별 에너지 사용량 측정 결과, 냉방설비로 터보냉동기와 흡수식냉온수기가 사용되고 있으며, 난방을 위해 개별 보일러 또는 지역난방을 활용하고 있었다. 기상조건, 고객수(매출액) 등 다양한 요인이 설비 사용 패턴에 영향을 미치고 있을 것으로 예상되어, 한시적 진단 및 측정보다는 누적적인 실시간 모니터링 및 데이터분석이 수반되어야 보다 효과적인 최적운전조건 도출이 가능하다.

2-3. 유통물류시설 건물 에너지사용량 수집 모델 모델링

한전의 I-smart 시스템을 이용한 전력사용량 과거 데이터 수집 및 분석에 앞서 건물의 전력사용량 분석에 활용할 데이터를 패턴화 할 수 있도록 수집하여야 한다. 따라서 이산사건 시스템(DEVS) 형식론 기반의 과거 데이터 실증사이트 전력사용 데이터 탐색 모델을 설계하였다. 모델링은 ①과거 전력

Table 1. Main facility operation status of demonstration site

설비 구분	운영현황
조명	가동시간 높은 실부터 점진적 LED 교체 중
동력설비 (펌프/급배기팬)	펌프: 냉난방 설비 가동 시 냉온수펌프, 냉각수순환펌프, 보일러부스터펌프 등 운영 급배기팬: 식품조리 및 화장실 등 연중 운영
냉동/냉장 설비	쇼케이스 및 냉동식품 등 연중 냉방 운영
공조기	냉난방시즌 연중 운영
EHP	마트 내 임대매장 및 전기실 등 연중 간헐적 운영
터보냉동기	냉방시즌 운영
흡수식 냉온수기	냉난방 열원으로 활용하여 냉난방시즌 운영
보일러	급탕열원으로 연중 운영
지역난방 열교환기	급탕 및 난방열원으로 연중 운영
엘리베이터/무빙워크	연중 운영

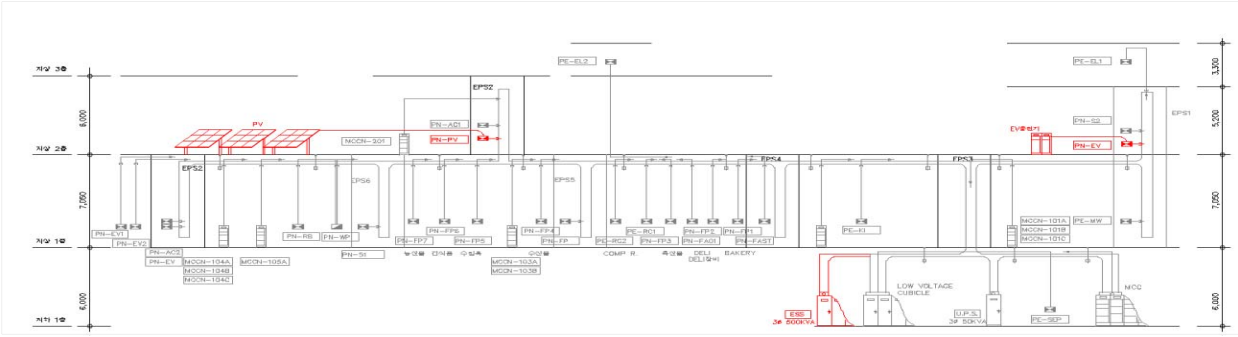
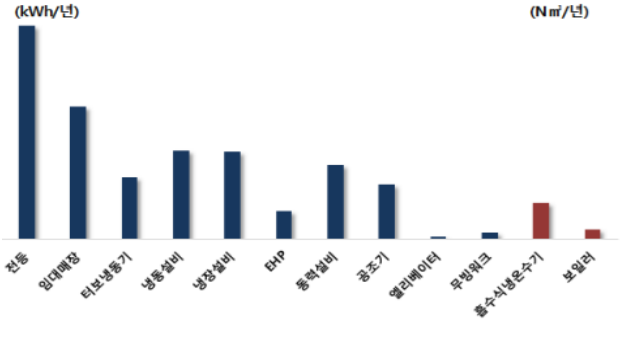


Fig. 1. PV system and ESS installation drawing of demonstration site



설비	사용량	단위	비고
전등	1,798,985	[kWh/년]	추정
임대매장	1,116,788		계량값
터보냉동기	520,260		계량값
냉동설비	746,407		측정기반 추정
냉장설비	732,605		측정기반 추정
EHP	231,456		추정
동력설비	627,456		측정기반 추정
공조기	460,960		측정기반 추정
엘리베이터	14,605		측정기반 추정
무빙워크	53,958		측정기반 추정
흡수식냉온수기	300,484	[Nm³/년]	계량값
보일러	78,405		계량값

Fig. 2. Energy use by facility per year at the demonstration sites

사용량 기반 계절별 전력사용량 모델, ②월 · 일별 전력사용량 모델, ③전력사용량 탐색 알고리즘으로 구성하였다. 첫 번째로 2015년부터 현재까지 과거 기간의 전력사용량 데이터에 영향을 미치는 요소를

Table 2. Seasonal power consumption model contents

· Input data : 기간(year, season, month, day), 기후(최고 기온, 최저 기온, 평균 기온, 습도, 강수량)
· 입력된 값 중 기간을 통하여 계절, 기념일 또는 휴일, 요일 등을 판별
· 계절의 경우 여름, 겨울과 같이 기후(기온, 강수량)에 따라 전력 사용량의 변화가 큰 계절의 전력 사용량 패턴 반영
· 기념일의 경우 명절과 같이 실증사이트 이용자 수가 급증하는 패턴 반영
· 과거 데이터 탐색용 Query 최적화 알고리즘 적용
· 출력 데이터의 경우 분석이 용이한 형태(CSV 등)로 저장
· Output data : 기간(year, season, month, day), 기후(최고 기온, 최저 기온, 평균 기온, 습도, 강수량)

