

에너지 생산량 소비량 예측을 통한 효율적인 계통 독립형 ESS 제어 시스템

주종율* · 오재철**

Efficient Grid-Independent ESS Control System by Prediction of Energy Production Consumption

Jong-Yul Joo* · Jae-Chul Oh**

요 약

본 논문에서는 신재생에너지와 농업ICT를 활용한 시설농업용 제어와 에너지생산량과 소비량 예측을 통해 효율적인 계통 독립형 ESS제어시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 전력계통 정밀 위상 및 데이터를 시각화하여 유지보수 및 모니터링을 수행할 수 있는 통합 관리 시스템으로 장애 발생 시 자동으로 이에 대해 대처하고 데이터 수집, 처리, 제어가 가능하며, 태양광발전의 전력 발전과 설치된 설비들의 소비 패턴, 설비들의 동작 트렌드를 분석, 기상청 OpenAPI를 활용한 에너지 생산량 소비량 예측을 통해 최적의 에너지 운영 방법을 제시함으로써 불필요한 에너지 소비를 줄이고 운영비용을 절감할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we propose an efficient grid-independent ESS control system through the control of renewable energy and agricultural ICT by utilizing the prediction of energy production and consumption. The proposed system is an integrated management system that can perform maintenance and monitoring by visualizing the accurate phase and data of power system. It can automatically cope, collect, process, and control the data. Also, it can analyze the power generation of solar power generation, consumption pattern of installed facilities, and operation trend of facilities. Further, it can predict the consumption of energy production and present the optimal energy management method by using the OpenAPI of the Korea Meteorological Administration, thereby reducing unnecessary energy consumption and operating cost.

키워드

Ess control, Agricultural equipment control, Stand Alone system, Integrated Monitoring System, Renewable Energy
ESS 제어, 농업 설비 제어, 계통 독립, 통합 모니터링 시스템, 신재생 에너지

1. 서 론

현대 산업 사회에서 에너지는 전력 산업과 매우 밀접한 관계를 갖고 있으며 이러한 전력 산업은 중앙 집중형(Central Station) 방식의 대규모 전원 개발을 중심으로 수요에 대응해 왔다. 그러나 고도의 경제성

* (주)지에스씨 연구원(rtls@rtls.co.kr)

** 교신저자 : 순천대학교 컴퓨터학과

• 접수일 : 2018. 10. 31

• 수정완료일 : 2018. 12. 23

• 게재확정일 : 2019. 02. 15

• Received : Oct. 31, 2018, Revised : Dec. 23, 2018, Accepted : Feb. 15, 2019

• Corresponding Author : Jae-Chul Oh

Dept. of Computer Engineering, Suncheon National University,

Email : ojc@suncheon.ac.kr

장과 소득증대 및 생활수준 향상으로 인한 전력 사용량 급증으로 에너지 자원 한계, 환경 제약 등의 문제점에 직면해 있다. 이러한 에너지를 둘러싼 산업전체와 국민경제의 심각한 상황 인식하에서 지속적인 전력 수급의 안정성 확보 및 전력 에너지의 효율적 이용을 위한 전력 시스템 개발, 더 나아가 에너지 수입량 저감을 위하여 전력 수급 양면에 걸친 대책의 마련이 절실히 요구되고 있다. 그 중 하나의 대책으로 신재생에너지 분산형 전원(Distributed Resource, DR)과 에너지저장장치(Energy Storage System, ESS)의 개발과 도입이 활발히 이루어지고 있다[1-2].

여러 산업분야 대규모 빌딩, 주택에서의 태양광 및 ESS를 도입한 에너지 관리 시스템들이 상용화되고 있으나 아직 농업 분야의 시설물에 대한 에너지 소비 패턴과 이에 맞는 최적의 에너지 관리 시스템은 아직 개발 되지 못한 실정이다.

