

안전한 ESS 사용을 위한 System 구조와 GUI 구현에 관한 연구

김 완 태* · 김 현 식** · 박 병 준***

A Study on System Structure and GUI Implement for Secure ESS use

Kim Wantae · Kim Hyunsik · Park Byungjoon

〈Abstract〉

As interest in the efficiency use of energy has been recently rising, studies have been performed in utilizing various types of eco-friendly green energy and natural energy. Especially there has been rapidly increase in the fields using ESS (Energy Storage System), which is the technology for storing the energy from nature. The application fields of ESS is continuously growing and expanding to various types of technologies. However, in recent years there have been continuing problems with the safety of ESS. And related researches are going on.

In this paper, we has proposed a system structure to utilize more secure ESS and has monitored the system status of ESS in real time by using smart phone app. This paper has also proposed a new method to configure secure ESS by implementing GUI (Graphical User Interface) to control the system. And then explain experimental results to investigate the efficiency of the proposed ESS.

Key Words : ESS, Smart Phone, Battery, GUI, IoT

I. 서론

근래에 들어 효율적인 에너지 사용에 대한 관심이 높아지고 있으며, 전 세계적으로 다양한 형태의 친환경 에너지 및 자연 에너지 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그 가운데 ESS(Energy Storage System)는 다양한 분야에서 사용되고 있으며, ESS 기술의 활용은 계속

증가할 것으로 기되 되고 있다[1-3]. 그러나 최근 들어 ESS의 화재율이 1.5%를 넘어 위험군에 속하는 등, 안전에 대한 문제가 지속적으로 제기되고 있고 정부에서는 가동중단을 권고한 상태이며 이러한 ESS 안전 문제에 대한 정부대책이 조만간 발표될 예정이다. 이러한 ESS 사용을 위한 안전에 대한 관심이 높아지고 있으며, 안전한 ESS 사용을 위한 다양한 방법들이 출현되고 있다[4-7]. ESS는 자연에서 얻어지는 에너지를 저장하여 필요시 사용할 수 있는 기술로서 대표적으로 태양에너지, 수력에너지, 풍력에너지를 저장하며, 자연에서의 에너지 공급이 불가능할 경우 상시전

* 서일대학교 정보통신공학과 조교수

** 서일대학교 소프트웨어공학과 조교수(교신저자)

*** 서일대학교 소프트웨어공학과 조교수

원을 이용하여 충전하는 구조로 구성되는 것이 가장 일반적인 방법이다. ESS의 저장 능력은 적게는 몇 mA에서부터 많게는 수십 kA까지 저장하여 사용 할 수 있으며, 사용 용도에 따라 기술을 확장하여 구성 한다.

본 논문에서는 ESS의 안전한 사용을 위해 위험 요소를 정의하고 이를 해결하기 위한 시스템 구조와 IoT 기술을 이용하여 스마트폰(Smart Phone)에서의 모니터링과 컨트롤을 위해 스마트폰 앱(Smart Phone App)을 이용할 수 있도록 GUI(Graphical User Interface)를 구현한다.

력소모가 많은 산업 및 서비스 업종에서 사용하고자 시도 하였으나 기대에 못 미치는 수준에 머무르고 있지만, 해외에서는 사용하고자 하는 욕구가 점점 증가 하고 있다. 특히 베트남, 캄보디아 등 전력 시스템 구축이 미흡하고 자연에너지를 얻을 수 있는 환경일수록 ESS 사용에 대한 관심이 높아지고 있으며, 최근 국내에서는 전력 공급이 원활하지 못한 아웃도어 활동 시 적은 사용량의 전력을 필요로 할 경우에 소형 ESS를 구성하여 사용하고자 하는 요구 또한 증가되고 있다. 이러한 ESS의 자연에너지 수급을 위한 개요도는 <그림 2>와 같다.

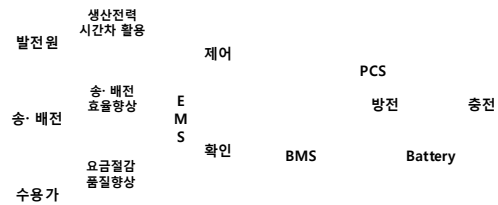
II. Energy Storage System



<그림 1> Energy Storage System 개요

<그림 1>은 에너지 저장 장치 시스템인 ESS의 개요로, 이러한 ESS는 기존 전력 시스템으로부터 전력을 공급받아 사용하는 방식에서 소비자가 직접 자연 에너지를 통해 전력을 생성하여 저장한 후 필요 시 사용함으로써 사용자는 전력 사용에 필요한 비용을 줄일 수 있으며, 전력시스템 운용자에게는 전력 공급 부족으로 인해 발생하는 문제를 줄일 수 있는 기술이다.

