



태양광 발전 환경요인 기반 EMS 능동 모니터링 및 제어 시스템

이강준*, 박종안**, 박정민***

Active Monitoring and Control System of EMS Based on the Environment Factors of Solar Power Generation

Kang-Jun Lee*, Jong-An Park**, and Jeong-Min Park***

이 논문은 2019년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20173010013420, 전자재형 BIPV 모듈·시스템 개발과 실증을 통한 옥외 성능평가 기술 개발)

요 약

전력 부족 및 긴급사태를 해결하기 위한 방안으로 전력공급 확충과 함께 신재생에너지가 주목받고 있다. 이와 같은 상황에서 태양광 발전시스템이 상용화되면서 EMS 제어 및 모니터링의 효율성에 대한 중요성이 강조되고 있다. 본 연구에서는 태양광 발전시스템을 효율적으로 관리할 수 있도록 능동 모니터링 및 제어시스템을 상용화 측면에서 개발하였다. 개발된 시스템은 기상정보와 함께 수요자 소비패턴 및 발전량 누적데이터 기반 부하예측을 통한 효율적 EMS 시스템이 되도록 구현되었다. 그리고 환경요소 수집 데이터를 기반으로 시계열 분석을 통한 부하예측 데이터가 출력됨을 확인하였으며, 데이터의 증가와 함께 분석 요소의 증가를 통해 시스템의 효율성을 확인하였다.

Abstract

As a way to resolve power shortages and emergencies, renewable energy sources are attracting attention, also as well as expanding electric power supply. In this situation, the efficiency importance of EMS control management and monitoring is emphasized as the PV generation system is commercialized. In this study, we were developed an active monitoring and control system for commercialization in order to efficiently manage the solar power generation system. The developed system was implemented an efficiently active control and monitoring system based on environment factors such as weather information, consumer consumption pattern and load prediction based on generation cumulative data. Based on the environmental element collection data, we confirmed that load prediction data through time series analysis were produced, and the system efficiency was identified by the increase in the analysis factors along with the increase in the data.

Keywords

EMS/EMS, monitoring efficiency, active control, consumer consumption pattern, load prediction

* (주)비온시이노베이터 기업부설연구소
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7542-0531>
** 조선대학교 IT융합대학 정보통신공학부
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2768-6378>
*** 조선이공대학교 자동화시스템과(교신저자)
- ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5884-6725>

· Received: Jan. 03, 2019, Revised: Feb. 22, 2019, Accepted: Feb. 25, 2019
· Corresponding Author: Jeong-Min Park
Dept. of automated system, Chosun University College of Science & Technology, Pilmundaero, Donggu, Gwangju, 61453, Korea.
Tel.: +82-62-230-7064, Email: netpius@nate.com

1. 서 론

최근 하절기 폭염과 열대야 현상으로 폭염주의보가 발령되고 일부 지자체에서는 폭염종합상황실을 가동하여 시민 안전보호활동 등을 강화하였다. 그러나 관련 기관에서 예측한 전력수요가 빗나가 전국적으로 160여만 가구의 대규모 정전사태까지 발생하게 되었다. 전력수요를 6,400만kW로 예측했지만 이를 훨씬 넘는 6,726만kW까지 기록하여 블랙아웃 직전까지 몰리는 심각한 사태까지 발생하였다[1]. 분석결과로는 소규모 전력 수급을 하는 가정 및 소규모 기업 등에서 8,962건의 피해 접수가 되었고 총 610억 원의 피해규모로 파악되었으나 에너지관리 및 저장 시스템이 도입되어 있는 대규모 빌딩 및 산업 단지에서는 정전 피해가 접수되지 않았다. 이와 같은 전력 부족 및 긴급사태를 해결하기 위한 방안으로는 장기적으로는 전력공급 확충과 함께 전력 수요관리 및 신재생에너지 보급 등을 위한 신개념의 ESS(Energy Storage System)와 EMS(Energy Management System)에 대한 개발이 시급하다.