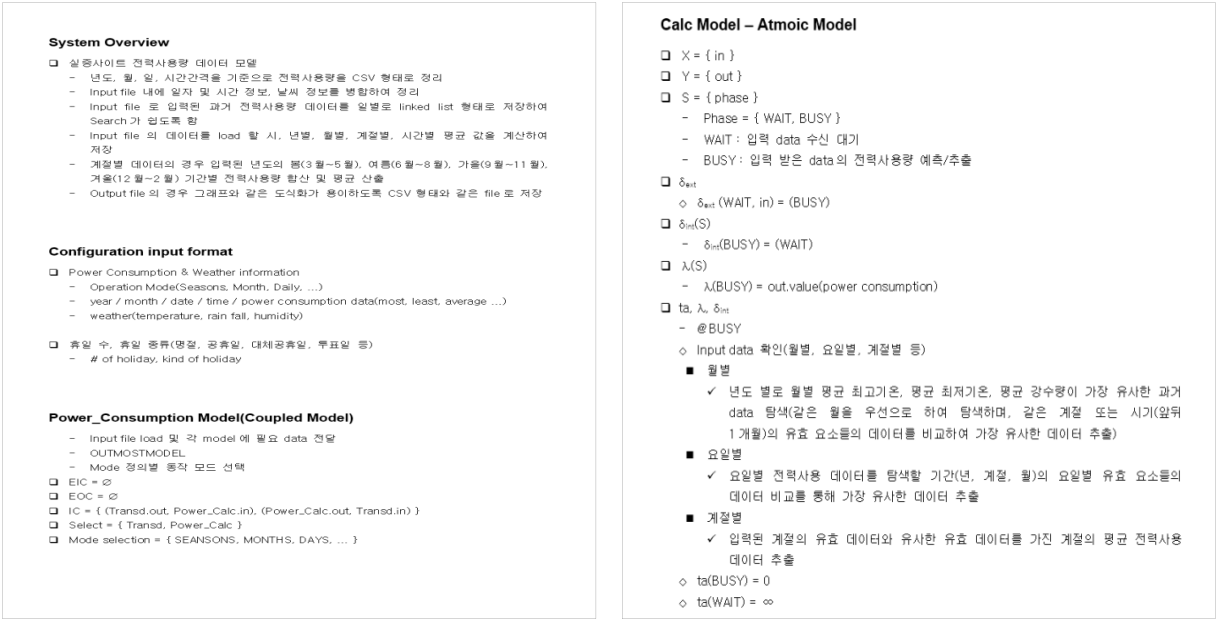


Fig. 3. Demonstration site power usage model configuration

고려한 입력된 기간의 평균 전력사용량 탐색 모델을 아래 그림 내용과 같이 수립하였다.

두 번째로 월·일별 전력사용량 모델은 계절별 전력사용량 모델과 같은 모델로 입력 데이터에 동장 모드를 함께 입력하며, 월별 또는 일별 모드로 동작 시 계절별이 아닌 월별·일별 전력사용량을 탐색하며, 실증사이트의 전력사용량 모델 구성은 위 Fig. 3과 같다.

마지막으로 전력사용량 탐색 알고리즘은 수집 데이터 분석 결과에 따라 전력사용량 탐색의 우선순위를 설정한다. 계절별 전력사용량 설정 시 연도별 계절의 평균온도를 최우선으로 탐색하여 해당 연도의 평균 전력사용량을 출력하고, 월별 전력사용량의 경우 월간 휴일의 수를 최우선으로 탐색하여 평균 온도가 가장 유사한 월의 평균 전력사용량을 출력하며, 요일별 전력사용량을 설정할 때는 해당 일자의 종류(평일, 주말, 공휴일, 명절 직전 등)를 최우선으로 탐색하여 일간 기후를 확인하고 조건이 가장 유사한 일의 전력사용량을 출력한다. 과거 데이터 기반 실증사이트 전력사용 탐색 알고리즘은 다음의 Fig. 4와 같으며, 유통물류시설의 전력사용량 과거 데이터 수집을 통해 실증사이트 에너지 사용량 패턴화를 수행하고, ESS 융복합 제품과의 충·방전 제어시스템과 연계 등을 통해 실증사이트의 에너지 효율 운영이 가능하다.

2-4. 유통물류시설 에너지절감 요소 도출

유통물류 건물의 주요 에너지 다소비 설비 등의 분석에 따라 주요 에너지절감 요인을 파악한 결과, 주요설비의 운전관리 합리화에 의한 것으로 냉동기, 공조기, 냉각수펌프, 냉각수 온도관리, 증기공급압력조정, 쇼케이스 냉동기 인버터 제어 등이 있다. 그러나 유통물류시설의 에너지사용 특성 상 설비의 사용량이 24시간 가동인 경우가 많으며, 계절별 요인이 에너지사용에 더 큰 영향을 미치는 바, 제어가 가능한 설비를 중점으로 IoT기반 실시간 에너지사용량 수집 데이터 기술을 적용하여 에너지 소비와 사용 관련 정보를 실시간으로 수집 및 분석