사용자는 낮 시간을 이용하여 태양광, 풍력, 수력 등을 이용하여 에너지를 저장하며, 전력 사용이 많은 시간대 및 전력 공급이 부족해질 경우 저장해 놓은 전력을 사용할 수 있게 된다[8]. 국내에서는 주로 전

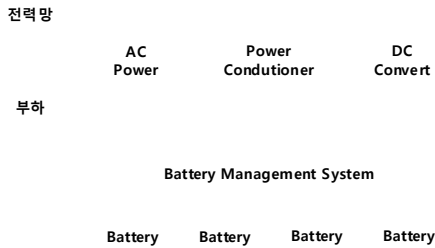


<그림 2> Energy Storage System 구성

ESS의 에너지 공급원은 대표적으로 자연에너지인 태양열, 수력, 풍력이며 이들의 공급이 부족하거나 원활하지 않을 경우 송·배전을 통해 공급을 받는다. 공급받은 에너지는 축전기를 통해 저장되고, 사용자의 요구에 따라 필요시 출력하여 사용하게 된다. 원활한 ESS 사용을 위해 ESS의 저장 전력이 기준미달 일 경우 송·배전을 통한 상시전원으로 충전할 수 있도록 구성하며, 자연에너지를 통한 충전이 이루어 질 수 있는 환경에서의 사용이 무엇보다 중요하다. 하지만 자연환경 및 상황이 항상 일정할 수 없으므로 시스템 구성은 다양한 환경을 적용하여 구성한다[9-10].

<그림 3>은 이러한 ESS를 구성하고 있는 시스템 블록도이다. ESS는 전력망과 부하로부터 입력되는 AC 전원을 전력 상태를 분석한 후 DC 변환을 수행 하게 된다. DC 전원은 배터리 관리 시스템으로 입력

되게 되고, 사용자의 요구에 따라 다수의 배터리 또는 사용자가 필요로 하는 전원 량에 비례하여 구성된 배터리에 축적되게 된다.



<그림 3> Energy Storage System Block

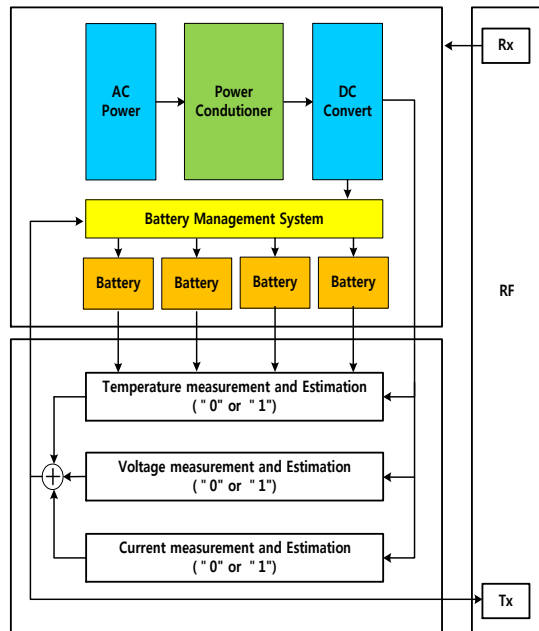
III. 안전성을 위한 시스템 구조제안

이러한 ESS는 다양한 분야에 사용되고 있으며, 근래에 들어 급격한 사용 증가와 함께 안전성 문제가 제기되고 있으며 그에 따라 안전에 대한 다양한 연구 또한 진행되고 있다[6-7]. 그러나 여전히 화재원인 파악 등, ESS 안전과 관계된 연구가 부족한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 안정적인 ESS 사용을 위한 시스템 구조를 제안한다.

ESS 사용에 있어 가장 기본적인 문제로는 과전압, 과전류 그리고 높은 온도로 인해 발생하는 시스템 오류 및 화재에 대한 불안정 요소가 가장 큰 문제로 제시되고 있다. <그림 4>는 이러한 ESS의 안정적인 시스템 구성을 위해 제안하는 시스템 블록도이다.