이와 같은 상황에서 ESS와 EMS 시장도 급신장하고 있다. 전 세계 ESS 시장은 2016년 25.6억달러에서 2020년 150억달러, 2025년 292억달러로 성장할 전망이다. 글로벌 산업용 ESS 시장은 연간 2~6GWh 규모로 성장해 2022년까지 누적 약 45GWh 규모의 시장으로 성장할 것으로 예측된다[2]. 또한, Navigant Research에 의하면 세계 산업용 EMS 시장은 2013년 113억\$에서 2020년 224억\$로 연평균 10.3%의 성장세를 보이고 있다. 미국 에너지부(DOE)는 5개년 스마트 그리드 연구개발 계획을 수립하여 4개 분야(기준과 표준화, 기술개발, 모델링, 분석)에 대해 연구개발 추진 중이며 독일은 ICT를 활용 미래의 에너지시스템 구축(E-Energy) 프로젝트를 추진하였다. 일본은 세계 최초로 2002년부터 BEMS 설치 보조금 지원제도를 도입하여 시행 중이며 2030년까지 EMS 관련 기술개발 계획을 추진하고 있다[3].

국내 산업계에서도 에너지의 체계적인 관리와 에너지의 효율적 사용을 위한 통합 솔루션인 EMS 시장과 기술에 관해서도 많은 연구 결과가 발표되고 있다. 이성인은 “에너지관리시스템(EMS) 산업 육성 방안”에서 에너지사용 모니터링 시스템 구축을 통

해 에너지절감 요인 발굴, 에너지 절약시설 투자 활성화 그리고 에너지효율관리 정책수립에 활용을 강조하고 있다[3]. 기본연구보고서에서 에너지사용 모니터링을 통해 에너지절약 시설투자의 성과의 검증을 통해 신뢰성 있는 절약정보 확보, 에너지수요 관리시스템 고도화 및 체계적 성과관리 시스템 마련, 그리고 전력 피크 관리를 위한 수요관리 정책 및 에너지사용기자재의 효율관리방안 마련을 위한 기초자료로서 역할을 발표하였다. 또한 J. M. Hwang 등은 에너지관리 수단으로 에너지 흐름의 모니터링 기능과 제어기능을 제공하는 에너지관리시스템에 관한 연구 결과를 발표하고 있다[4]. 그리고 김일영 등은 비상전원 기능을 가지는 가정용 3kW 스마트 그리드 홈 에너지 시스템을 관리하는 에너지 모니터링 시스템 설계 및 구현을 제안한다. 제안하는 시스템은 3kW 스마트 그리드 홈 에너지 시스템으로 인터넷을 통해 전력 정보를 수집하고, 수집된 전력 정보를 효율적으로 사용하기 위해서 모니터링과 스케줄러를 통한 관리하는 방법에 대한 설계 및 구현하고, 시험 및 평가를 통해서 에너지 절감을 확인할 수 있었다[5].

특히, 태양광 발전 ESS와 연계한 EMS을 구축하여 에너지 흐름에 대한 제어와 관리하는 모니터링 시스템이 실용화 차원에서 주목 받고 있다. 박기주 등은 특허에서 각 지역에 설치된 태양광 발전 시스템의 발전 현황을 네트워크를 통해 전달받아 실시간으로 모니터링하여 유지 관리를 원활하게 하도록 한 태양광 발전 모니터링 시스템을 발표하고 있다. 각 태양광 발전부에 설치되어 대기온도 및 태양전지 모듈 온도, 수평 일사량 및 경사 일사량, 발전량을 측정하는 태양광 발전 측정부와 상기 태양광 발전 측정부에서 측정된 각종 정보를 네트워크를 통해 전달받아 발전현황, 감시, 진단, 분석 현황을 감시하는 태양광 발전 모니터링이다[6]. 채영민 등은 태양광 발전 모니터링 시스템 및 모니터링 방법에 관한 특허에서 태양광 발전을 이용하는 환경에서 태양전지 모듈 각각의 발전량 데이터를 모니터링하는 시스템 및 모니터링 방법을 발표하였다[7]. 표세영 등은 기상 정보를 기반한 태양광 전력을 효율적으로 운용하는 연구 방법을 발표하였다[8].