농업분야의 설비들은 계절적 요인에 의해 소비량과 소비 패턴이 크게 달라지는 특성을 가지고 있으며, 기존의 에너지 관리 시스템을 적용하기 어려움을 가지고 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위해 난방, 환풍기, 제습, 관수, 개폐기 등과 같은 농업 분야 설비들을 계절별, 날짜별, 작물 생장 과정별로 전력 소비 패턴에 맞는 최적의 에너지 관리시스템이 요구되고 있다.

또한, 기상 데이터를 통해 앞으로의 태양광 발전량과 설비들의 전력 소비량을 예측하여 계통 전력의 사용을 최소화하는 ESS 충·방전 스케줄링이 수행되어야 한다.

본 논문에서는 신재생에너지와 농업ICT를 활용한 시설농업용 제어와 에너지생산량과 소비량 예측을 통해 효율적인 계통 독립형 ESS제어시스템을 제안한다.

제안된 시스템은 전력계통 정밀 위상 및 데이터를 시각화하여 유지보수 및 모니터링을 수행할 수 있는 통합 관리 시스템으로 장애 발생 시 자동으로 이에 대해 대처하거나 데이터 수집, 처리, 제어가 가능하다.

또한, 태양광발전의 전력 발전과 설치된 설비들의 소비 패턴, 설비들의 동작 트렌드를 분석, 기상청 OpenAPI를 활용한 에너지 생산량 소비량 예측을 통해 최적의 에너지 운영 방법을 제시함으로써 불필요한 에너지 소비를 줄이고 운영비용을 절감할 수 있다.

설비들의 장애 발생 시 능동적으로 대처가 가능하며, 효율적인 에너지 관리를 통한 에너지 소비량 감소를 유도하고 이로 인해 CO₂ 배출량 감소 효과를 기대할 수 있다.

II. 관련연구

2.1 에너지 저장장치(ESS)의 개요

에너지 저장장치이란 전기 수요가 적을 때 생산된 전력을 전력계통(Grid)에 저장하였다가 전기 수요가 높을 때 저장된 전기를 공급해주는 시스템을 말한다[3].

특히, 현재에 우리나라에서는 많이 활용하고 있는 리튬이온전지 기반의 배터리 형 전기저장장치는 전기 에너지를 화학에너지로 전환하여 저장하고 필요한 시기에 방전하여 공급할 수 있는 시스템 또는 장치인데 이러한 시스템 또는 장치를 총괄하여 일반적으로 전기저장장치(Electricity Storage System) 또는 에너지 저장장치로 정의하고 있다[4-7].

에너지 저장장치는 배터리(Battery)시스템과 배터리의 충·방전 상태를 관리 및 제어를 위한 배터리관리 시스템(BMS, Battery Management System)을 기본으로 하고, 추가적으로 생산된 전력의 주파수와 전압을 계통 및 부하 특성에 맞추어 변환하고 관리하기 위한 전력변환장치(PCS, Power Conditioning System)와 에너지저장시스템을 모니터링하고 제어를 위한 에너지 관리 시스템(EMS, Energy Management System)으로 구성으로 크게 4가지로 구분된다[8-9].

2.2 계통 독립형(Stand Alone System) ESS 시스템

계통 독립형 시스템(Stand Alone System)이란 도서지역과 같이 전기가 들어오지 않는 지역에서 태양광 발전이 가능한 기간 동안 축전지에 전력용 전력을 저장하였다가 사용하는 방식으로 태양광발전 시스템 자체의 전력만으로 부하에 전력을 공급하는 시스템을 말하며, 계통선(상용전원)과 무관하게 계통과 독립된 형태이다.

계통 독립형 시스템은 전기를 발전하는 태양광 모듈, 심야나 우천 등 약천 후 시에도 전기를 사용할 수 있도록 축전하는 배터리, 발전된 직류를 일상적으로

사용가능한 교류로 변환해주는 전력변환장치(PCS, Power Conditioning System)로 구성된다.

태양광 모듈 이외에도 보조일이 장기화되거나 장비의 고장 등의 경우를 대비하여 보조용으로 디젤발전기 및 풍력 발전기를 갖춘 복합 발전(Hybrid) 시스템으로 활용이 가능하다[10].