ESS는 <그림 2>에서와 같이 에너지 저장을 위한 입력 원으로 자연에너지인 태양열과 수력 그리고 풍력을 기본으로 한다. 하지만 시스템 구성과 상황에 의해 자연에너지가 공급되지 않을 때를 대비하여 송·배전을 통한 상시전원을 공급받게 된다. ESS는 활용에 따라 입력 에너지원의 구성을 다양하게 할 수

있지만, 논문에서는 가장 기본형인 자연에너지를 통한 축적을 기본으로 하고 저장능력이 부족할 때 상시전원을 통해 입력 받는 구조를 가정한다. 입력되는 전원은 AC 전압으로 입력되게 되고 전압상태를 확인한 후 DC 전압으로 변환되어 배터리 관리 시스템을 통해 배터리로 저장되게 된다. 이때 DC 변환장치의 오류 및 배터리 관리 시스템의 오류 또는 배터리 오류로 인해 과전압 및 과전류가 발생될 수 있고, 외부적인 환경에 의해 배터리의 온도가 급격히 상승할 수 있다. 따라서 시스템 오류가 발생되었을 때 발생한 오류가 지속되지 않도록 해야 하며, 시스템의 지속적인 모니터링이 필요하다.



<그림 4> 제안하는 시스템

논문에서 제시한 시스템 구조는 ESS에서 사용되고 있는 배터리의 전압과 전류 그리고 온도를 측정하여, 정상적인 배터리가 가져야 할 최댓값과 제시하는 시스템을 통해 얻어지는 측정값을 비교하여 기준 '0' 값이 도출되면 정상상태로 판단하고, '1' 값이 도출되면

비정상 상태로 판단하게 된다. 결과 값을 도출하기 위한 식은 다음과 같다.

식 (1)

$$Value = (-V_{MAX} + V_{EV}) + (-C_{MAX} + C_{EV}) + (-T_{MAX} + T_{EV})$$

V_{MAX} : Voltage Max Value
 V_{EV} : Voltage Estimation Value
 C_{MAX} : Current Max Value
 C_{EV} : Current Estimation Value
 T_{MAX} : Temperature Max Value
 T_{EV} : Temperature Estimation Value

식 (1)에서 Value는 전압과 전류 그리고 온도에 대하여 최댓값과 측정값을 연산하여 양수의 값이 나올 경우 '1'값으로 치환하고, 음의 값이 나올 경우 '0'으로 치환한다. 치환된 값에 대하여 전압과 전류 그리고 온도에 대한 결과 값을 OR 연산을 수행하게 되면 정상 동작일 경우는 '0'값이 도출되게 되고, 3가지 항목 중 하나라도 비정상 동작을 하게 되면 '1'값이 도출되게 된다. 시스템 연산을 통해 '1'값이 도출되게 되면 ESS의 배터리 관리 시스템에 차단 명령을 내릴 수 있도록 구성하였다.

제시된 시스템에서는 실시간으로 측정되는 데이터를 RF 신호를 통해 사용자의 스마트폰으로 전송하며, 사용자는 어떤 환경에서든 ESS를 모니터링하고 에너지 충전 및 시스템 동작을 차단할 수 있도록 구성하였다.

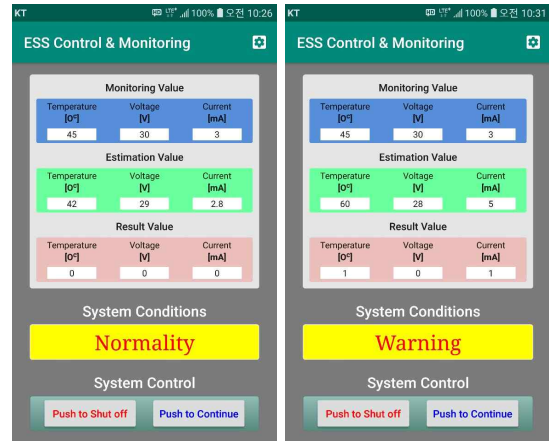
IV. GUI 설계 및 구현

ESS의 안전한 사용을 위해 스마트폰 앱을 통해 GUI를 구현하였다. GUI에 구성은 현재 시스템 상태를 확인할 수 있도록 현재 시스템에서 측정되는 값을 표시할 수 있도록 Monitoring Value를 구현하여 ESS

로부터 출력되는 전압[V], 전류[mA], 온도[O]를 실시간으로 확인할 수 있도록 구현하였다.