태양광 발전시스템을 제어 및 관리하는 또 다른

중요 이유로는 기존 가정에 설치된 ESS에서 고열로 인한 부품 손상뿐만 아니라 화재발생 등으로 인한 회로장치 이상 등의 문제가 발생하고 있다는 것이다. 인터스트리뉴스에 따르면 최근 1년간 발생한 ESS의 화재 폭발 사고는 고창·경산 변전소, 영암·거창 풍력발전소, 군산·해남 태양광발전소, 세종아세아제지 피크제어용 등 모두 7곳에서 화재가 발생했으며, 이로 인한 재산피해가 200억원 발생하는 등 이상고온 현상으로 각종 화재 사고가 끊이지 않고 있는 가운데, 사고 원인으로 BMS 오류라는 결과와 EMS에 대한 연구가 시급한 실정이다[9].

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 연구에서는 태양광 발전시스템을 효율적으로 관리할 수 있도록 EMS 기반 능동제어 및 모니터링 시스템을 상용화 측면에서 개발하고자 한다. 개발 시스템은 기상정보, 수요자 소비패턴 그리고 발전량 누적데이터 기반 부하예측을 기반으로 하는 능동적 EMS 시스템이 되도록 구현하고자 한다.

II. 효율적 EMS 모니터링 시스템 개발

2.1 능동 모니터링 및 제어 시스템

전력수요 기반 능동제어 및 모니터링을 위한 EMS 시스템 설계는 ESS 시스템 환경 분석을 통해 효율적인 관리를 위한 환경데이터 및 센싱 데이터 수집 및 분석, ESS 시스템의 능동적 제어, 전력공급소의 전력수요에 따른 데이터 송·수신을 진행하고 설비, 전력상황, 수집, 분석, 예측 등 전력 부하에 대한 전반적인 환경을 모니터링 하는 전력수요 반응형 EMS 시스템 능동제어 및 모니터링은 그림 1

과 같이 구현되며 요소설계 과정은 다음과 같다.

- 시간대별 ESS 운영의 태양광 발전량, 충/방전량, 소비전력량 수집
- 기상 데이터 연동을 통한 연/월/일/시간대 별 온/습도 및 날씨 데이터 수집
- 시기별 데이터의 이동평균데이터와 시계열 분석 기반 유사 조건 마련 및 회귀를 통한 부하예측 데이터 마련
- 시간대별 ESS의 충전량 및 사용량 패턴 분석을 통한 ESS 충/방전량 결정
- EMS실 내부 온/습도 수집 및 배터리 내부 온도 수집을 통한 배터리 상태 체크와 내부 발열에 따른 BMS 능동제어

능동 모니터링 및 제어 시스템을 구현하기 위한 개발 환경은 표 1과 같다.

표 1. 개발 환경

Table 1. Development environment

Item	contents
OS	OSX/Windows/Linux
Communication	modbus TCP/RTU, RS232/485 Socket
Language	python 3.x
DB	postgresql
WAS	Node.js

능동 모니터링 및 제어 시스템의 핵심 운영기술인 EMS를 표 1과 같은 환경으로 구현하였다. 요소설비들 간 직접적인 연결 및 데이터 수집/제어를 수행하는 PMS(Power Management System)을 python 3.x를 기반으로 개발하였으며, 수집 및 제어 이력에 대한 모든 운영 데이터는 DB 서버로 전송된다.

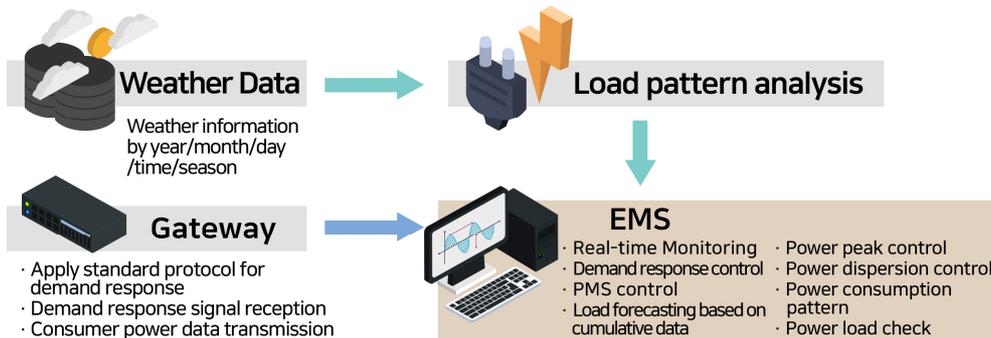


그림 1. 환경요소기반 EMS 능동제어 및 모니터링 시스템

Fig. 1. Active control and monitoring system of the EMS based on environmental elements