2.3 에너지 사용 및 소비패턴 특징

에너지 사용 및 소비패턴의 특징은 크게 4가지로 파악이 된다. 먼저, 첫 번째로는 전기에너지 연간 사용성상의 특징으로는 연 기준으로 분석하여 보면 계절적인 변동성을 반영하고 있으며, 여름, 겨울, 봄가를 순으로 사용량이 많은 특징을 보여준다.

두 번째, 전기에너지 주간 사용상의 특징으로는 주간 기준으로 요일에 따른 변동성을 반영하고 있으며, 근무일(주중)이 휴일(주말)보다 사용량이 많은 특징을 보여주고 있다. 즉, 주중일 월~금은 전기에너지의 사용량이 많으며 토, 일의 주말은 큰 폭으로 에너지의 사용량이 감소된 것을 알 수 있다.

세 번째 전기에너지 일, 시간대별 사용상 특징을 일, 시간의 기준으로 근무시간 여부에 따른 변동성을 반영하고 있으며 근무시간이 근무 외 시간대보다 전기에너지의 사용량이 많은 특징을 보여주고 있다.

네 번째 전기에너지 용도별 사용상 특징을 용도별 기준으로 외부의 영향을 받는 냉난방 및 냉난방 공용 부분은 기온의 변경에 따른 변동성을 반영하고 있으며 그 외의 내부적인 요소의 영향을 받는 조명, 전열, UPS, 환기, 승강기 등 부분은 연간 월별 변동성이 거의 없는 일정한 사용량의 60% 수준을 보여주고 있다. 반면에, 외부의 영향을 받는 냉난방 및 냉난방 공용 부분의 전기 사용량은 계절에 따른 변동성이 큰 특징을 보여주고 있다.

III. 에너지 생산량 · 소비량 예측을 통한 효율적인 계통 독립형 ESS 제어시스템

3.1 ESS운영시스템 개요

본 논문에서 제안하는 에너지 생산량과 소비량 예측을 통한 ESS 운영방식을 살펴보면 먼저 안정적인 태양광 발전데이터 및 정밀위상을 측정하기 위한 PMU를 설계 제작하고, 고정밀 셀전압을 측정하고 셀

번런싱하기 위해 BMS를 설계하였다.

또한, 설비들의 에너지 생산량 및 소비량을 분석하여 에너지 생산량 및 소비량 예측 알고리즘을 고안하고 계통 전력 사용을 최소화 하도록 최적의 ESS 운영 제어시스템을 개발하고자 한다.

제안하는 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

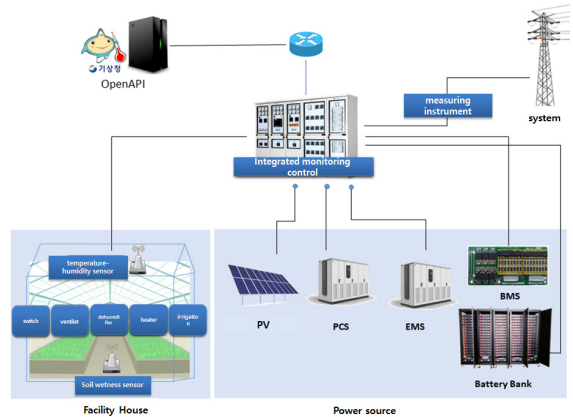


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1 System configuration diagram

3.2 농업시설물 연계형 ESS

농업시설물 연계형 ESS 제어 시스템은 농업 설비들의 전원과 연계된 BMS, PCS, 충·방전 제어 시스템으로 기존의 ESS가 별도의 전기 실을 이용하는 것에 반해 제안한 ESS시스템은 농업용 시설하우스에 특화된 소규모 창고형 하우스로 설계, 제작되었다.