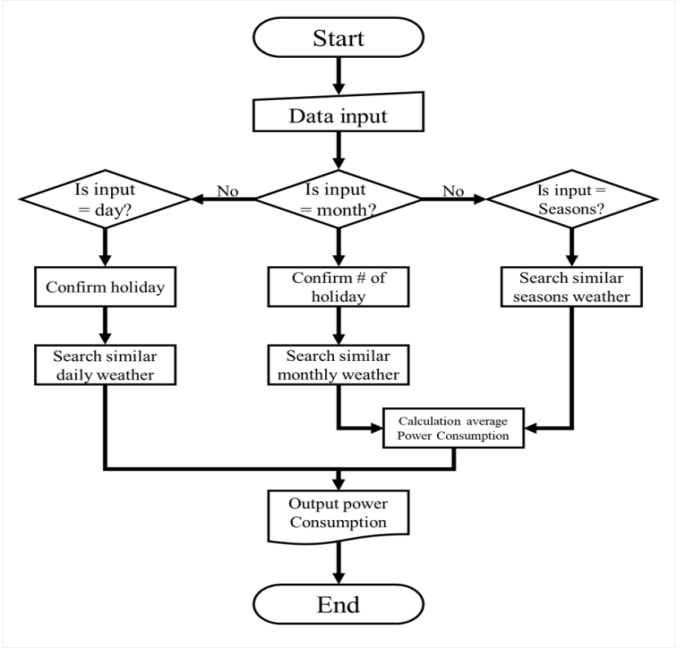


Fig. 4. Historical data-based power usage data search algorithm

하여 에너지 운용관리 최적화, 효율성 향상, 그리고 ESS 도입을 통해 피크를 제어 및 에너지절감을 달성할 수 있다.

유통물류시설 실증사이트의 건물 특성 및 설비 에너지사용량에 따른 설비 부하 특성을 다양한 종류의 건물을 대상으로 조사한 결과, 전열과 조명, 임대 매장 등의 에너지 사용으로 용도별 분리가 어렵다는 특징이 있었다. 이는 조사한 대부분의 건물에 해당하는 내용이기 때문에 유통물류시설의 에너지절감을 위해 용도 분리가 특히 어려운 전열과 임대매장을 제외하고, 효율이 높은 LED 전구 교체 외 특별한 절감조치가 수행되기 어려운 조명을 제외한 냉동, 냉장, 냉난방 설비에 대해 에너지절감 요소를 도출할 수 있었다. 조명의 경우에는 LED 교체가 이전부터 이루어진 경우가 많았으며, BAS(건물자동제어)시스템을 통해 중앙관제하며 매장 운영 스케줄에 따라 구역별로 on/off 제어를 적용하고 있어 추가적인 절감요인 도출에 제한이 있었다. 실증사이트 건물의 경우 냉동 및 냉장의 에너지 사용량이 21.9%의 비중을 차지하였고, 비교 대상이 되는 유사 조건의 건물은 20.5%의 비중을 차지하여 냉동, 냉장 및 동력 설비 위주의 에너지절감 방안을 도출할 수 있다. 유통물류시설의 냉방 및 난방 설비 시스템의 실시간 에너지 성능을 모니터링 하여 최적 운전조건을 파악하고, 이상운전과 유지보수 알람 등에 의한 에너지 절감, 에너지사용량 비중이 큰 매장 내 냉장 쇼케이스의 경우, 대표적인 설비를 샘플링 하여 상세 모니터링을 통해 에너지 절감요인을 도출, 그리고 실증사이트 전력사용 패턴에 따른 최적 ESS 운전제어를 통해 전력 기본료 및 사용요금을 절감할 수 있다.

건물전체 에너지효율 분석은 에너지원별 사용량 및 그 사용량에 영향은 주는 인자가 되는 기상데이터, 재실자(고객수), 매출액, 실내공기질 등의 데이터 수집 및 누적을 통해 분석할 수 있다. 설비의 성능의 경우는 에너지 사용량이 큰 열원설비(냉동기, 보일러, 히트펌프, 냉온수기 등)의 설비타입별 시스템 전체 입력에너지와 출력에너지 및 영향인자 측정을 통해 실시간으로 모니터링 하여 성능을 관리할 수 있다. 이에 따라 설비별 운전성능 관리 시스템과 연계를 통해 ESS 및 신재생 에너지의 활용도를 극대화 시킬 수 있게 된다.

2-5. 기존 유통물류시설 에너지 사용 및 ESS 적용 사례 분석

① 실증사이트 및 국내 대형마트

본 연구의 실증사이트 유통물류시설과 경기도에 위치한 유통물류시설 대형마트, 그리고 창원에 위치한 ESS가 설치되어 운영되고 있는 유통물류시설을 포함한 대형마트 3곳의 전력사용량 15분 단위 I-smart 데이터를 분석하였다. 유통물류시설 3곳은 모두 여름철 전력부하가 크며, 휴무일을 제외하면 주말과 주중의 전력부하 패턴이 유사하고, 아래 Fig.6의 녹색실선에 해당하는 ESS를 설치하여 운영하고 있는 대형마트의 경우 1MWh 규모의 ESS 설치 후 새벽시간 충전, 낮시간 방전으로 다른 두 곳과