PC 또는 모바일 등 외부에서 원격 제어/감시를 위해 Node.js 기반의 WAS 구축과 웹 EMS를 개발하였으며, 이는 소켓통신을 기반하여 PMS에 제어 명령을 송신할 수 있도록 구현하였다. PMS를 포함하는 일체형 EMS의 경우 설비가 구축된 현장의 통신망 문제, 제어 명령 누락 등의 문제가 발생할 시 발전소 운전 정지로 인한 수익 문제가 발생하거나, 화재 또는 시설 고장 등 다양한 사고 발생률이 존재한다. 이를 방지하기 위해 발전소 현장에 PMS를 구축하고 WAS 및 DB 서버를 외부로 분리하여 시스템의 경량화와 이중화를 통한 안전 대책을 마련하였다.

2.2 ESS 운영 요소설비 연동 EMS 모니터링 시스템 개발

태양광 발전 EMS 시스템과 연계하여 외부 환경 정보, 수요자 소비패턴 그리고 발전량 누적데이터 기반 부하예측을 통한 효율적 능동제어 및 모니터링을 위한 시스템 레이아웃은 그림 2와 같으며 세부 명세는 다음과 같다.

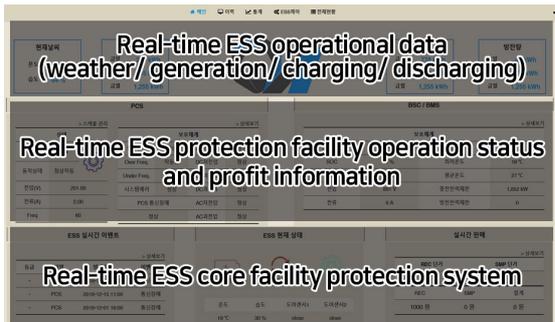


그림 2. EMS 모니터링 시스템 레이아웃
Fig. 2. Layout of the EMS monitoring system

1) EMS 메인페이지의 상단 레이아웃은 실시간 현재 날씨정보, 실시간 태양광 발전정보, 배터리 충/방전량에 대한 상태정보를 포함하는 실시간 ESS 운영데이터 표시

- 날씨정보 수집을 위한 실시간 기상 데이터 연동 날씨정보 표시
- 태양광 발전량 데이터 수집 및 전일대비 발전량 비교를 위한 실시간 전일·금일 발전량 표시
- 전력 충전량 데이터 수집 및 전일대비 충전량 비교를 위한 실시간 전일·금일 배터리 충전량 표시

- 전력 방전량 데이터 수집 및 전일대비 방전량 비교를 위한 실시간 전일, 금일 배터리 방전량 표시

2) EMS 메인페이지의 중간 레이아웃은 ESS 실시간 운영 이벤트 및 시설감시를 위한 온/습도 센서, 도어센서, 공조설비 등을 포함하는 실시간 ESS 보호설비 운영 현황과 ESS 수익정보 표시

- ESS 실시간 이벤트는 운전이력, 장애이력 등 ESS 운영에 대한 모든 이벤트 이력을 포함하며, 상세 페이지를 통하여 모든 운영/장애 이력 표시
- ESS 현재상태는 ESS 운전상태, 실내 온/습도 측정 데이터와 이에 따른 공조 설비 운전여부 파악, 보안을 위한 도어(문열림) 상태 표시
- 실시간 판매는 전력 송전/방전에 따른 실시간 예측 수익 표시

3) EMS 메인페이지의 하단 레이아웃은 PCS 및 BSC, BMS 등 ESS 핵심 설비 보호체계 상태정보

- PCS 상태정보는 운영상태 표시 및 스케줄관리 연동과 내부 보호체계 리스트에 대한 작동여부
- BSC/BMS는 운영상태 및 SOC/SOH를 포함한 이외 다양한 배터리 보호체계 표시

2.3 전력수요 패턴 기반 EMS 모니터링 기술

전력수요패턴 기반 EMS 모니터링을 위한 알고리즘은 그림 3과 같다.