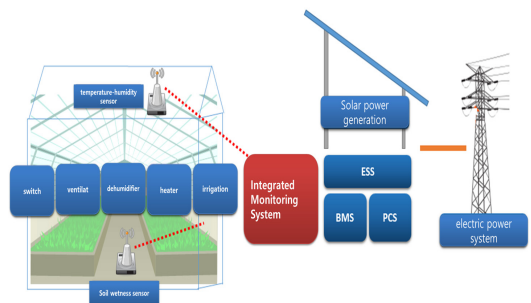


그림 2. 농업시설물 연계형 ESS 구성도
Fig. 2 Agricultural construction-linked ESS

계통 정전 시 농작물의 피해 방지를 위한 비상 전 원장치로 자동 전환이 될 수 있게 구성되었다.

3.3 농업 적용 에너지의 최적 운영을 위한 알고리즘 및 제어시스템

농업 적용 에너지의 최적 운영을 위한 알고리즘 및 제어시스템은 겨울철 폭설, 한파 대비를 위한 비상 난방 전력 공급 기능을 제공하며, 현재의 기상 상태, 계절적 요인 재배 작물을 고려하여 계통 전력의 사용을 최소화하는 ESS 에너지 운영 알고리즘으로 구성되는 그림 3과 같다.

에너지 생산량 및 소비량 예측은 전기에너지의 생산량과 소비량에 영향을 주는 전기에너지의 생산 및 소비 패턴을 분석하여 그 데이터를 바탕으로 보다 효율적인 전기에너지의 사용 방안을 제시하고 전기에너지의 비율 절감을 통한 에너지 사용의 효율성을 높이고자하였다.

설비들의 상황별 에너지 소비패턴을 분석, 구동전력 및 사용 중에 소비되는 전력량 및 패턴을 분석하였다.

환경 센서들과 기상청 OpenAPI를 활용하여 구름의 양, 온도, 습도를 통해 앞으로의 발전 가능한 태양광 전력을 분석하여 에너지의 생산량 알고리즘을 설계하였다. 또한, 설비별 에너지의 소비패턴을 분석 자료를 통해 에너지 소비량에 대한 예측 알고리즘을 설계하였다.

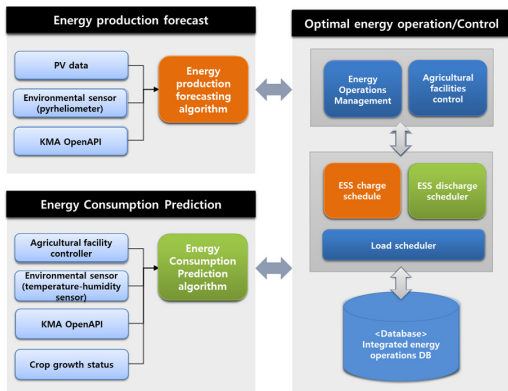


그림 3. ESS 에너지 운영 알고리즘 구성도
Fig. 3 Configuration diagram of ESS energy operation algorithm

에너지 최적 운영 제어는 예측된 에너지 생산량과 소비량, 현재 사용전력을 기초로 ESS 충·방전 스케줄러, 부하 스케줄러를 제공한다.

또한, 시설하우스에 설치되는 개폐기, 환풍기, 난방기, 관수 모터/밸브, 제습기의 가동 시 태양광 발전 전력과 ESS 충전율을 고려하여 자동으로 충·방전을 제어하는 기능을 제공하며, 최대 소비 전력을 낮추기 위한 목표(피크)전력 설정과 이에 맞춰 자동으로 방전을 수행하는 피크 제어 기능을 제공한다.

3.4 통합 모니터링 및 인터페이스

태양광 발전, ESS, PCS로부터 데이터 수집 및 충·방전 제어 신호 전송을 위해 RS-485유선통신 모듈 개발하였으며, 시설하우스에 설치되는 환경센서(온·습도센서, 토양 습윤량 센서) 등과 태양광 발전 예측을 위한 일사량 센서에 대한 유무선 통신모듈을 개발하였다.