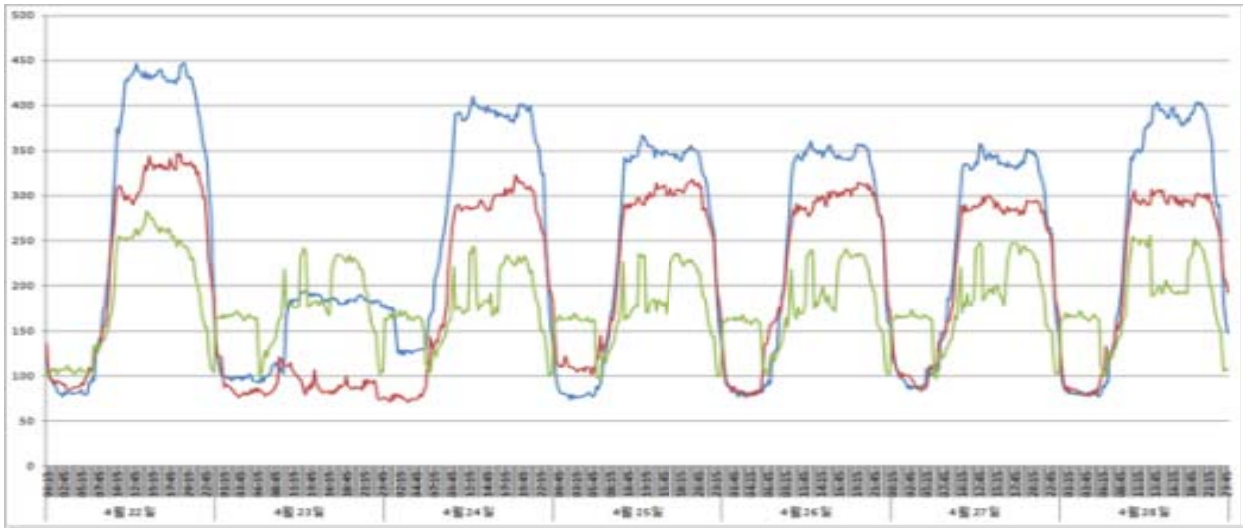


Fig. 5. Comparison of Power Consumption Patterns between Marts

주) 1. 적색실선: 실증사이트, 청색실선 : 비교대상 대형마트(ESS 미설치), 녹색실선 : 비교대상 대형마트(ESS 설치)
2. 실증사이트 포함 3개 대형마트 2018.4.21.~2018.4.28. (15분 단위) I-smart 자료 비교

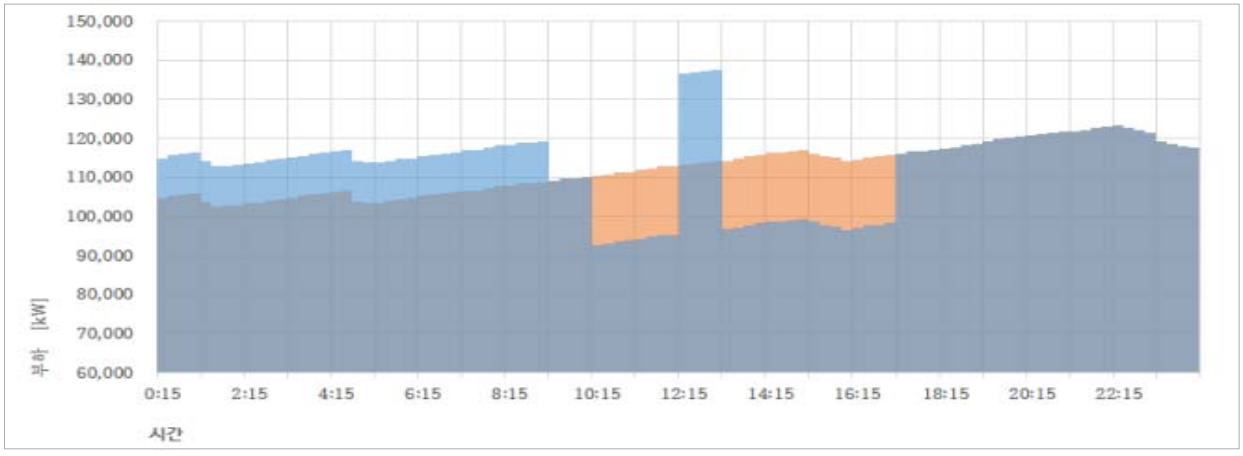


Fig. 6. Department store power performance analysis

다른 전력사용량 패턴변화를 파악할 수 있었다. 전력비용이 상대적으로 저렴한 심야시간대에 충전을 하고, 전력비용이 비싼 낮시간대에 방전하여 설비에 전력을 공급함으로써 전력비용을 절감하고 있었으며, 태양광 등 신재생에너지와 연계하여 ESS를 운영할 경우 전력비용이 보다 절감될 수 있을 것으로 예상되었다.

② 국내 백화점

국내 중부지역에 위치한 지역 내 중심 유통물류시설로 소매판매장, 문화센터, 식당 등을 보유하고 있으며, 대형마트와 달리 백화점은 영업시간 중 전력사용량이 일정하게 증가하는 패턴을 그리고 있었고 ESS 설치를 통해 새벽 시간대 충전, 영업시간대 방전으로 연간 약 13억원의 전력요금의 10% 요금 절감이 가능한 것으로 전망되었다.

③ 해외 유통물류시설

해외 유통물류시설에 ESS가 설치되어 운영 중인 사례로 SunPower社의 Kohl's, Target, Macy's, Wal-Mart, IKEA 등 주요 상업용 유통물류시설에 MW급 중형 ESS 설치를 통해 전력사용량의 30~50% 절감효과를 파악하였고, Green Charge Networks는 2016년 미국 San Diego 지역에 7.4MW급의 ESS를 설치 및 운영을 통해 640만 달러(한화 약 72.8억원)의 유틸리티 전력비용을 절감하였다.

3. 실증사이트 ESS 연계 에너지관리 시스템 설치 및 적용

3-1. 유통물류시설 실증사이트 ESS기반 융복합 제품 적용

유통물류시설에 특화된 융복합-건물 에너지관리 시스템과 IoT 기술 적용을 통한 복수 사업장 통합 운영 기반 기술, 에너지 모니터링 시스템 활용 시설 부하 등의 분석을 통한 유통물류시설 특화 효율 향상 기술 등을 개발 · 적용한다. 실증사이트에 설치될 제품은 에너지관리 모니터링 시스템, ESS, EV, 충전기, PV용 PCS 및 제어 시스템의 All-in-one 제품으로 공간 수용성 및 이설 용이성 확보를 위한 도킹타입 인터페이스 기술이 적용되었다. 해당 제품을 이용하여 ESS 활용 비상발전기 부분 대체 운용과 에너지 운용관리 최적화 및 효율성 향상을 위한 에너지 사용량 실시간 분석 시스템을 개발 및 적용한다.