1) 실시간 전력부하 수집 데이터 기반 부하예측 데이터 도출 및 모니터링 기술

- 금일부하예측 그래프는 0시~24시까지 전력부하예측 그래프를 표시함
- 예측데이터는 현재기준 1일, 2일, 3일 이전의 전력부하 데이터의 시간대별 부하량과 1년 전 오늘 날짜의 앞뒤 3일 데이터를 비교하여 근사값(날짜, 요일)을 추출하고, 일치하는 날짜들의 시간대별 평균으로 산출
- 금일발전예측 그래프는 0시~24시까지 시간대별 태양광발전량 예측 그래프를 표시함
- 예측데이터는 현재기준 1일, 2일, 3일 이전의 발전량 데이터의 시간대별 발전량과 1년 전 오늘 날짜의 앞뒤 3일 데이터를 비교하여 근사값(날짜, 온도)을 추출하고, 일치하는 날짜들의 시간대별 평균으로 산출

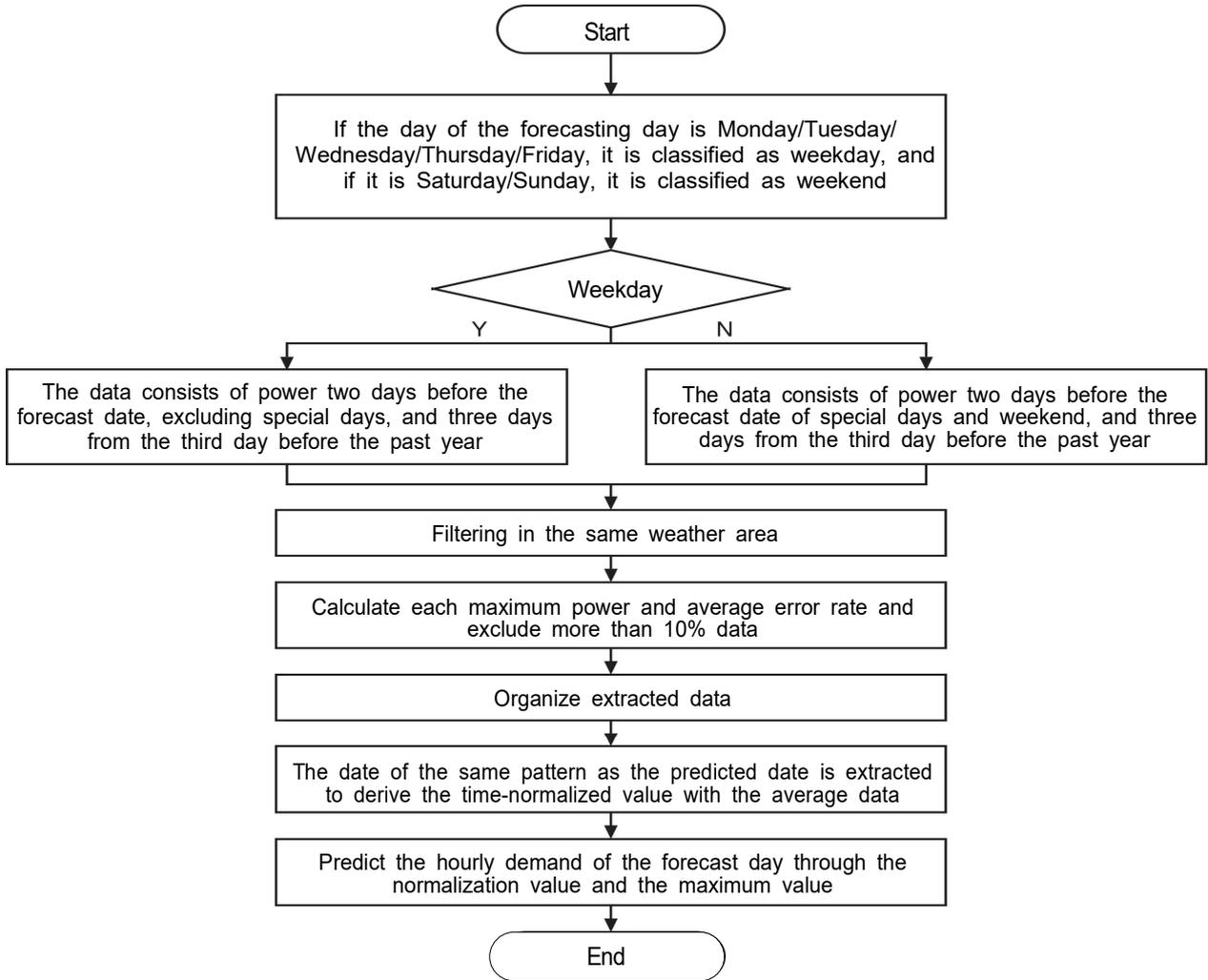


그림 3. 시계열 분석 및 수요 예측 알고리즘

Fig. 3. Algorithm of time series analysis and demand forecast

2) 실시간 날씨정보 데이터 수집 및 분석데이터와 전력부하 분석데이터를 결합한 전력 피크 시간대 예측

- 날씨는 온도, 습도, 날씨상태를 포함
- 날씨데이터는 실시간으로 날씨API를 통해 온도, 습도, 현재 날씨 데이터를 수집하며, 실시간으로 데이터베이스로 저장
- 예측피크부하는 현재기준 1일, 2일, 3일 이전의 피크부하 시간과 1년 전 오늘날짜의 앞뒤 3일 데이터를 비교하여 예상 시간대를 표시

이와 같이 태양광발전 기반 ESS 시스템과 연계하여 외부 환경정보와 함께 수요자 소비패턴 및 발전량 누적데이터 기반 부하예측을 통한 적응적 EMS 시스템이 구현되도록 효율적 능동제어 및 모

니터링 시스템을 개발하였으며, 설계명세에 따라 그림 4와 같이 EMS의 전체적인 현황을 확인하고 그림 5~7과 같이 전력 부하량, 태양광 발전량 및 PCS 부하 예측량을 실시간으로 확인할 수 있도록 구현하였다.

- 신재생에너지 발전정보 및 발전현황 모니터링
 - a) 실시간 신재생에너지 발전량 현황 그래프
 - b) 실시간 발전전력, 금일 누적 발전량 표시
- 전력량계 연동을 통한 실시간 전력 부하량(전력 공급자 및 신재생에너지 전력, 배터리 전력) 표시
- 전력량계 수집데이터 기반 부하 예측 분석 통계 및 모니터링