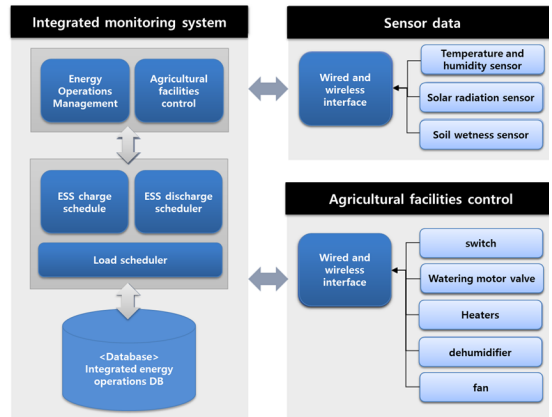


그림 4. 통합 모니터링 시스템 유무선 통신 인터페이스 구성도

Fig. 4 Integrated Monitoring System Wired / Wireless Communication Interface Configuration Diagram

온·습도 센서, 토양 습윤량 센서는 무선 통신 모듈을 통해 통합 모니터링 시스템으로 전송하고, 일사량 센서는 RS-485 유선 통신을 이용해 일사량 데이터를 전송한다.

통합 모니터링 시스템은 개폐기, 환풍기 제습기, 난방기, 관수 밸브를 제어하는 시설하우스 복합 제어 시스템과 에너지 운영 제어 시스템을 통합한 모니터링 시스템으로 시설하우스 제어 시스템과 에너지 운영 시스템이 서로 연동 되어 최소한의 계통 전력을 사용하도록 하였으며, 제안시스템의 구현화면은 그림 5와 같다.



(a)관수제어시스템 외부
(a)Integrated system outside



(b)관수제어시스템 내부
(b)Integrated system inside
그림 5. 통합시스템
Fig. 5 Integrated system

통합모니터링 시스템의 메인화면은 그림6과 같으며, 메인화면서는 시설하우스 환경정보, 농업시설물의 장비상태와 ESS설비 정보등 간략하게 시각화 되도록 하였다.

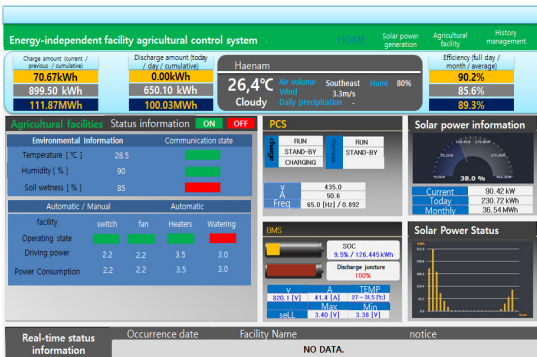
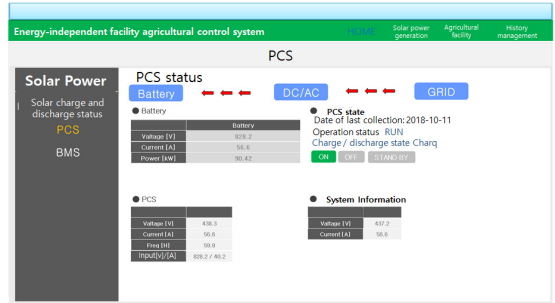


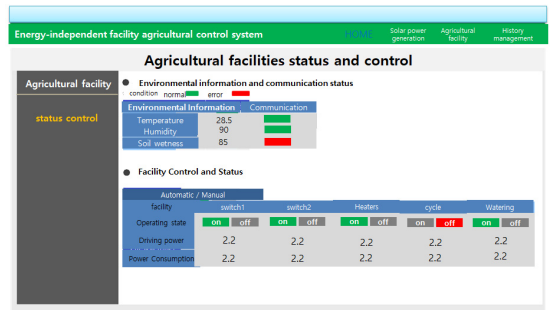
그림 6. 통합 모니터링 시스템 메인 화면
Fig. 6 Integrated monitoring system main screen

태양광 발전 화면에서는 태양광 총·방전 현황, PCS, BMS 상태정보를 시각화 하면 제어할 수 있다

록 하였고, 농업시설화면에서는 농업시설의 환경정보와 시설물의 제어 및 상황 정보를 시각화하여 보여준다.