유통물류시설에 설치를 진행 중인 ESS 기반 융복합 제품(BEEP) 제작을 위해 아래 Fig.7과 같이 ESS기반 DC/AC type EV 충전 모듈, ESS기반 EV충전 모듈을 적용하여 ESS기반 융복합 제품을 제작한다. ESS 제품 설치와 함께 실증 사이트 내 기존 시설물에 지장을 주지 않고 구조적인 문제 및 공간을 고려한 설치용량을 선정한 태양광 용량을 산정하여 실증 사이트에 ESS(Energy Storage System)기반 150kWh PV시스템, 250kWh ESS, 50kWh급 융복합 제품 연계형 충방전 시스템을 설계하였다.

ESS기반 융복합 제품의 효율적 운영을 위하여 ESS기반 융복합 제품의 충방전 제어시스템(PMS)을 개발하여 적용한다. 제어시스템은 융복합 제품의

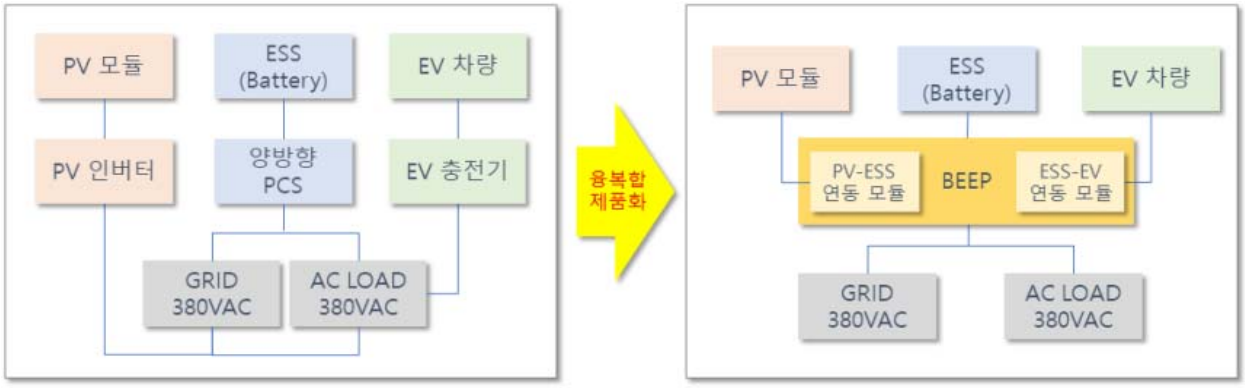


Fig. 7. ESS-based integrated composite product

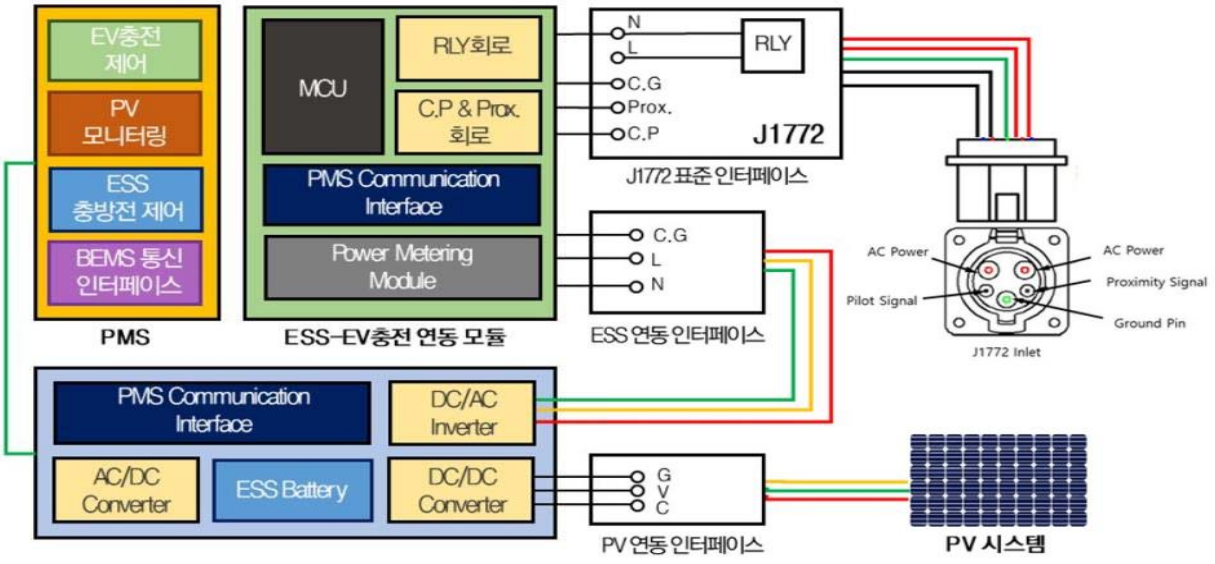


Fig. 8. Development of ESS-EV-PV charge / discharge control system (PMS)

모니터링 및 제어 운용 알고리즘, ESS-EV충전기-PV 시스템 간 통신 인터페이스, 제품 통신 프로토콜 및 연동 규격 등의 내용이 포함된다. 융복합 제품의 실증 사이트 내 효율적 운영을 위해 실증 사이트의 개선 전 설비 에너지사용현황 및 부하패턴을 분석하여 적용하였다.

ESS 기반 150kWh PV시스템, 250kWh ESS, 50kWh 급 융복합 제품 연계형 충방전 시스템을 설계하여 PCS, ESS, 모니터링시스템 간 통신 인터페이스 설계, 60Hz 상용주파수 전원계통에 연계되는 전력변환장치(PCS), 에너지자장장치(ESS), MBMS, PMS 시스템 전원 공급망 설계 등을 통해 융복합 제품의 조명 및 냉난방/공조 시스템 운영을 설계하였으며, PV 발전량을 모니터링하기 위한 접속반과 EV충전기 충전 상태를 모니터링하고, 제어하기 위한 충전기 컨트롤러, ESS에 저장된 에너지를 관리하기 위한 에너지관리 시스템 등을 통합하여 시스템 간의 연동이 가능하도록 설계하였다.