- 실시간 건물 온/습도 모니터링



그림 4. EMS 메인 UI
Fig. 4. Main UI of the EMS



그림 5. 전력부하
Fig. 5. Power load



그림 6. 태양광 발전
Fig. 6. PV power generation



그림 7. PCS/제어 부하 및 예측
Fig. 7. Load and prediction of PCS/control

2.4 통합 EMS 세부 상태 모니터링 및 제어

BMS(Battery Management System) 도출 데이터 기반 배터리 상태정보 모니터링은 그림 8과 같다.

배터리의 세부현황을 파악하며 에러에 대한 대응을 표시한다. 배터리 Rack의 세부 모듈들을 모두 모니터링을 진행하며, 세부 모듈의 에러발생 시 해당 Rack의 충/방전 운전을 정지한다.

유효전력	0 kW	BscHeartBeat	443	Rack1-SOC	31.9 %	잔존량 (SOC)	31.9 %
무효전력	0 Var	Relay	50	Rack2-SOC	31 %	배터리 수명 (SOH)	100 %
계통주파수	60 Hz	잔존량(SOC)	0 %	Rack3-SOC	31.9 %	DC 전압	930 V
누적 충전량	9,456 kWh	배터리 수명(SOH)	100 %	Rack4-SOC	32.1 %	DC 전류	-22 A
누적 방전량	24,135 kWh	전체 RACK 개수	15	Rack5-SOC	31.9 %	충전 전력 제한	0 A
Pebb-01 온도	35 °C	Online Rack 개수	15	Rack6-SOC	32.1 %	방전 전력 제한	0 A
Pebb-02 온도	34 °C	충전 전력 제한	1,852 kW	Rack7-SOC	32 %	셀 최대 전압	3.563 V
Pebb-03 온도	32 °C	방전 전력 제한	0 kWh	Rack8-SOC	33.1 %	셀 최소 전압	3.523 V
Pebb-04 온도	-	충전 전류 제한	417 A	Rack9-SOC	33.1 %	최대 온도	27.3 °C
AC-R-Phase 전압	0 °C	방전 전류 제한	0 A	Rack10-SOC	32.8 %	최소 온도	23.5 °C
AC-S-Phase 전압	434 V	DC 전압	889 V	Rack11-SOC	32.8 %		
AC-T-Phase 전압	442 V	DC 전류	0 A				