(a)태양광 발전 화면
(a)Photovoltaic screen



(b)농업 시설 화면
(b)Agricultural Facilities Screen
그림 7. 모니터링 제어
Fig 7. Monitoring control

이력관리 화면에서는 PCS, BMS, 알람 등 태양광 발전시설들의 이력상황을 시각화하여 보여준다.

IV. 결론 및 향후개선 방향

본 논문에서 제안한 시스템은 환경센서와 기상청 OpenAPI를 활용하여 기상 상태 파악 및 에너지 생산량 소비량을 예측함으로써 농업 시설물에 특화된 ESS의 스케줄 충·방전 제어, 피크 제어 기능을 제공한다.

태양광 발전의 전력과 시설농업에 설치된 설비들의 소비패턴 설비들의 운전 트렌드를 분석, 기상청 OpenAPI를 통한 에너지 발전량 및 소비량 예측을 통해 최적의 에너지 운영 방법을 제시함으로써 불필요

한 에너지 소비를 줄임으로써 운영비용을 절감할 수 있다.

또한, 제안된 시스템에서 장애 발생 시 능동적으로 대처하여 효율적인 에너지 관리를 통한 에너지 소비량 감소를 유도하고 이로 인해 CO2 배출량 감소 효과를 기대하며, 향후 농업ICT와 연계된 마이크로그리드 사이트의 발전원 및 부하 패턴 분석에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2018 년 과학기술정보통신부의 재원으로 에너지신산업 SW 융합클러스터 조성 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (S0173-16-1002).

References

[1] C. Mook, H. Woo, S. Hee, and C. Ha, "Power Conversion System (PCS) technology of building energy storage system (ESS)," *The Korean Institute of Illuminating and electrical Installation Engineers*, vol. 28 no. 3, 2014, pp. 57-63.

[2] MOTIE, "The Second Korea Energy Master Plan," *Ministry of Trade Industry and Energy*, 2014, pp. 1-159.

[3] Y. Ryu and J. Park "Profile-based open ESS system technology," *Korea Institute Of Communication Sciences*, vol. 33 no. 7, 2016, pp. 40-46.

[4] A. Cheung, "Battery innovation: incremental or disruptive?," *Bloomberg New Energy Finance Presentation Slide*, 2012, pp. 1-15.

[5] IEA, "Technology Roadmap- Energy Storage," *Energy Technology Perspective*, 2014, pp. 1-64.

[6] Z. Yang, J. Zhang, C. Michae, X. Lu, D. Choi, J. Lemmon, and J. Liu, "Electrochemical energy storage for green grid," *Chemical reviews*, vol. 111 no. 5, 2011, pp. 3577-3613.

[7] H. Kang, J. Lee, and C. Kim, "A Study on the Technical trends of Energy New Industry and Business Model in Electric Power Market," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication*

Sciences, vol. 11, no. 8, 2016, pp. 773-782.

[8] W. Lee and J. Yeo, "Analysis example of Peak Reduction ESS installation of commercial buildings," *The Korean Institute of Illuminating and electrical Installation Engineers*, vol. 3 no. 1, 2017, pp. 52-58.

[9] S. Kim, "Energy storage technology for power," *The Korean Institute of Power Electronics*, vol. 23 no. 2, 2018, pp. 35-39.

[10] Korea Battery Research Association, "Independent ESS Southeast Asian market survey," *Technical report*, 2014. pp.1-194.

저자 소개

주종율(Jong-Yul Joo)



1999년 한국방송통신대학교 컴퓨터공학과 졸업(이학사)
 2001년 순천대학교 정보과학대학원 컴퓨터공학과 졸업(이학석사)
 2015년 순천대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사(수료)
 2004년 ~ 현재 (주)지에스씨 대표이사
 ※ 관심분야 : 공장자동화시스템, 사물인터넷, 임베디드시스템, 센서네트워크

오재철(Jae-Chul Oh)



1978년 전북대학교 전기공학과 졸업(공학사)
 1982년 전북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1988년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
 1984년~1986년 기전대학교 전자계산학과 전임강사
 1986년~현재 순천대학교 컴퓨터공학과 교수
 ※ 관심분야 : 임베디드시스템, USN, 네트워크 설계 및 분석