기존 유통물류시설에 설치되어 있는 장치들과 호환성 문제가 있을 수 있어 기존의 신재생에너지 발전시설 및 EV충전시설, ESS, 에너지관리시스템 시스템 등이 이미 구축되어 있는 경우는 호환성 문제를 극복하기 위해 제품 개발 시 각 구성 장치별 plug-in 방식으로 부분적용 가능한 구조로 설계하여 다른 외부 장비와의 호환성을 확보하고, 각 제품별로 상용표준에 따라 제품을 설계하였다.

3-2. ESS기반 융복합 제품 연계 부하관리 제어시스템 구축

유통물류시설 실증사이트의 기존 BAS와 신규 설치예정인 ESS기반 융복합 제품, IoT 연계를 통해 에너지 운영현황을 모니터링하고, 부하관리를 위한 제어시스템을 구축하였다. 실증사이트에 구축된 BAS에서 에너지 관리에 필요한 설비 운영정보를 에너지관리시스템 서버로 연계하기 위한 통신 프로토콜을 설계하고, 에너지사용량이 큰 열원설비 시스템의 실시간 에너지 성능 관리를 통해 이상운전 여부, 최적운전조건, 유지보수일정 및 절감요인을 파악할 수 있다.

에너지관리시스템에서 수집되는 데이터를 분석하여 건물에너지 절감 및 계량효과 산출에 필요한 통계 및 기계학습 분석기법을 적용하였다. 기법으로는 건물전체/용도별/구역별 에너지사용량 예측기법, 에너지이용 패턴분석 기법, 이상여부 판별 및 조치(FDD) 기법, 데이터 가시화 기법, 계시별 요금제를 적용한 비용분석 방법 등이 있으며, 실증사이트 에너지관리시스템 기능 분석을 위해 에너지관리시스템를 구축하였다.

ESS기반 융혹합 제품 연계 충방전 제어시스템(PMS) 구축을 위해 MESA표준 스펙에 SunSpec Energy Storage Model의 Verison 4를 통신프로토콜에 적용 및 설계하여 ESS, PCS, PV시스템 인터페이스 모듈 통신 프로토콜을 아래 Fig. 9, Fig. 10과 같이 개발하였으며, Fig. 11과 같이 PV발전량, ESS, PCS 충방전 데이터 모니터링 및 제어 응용프로그램 개발하여, ESS 활용 비상발전기 부분 대체 운용, ESS 기반 EV차량 충전 인프라 및 서비스 지원, 에너지