그림 8. ESS 상태정보 모니터링
Fig. 8. ESS status information monitoring

운전이력		장애이력	
장애이력			
⬇ 장애이력 다운로드			
날짜	발생시간	장애코드	내용
2018-12-20	11:00	Pv-Fuse-Open	PV Fuse Open
2018-12-17	16:00	Batt-Fuse-open	Batt.Fuse Open
2018-12-15	10:00	Inv-Fuse-Open	Inverter Fuse Open
2018-12-13	12:00	Batt-Precharge-Fault	Battery Precharge Fault
2018-12-11	16:00	Grid-Precharge-Fault	DC-Link Precharge Fault
2018-12-09	12:00	Ctrl-Power-Fault	Control Power Fault
2018-12-05	16:00	GDE	Gate Driver Error
2018-12-04	15:00	PV-OC-HW	Photovoltaic(PV) Over-current H/W
2018-12-03	10:00	Batt-OC-HW	Battery Over-current H/W
2018-12-02	15:00	Grid-S-OC-HW	Grid S-Phase Over-current detected by H/W
2018-12-01	14:00	Grid-R-OC-HW	Grid R-Phase Over-current detected by H/W

그림 9. 실시간 이벤트 로그 표시
Fig. 9. Real-time event log display

- EMS 도출 데이터 기반 배터리 상태정보 모니터링 기능
- 전력변환장치 상태 및 보호항목 모니터링 기능
- 배터리의 이상상황 감지, 기준온도 이상 발열 시 해당 RACK 또는 배터리 전체 운전/정지 제어 기능

위와 같이 EMS 운영 중 발생하는 많은 에러 또는 이상 현상들은 그림 9와 같이 저장되어 장애이력으로 모니터링 할 수 있도록 구현하였다.

표 2는 PCS에 대한 상태정보 모니터링 항목이다. PCS 통신장치의 경우 PMS와 EMS 간 소켓 연결이

끊어질 경우 PMS에서 자체적으로 운전을 정지하며, 이외 오류 발생시 EMS에서 PMS로 운전 정지 명령 소켓을 생성하여 송신한다. 에러에 의한 운전정지 명령은 PMS 자체적으로 구현하였지만, 명령어가 누락이 될 경우에 대비하여 EMS를 통한 동작 명령 이중화를 구현하였다.

표 2. 전력변환장치 상태정보 모니터링 항목
Table 2. Status monitoring items of power conversion devices

Item	Mark
Operational status	Normality/Abnormality
Volt,Current	x V, x A
Blackout status	Normality/Abnormality
DC Lowvoltage	Normality/Abnormality
DC High voltage	Normality/Abnormality
DC High current	Normality/Abnormality
AC Low voltage	Normality/Abnormality
AC High current	Normality/Abnormality
Under Freq.	Normality/Abnormality
Over Freq.	Normality/Abnormality
Fuse Broken	Normality/Abnormality
Overheating	Normality/Abnormality
System error	Normality/Abnormality
PCS Communication failure	Normality/Abnormality
Reverse current	Normality/Abnormality
PEBB Temperature	Normality/Abnormality

부하 사용량 분석 및 예측에 따라 전력 수요가 많은 피크시간대의 경우 배터리 전력을 소비하고, 이외의 시간에는 한전계통 및 태양광 발전전력을 사용함을 구축 시스템을 통하여 그림 10과 같이 확인하였다.



그림 10. 분석 및 예측 기반 ESS 능동제어
Fig. 10. Active control of ESS based on analysis and forecast

III. 결 론

태양광 발전시스템이 상용화되면서 효율성 증대를 위한 EMS 제어관리와 모니터링 시스템에 관한 중요성이 강조되고 있다.

본 연구에서는 태양광 발전시스템을 효율적으로 제어 및 관리할 수 있도록 기상정보와 함께 수요자 소비패턴 그리고 발전량 누적데이터 기반 부하예측 등 태양광 환경요인을 기반으로 하는 효율적 EMS 시스템을 구현하였다.

구현된 태양광 발전 EMS 시스템은 능동제어 및 모니터링 시스템으로 상용화 측면에서 개발되었다. 실험 결과는 개발된 시스템이 환경요소 수집 데이터를 기반으로 시계열 분석을 통한 부하예측 데이터를 출력하고 있음을 확인하였으며, 데이터의 증가와 함께 분석 요소의 증가를 통해 예측 수요 반응에 따라 효율적인 능동제어가 가능하다는 것을 보였다.

References

- [1] S. G. Woo, "Future Energy Storage Technology by Using Renewable Hybrid", Korea Institute of Energy Research, Final Report Oct. 2014. <http://www.ndsl.kr/ndsl/commons/util/ndslOriginalView.do?dbt=TRKO&cn=TRKO201500014066&rn=&url=&pageCode=PG18>. [accessed: Oct. 2018]
- [2] K. H. Lee, "Industrial ESS Market...Is it the fast-growing U.S. or Europe with high potential?", IndustryNews, 5 July 2018, <http://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=24921>, [accessed: Nov. 07, 2018]
- [3] Sung-In Lee, "Development of Energy Management System (EMS) industry", Korea Energy Economics Institute, Research Report:13-18, pp. 24-26, Nov. 2013.
- [4] J. M. Hwang, S. D. Choi, Y. Choi, and G. Hong, "Reduction EMS developed power consumption utilizing real-time monitoring technique", The Korean Society of Manufacturing Process

Engineers, The Proceeding of the 2016 Spring Conference, pp. 201, Apr. 2016.

- [5] Il-Young Kim, Hong-Sop Kim, Dea-He Kim, and Chan Park, "Design and Implements of EMS Application managed 3kW Smart-Grid Home Energy System", Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference, Vol. 23, No. 2, pp. 103-106, Jul. 2015.
- [6] K. J. Park, Y. B Kwon, and J. N. Choi, "Solar power generation monitoring system", Korea Patent, KR101415163B1 July 2014, <https://patents.google.com/patent/KR101415163B1/ko>, [accessed: Dec. 03, 2018], 2014-07-07 KR101415163B1 Grant
- [7] Y. M. Chae, J. S. Cho, and J. M. Im, "Solar power monitoring system and its monitoring method", Korea Patent, KR101489821B1, <https://patents.google.com/patent/KR101489821B1/ko>, Feb. 2015, [accessed: Dec. 03 2018]
- [8] Se-Young Pyo, Oh-Seok Kwon, and KeeHwan Kim, "A Study on Efficient Management of Solar Powered LED Street Lamp Using Weatherforecast", JIIBC, Vol. 15, No. 2, pp. 129-135, Apr. 2015
- [9] G. H. Park, "ESS, BMS failure caused fire...We need a full investigation", Industry news, <http://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=25940>, Aug. 2018, [accessed: Dec. 03, 2018]

박 종 안 (Jong-An Park)



1975년 2월 : 조선대학교
전자공학과(공학사)
1978년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학석사)
1986년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학박사)
1983년 ~ 1984년 : 미국 Massachus-

sette 주립대학 전기&전자공학과 객원교수
1990년 ~ 1991년 : 영국 Surrey 주립 대학 전기&
전자공학과 객원교수
1975년 ~ 2017년 8월 : 조선대학교 정보통신공학과 교수
2017년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 정보통신공학과
명예교수
관심분야 : 디지털신호처리, 멀티미디어 영상처리, NFC

박 정 민 (Jeong-Min Park)



2004년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학석사)
2009년 2월 : 조선대학교
전기공학과(공학박사)
2015년 4월 ~ 현재 : 조선이공
대학교 자동화시스템과 교수
관심분야 : IT융합, 신재생에너지,

전력전자

저자소개

이 강 준 (Kang-Jun Lee)



2014년 12월 : (주)대문정보
기업부설 연구소 연구원
2015년 3월 ~ 2017년 2월 :
조선대학교 소프트웨어융합
공학과(공학석사)
2017년 3월 ~ 현재 : (주)비온시
이노베이터 기술연구소

관심분야 : IT융합, 소프트웨어 개발, 무선통신기술