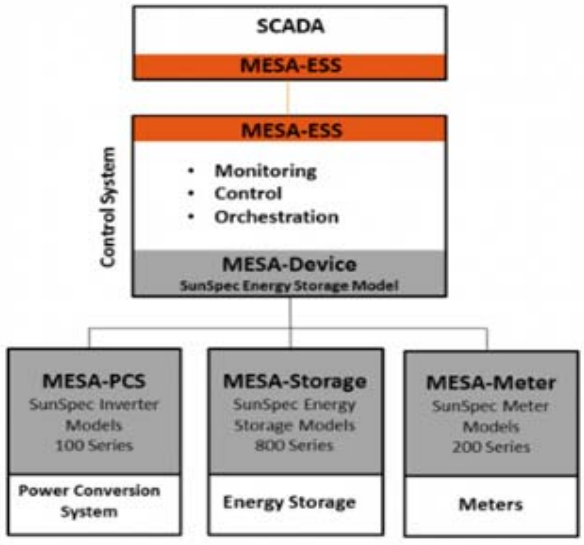


Fig. 9. MESA-ESS 표준 규격 structure

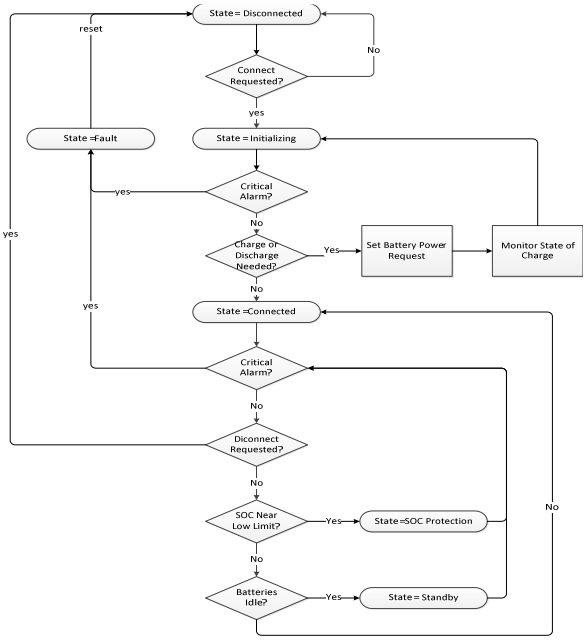


Fig. 10. ESS communication state diagram

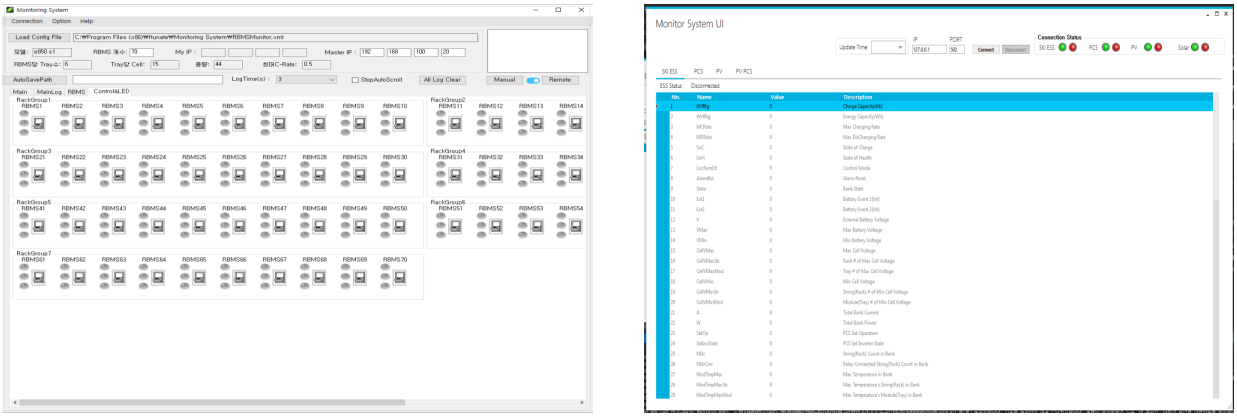


Fig. 11. Battery rack unit control screen, PMS application UI Screen

Fig. 12. Distribution Logistics Facility ESS and EMS development

데이터 실시간 분석 시스템 설계를 통한 충방전 제어 연계를 설계하였다.

대형 유통물류시설에 설치환경 상세 실사 후 최적운영환경 및 에너지절약을 고려한 실시간 데이터 전송이 가능한 전력계측기 및 가스유량계 등 에너지원별, 설비별, 부하별 계측기를 설치하여 데이터 수집 후 수집데이터를 서버로 통신연계를 구축하고 설비 Control System을 구축하였다.

3-3. 유통물류시설 ESS 연계 최적운영기술 개발 및 적용

유통물류시설에 ESS설치 및 연계를 통한 에너지 운용관리 최적화 및 효율 향상을 위하여 에너지관리시스템 수집 데이터의 실시간 분석이 선행되어야 하며, 해당 분석을 위해 표준형 부하패턴 도출 방법론과 회귀분석에 의한 부하패턴 도출 방법론을 적용하며, 에너지 효율지표 개발(부하율, 수용율, 부등율, 건물평균 첨두발생 빈도, 건물평균 첨두발생 기속시간, 평균 건물 첨두에너지, 평균 건물 첨두시간 에너지)을 하여 개발된 효율지표를 시험 적용할 예정이다. 개발된 분석 방법론의 실제 운영에 따른 적용 시 지속적인 검증과 수정을 통해 신뢰성을 확보할 예정이다.

유통물류시설의 경우 일일 유동인구가 매우 많은 특성을 갖고 있기 때문에 정전 시의 각종 상해문제, 냉동제품의 훼손문제가 발생될 여지가 많으며, 이로 인해 실증사이트 내 대규모 비상발전기를 운영 중에 있다. 정전 신호를 수신하고 비상발전기가 가동되어 전력이 공급되기까지 2~5분 정도의 시간이 소요되며 그 시간동안 일부 비상등을 제외하고 시설 내부는 암흑 상태로 유지가 되는데, 기존 비상발전기 용량이 크기 때문에 ESS로 대체하기에는 활용도가 떨어지므로 발전기가 가동되기까지 2~5분 시간동안 필요한 전력을 공급하는 용도로 ESS를 활용하도록 계획을 수립하였다. 필수적으로 공급되어야 하는 비상등, 계산대 PC 등을 포함하여

부분적으로 시설 내부조명 등에 전원을 공급하도록 전략이 수립되었다.

대형 건물인 유통물류시설은 에너지진단을 주기적으로 수행하고 수많은 감축활동을 진행하고 있는 특성이 있는 업종이며, 일반적인 에너지진단과 달리 투자비가 적거나 없는 제어로써 감축할 수 있는 기술분야로 열원설비 등관 관련된 설비 제어 위주로 실증사이트를 진단하였으며, 설치될 에너지관리시스템과 연계성을 확보하여 중앙에서 자동제어가 가능하도록 환경적인 요소와 setting변경 요소들의 값을 제공해주는 방향으로 접근하였다.

ESS 융복합 제품 적용에 따라 피크제어와 에너지관리시스템에 의한 설비 제어 등에 의한 에너지 절감을 도모할 수 있으며, 유통물류시설용 ESS기반 융복합 제품의 최적 운용을 위한 알고리즘을 개발하기 위하여 먼저 에너지관리시스템 구축을 위한 기본 데이터 확보를 수행하고, 시간대별 수용가 부하 취득, 에너지관리시스템 구축전 유통물류시설 전체 에너지 사용량 파악 등을 통해 효율비교를 위한 Reference Data를 취득하고 Peak Load, Load Factor, Diversity Factor 분석을 통해 수용가 부하특성을 분석하였다. 기 설치된 타 기관의 ESS 설치 실적 분석을 통한 비교 데이터 구축을 위해서 ESS 충방전 운용현황, ESS 설치 전후 부하의 데이터를 수집하여 ESS 설치 전후 부하개선 효과 및 ESS 설치 전・후 요금절감 효과에 대한 분석을 하여 비교 테이터를 구축하고, ESS+PV 융복합 최적운용 산정 알고리즘 S/W의 개발 및 시험 적용은 입력파일의 구성, 입력 및 Optimization에 필요한 선행 계산, PV OPTIMIZATION, PV+ESS OPTIMIZATION의 순으로 소프트웨어를 개발하고 시험한 후 개발된 S/W의 실제 시스템에 적용을 통한 S/W Tuning을 수행할 예정이다. 또한 데이터 신뢰성을 위해 표본 데이터 수집에 있어서 bad data를 선별하여 신뢰도를 높이는 방법으로 신뢰성을 확보할 예정이며, 소프트웨어 개발에 있어서 실행 오류에 대한 지속적 검증을 실행할 예정이다.

4. 결 론

본 연구에서는 도심지의 대형 건물인 유통물류시설용 ESS기반 융복합 제품 적용을 통한 에너지 절감 및 효율 향상방안 마련을 위하여 실증사이트를 선정하여 ESS기반 융복합 제품 적용 및 관련 시스템 구축 방법을 개발하고 실증사이트 운영 기반을 마련하여 유통물류시설용 ESS 보급 및 확산 기반을 마련하는 연구를 진행하였다. 정부의 신재생 보급 확대에 따른 건물부문의 수요관리 요구에 대응한 태양광 연계 ESS 보급 확대 기반을 마련하기 위한 유통물류시설에서의 ESS 및 에너지 관리시스템 구축을 통한 공간적 제약 극복, 실증을 통한 안정성과 성능 검증, 제품의 적용 및 효율적 운영 방안, 제품 적용에 따른 피크 제어 및 비상발전기 가동 전 대체 등을 설계함으로써 ESS의 유통물류시설 확산 기반을 마련할 수 있었다.

유통물류시설 실증사이트 선정 후 ESS 적용 및 효율 운영을 위한 시설 에너지사용 및 설비 데이터를 수집하고, 기존 에너지 관리 현황을 분석하였다. 에너지 사용량 패턴화를 위하여 데이터 분석을 수행하였으며, 데이터 수집은 유효 데이터 요소 데이터 수집 및 연관성 분석을 통해 이루어졌고 에너지 사용량 데이터와 함께 기간별로 정리하여 수집하여 분석에 활용하였다. 해당 내용을 기반으로 설비 부하특성을 분석하고 자체 모니터링 현황을 파악하여 ESS 효율 운영 및 에너지관리시스템 제어를 위한 계측 포인트 도출 등을 진행하였다.

유통물류시설 실증사이트 건물 특성 및 설비 에너지 사용량에 영향을 주는 인자가 되는 기상데이터 등의 데이터 수집과 누적을 통해 건물 에너지 효율을 분석할 수 있는 에너지관리시스템을 설치하였으며, 설비의 경우 IoT 기술 적용을 통해 실시간 입・출력 에너지와 영향인자 모니터링을 통해 성능을 관리할 수 있고 그에 따라 제어 등 효율화를 추진할 수 있도록 설계 및 설치하였다. 현재 유통물류시설 ESS 설치공간이 개방형인 특성을 고려하여 냉난방공조 시스템을 적용한 밀폐형 융복합제품 하우징 시스템을 제작, 실증사이트에 설치하여 시험 가동중이며, 에너지원별 주요 설비별 에너지 사용량 계측기 설치공사를 진행 중이며, 데이터 연계 통신 프로토콜 테스트 완료 및 일부 데이터는 수집 중에 있다.

유통물류시설의 설비별 에너지 사용량 사전 측정 결과, 조명이 용도별 사용량은 가장 많았으나 제어 및 효율화가 어려운 용도이기 때문에 에너지 사용량 절감을 위해 에너지 사용량의 21.9%를 차지하는 냉열원 관련 설비의 실시간 효율 측정 및 제어가 가장 효과적임을 알 수 있었다. 이산사건 시스템 형식론 기반의 실증사이트 과거 데이터 전력사용량 탐색 모델을 설계하여 에너지 사용량 패턴화를 수행하고 ESS 융복합 제품과의 충・발전 제어시스템과 연계 등을 통해 실증사이트의 에너지 효율 운영이 가능하게 설계하였다.

또한 유통물류시설 건물의 주요 에너지 다소비 설비 조사 결과에 따라 주요 에너지절감 요인을 파악한 결과, 주요설비의 운전관리 합리화를 통해 에너지 절감을 달성할 수 있는 것으로 파악되었으며, 냉동기, 공조기, 냉각수펌프, 냉각수 온도관리, 증기공급 압력조정, 쇼케이스 냉동기 인버터 제어 등

에너지 절감 요소를 도출하였다. 제어가 가능한 설비 중심의 IoT기반 실시간 에너지 사용량 수집을 위해 에너지관리시스템 및 서버 구축을 설계하고 ESS 도입과 연계하여 피크 제어, 설비 효율 및 에너지절감을 달성할 수 있게 되었다. 따라서 냉·난방 등 설비시스템의 실시간 에너지 성능을 모니터링 하여 최적 운전조건을 파악하고, 이상운전, 유지보수 알람 등에 의한 에너지 절감, 대표적인 설비 샘플링을 통한 상세 모니터링 기반 에너지 절감요인 도출, 그리고 전력사용 패턴에 따른 최적 ESS 운전제어를 통해 전력 기본료 및 사용요금을 절감할 수 있다. 국내 중부지역의 백화점의 경우 연간 13억원 정도의 전력비 중 ESS를 통해 10%의 에너지 절감이 전망되었으며, 창원지역의 대형마트의 경우 ESS 설치를 통해 상대적으로 비싼 심야전력을 충전하여 낮 시간대에 방전하여 활용하고 있는 것으로 나타났다. 해외에서도 유통물류시설에 ESS 적용을 통한 전력절감이 다수 보고되었고, 본 연구에서 ESS+PV 시스템의 최적운전을 위한 기반을 마련하였기에 정부 정책에 따른 신재생에너지 연계 유통물류시설 ESS 보급지원 정책의 활성화를 기대해 본다. 추후 본 연구의 진행에 따라 태양광 등 신재생에너지와 연계한 ESS 융복합 제품의 유통물류시설 적용에 따른 비용절감효과를 산정 및 전력 패턴변화를 분석할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 2018년도 산업통상자원부의재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (과제번호 20172410104800)

References

1. Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning, 2018, Development and Demonstration of ESS-based Fusion Composite Product for Distribution and Logistics Facility Energy Management, KETEP
2. Ministry of Trade, Industry and Energy, 2017, Energy Consumption Survey
3. Korea Energy Agency, 2018, Energy usage statistics for 2017, KEA
4. Korea Energy Agency, Energy Statistics, http://www.energy.or.kr, KEA