Estimation Value는 ESS로부터 출력된 전압, 전류, 온도 값을 입력받아 측정된 값을 확인할 수 있도록 구현하였으며, Result Value는 식(1)을 통해 시스템이 허용할 수 있는 최댓값과 측정된 값을 연산한 결과 값으로 시스템이 허용할 수 있는 최댓값을 이용하여 평가된 결과 값을 '0' 또는 '1'로 확인할 수 있도록 구현하였다.

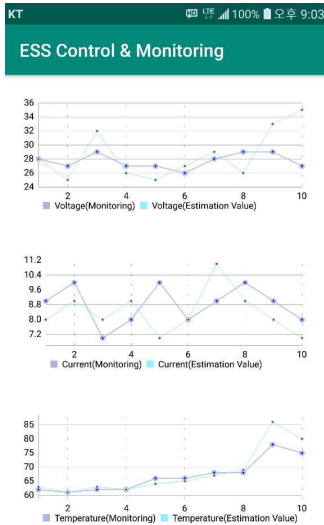
사용자는 시스템 상태를 확인한 후 Shut off를 통해 시스템을 차단할 수 있도록 구현하였다. 또한 경고 메시지가 확인되어도 사용자 판단에 의해 정상동작 이라고 확인이 된 경우에는 현재 상태를 유지할 수 있도록 구현하였다. <그림 5>의 왼쪽 그림은 시스템 측정결과가 정상으로 판단된 경우이다. 현재 시스템에서 측정된 결과 Result Value가 모두 '0'으로 도출된 것을 확인할 수 있다. 분석된 결과 값이 '0'으로 판단되면 현재 시스템 상태는 Normality로 표시되며 사용자는 어떠한 조치를 취하지 않아도 된다.



<그림 5> 정상동작 시 / 비정상동작 시 GUI 모습

<그림 5>의 오른쪽 그림은 ESS 시스템이 허용하는 최댓값과의 연산된 결과가 전압과 온도와 전류에 대

하여 '1' 이 도출되었으므로 시스템 상태는 Warning 메시지를 표시하게 된다. 이때, 측정된 값과 분석된 값을 살펴보면 두 값에 차이가 발생한 것을 확인할 수 있다. 이 경우 사용자는 System Control을 통해 Push to the shut off를 입력함으로써 시스템을 차단할 수 있다. 또한 시스템을 확인한 후 측정된 결과가 Warning 메시지를 표시 하고 있다 하여도 사용자가 판단했을 때 일시적인 현상이거나 오류가 아니라고 판단했을 경우, Push to Continue를 선택하여 지속적인 시스템 운용을 할 수 있도록 구성하였다.



<그림 6> 측정값 모니터링

또한 <그림 6>과 같이 측정된 데이터를 누적하여 사용자가 모니터링 할 수 있도록 함으로써 향후 누적된 데이터를 기반으로 시스템 이상에 대한 사전 예측, 대응 등에 활용할 수 있도록 하였다[11-12].

V. 평가

본 논문에서는 안전한 ESS를 사용하기 위한 시스템 구조를 제안하고 스마트폰 앱을 이용한 ESS 상태의 모니터링과 컨트롤을 수행 할 수 있도록 GUI를 구현하였다. 논문에서 제시한 방법을 검증하기 위해 모의시험을 통해 결과를 확인해 보았다.

<표 1> 모의시험을 위한 파라미터

항목	모의시험 파라미터
1	최대전압 30[V]
2	최대전류 10[A]
3	최대온도 80oC
4	전압범위 20 ~ 40[V]
5	전류범위 5 ~ 15[A]
6	온도범위 60 ~ 100[oC]

<표 2> 모의시험 결과

	Monitoring Value			결과 값	시스템상태
	Estimation Value				
	전압	전류	온도		
1	28	9	62	0	Normality
	28	8.5	63		
2	27	10	61	0	Normality
	25	9	61		
3	29	7	62	1	Warning
	32	8	63		
4	27	8	62	0	Normality
	26	9	62		
5	27	10	66	0	Normality
	25	7	64		
6	26	8	66	0	Normality
	27	8	65		
7	28	9	68	1	Warning
	29	11	67		
8	29	10	68	0	Normality
	26	9	69		
9	29	9	78	1	Warning
	33	8	86		
10	27	8	75	1	Warning
	35	7	80		

모의시험을 위해 두 가지 가정을 설정한다. 하드웨어 구현 시 발생하는 잡음은 가정하지 않으며, RF 전송에서 발생할 수 있는 오류에 대해서는 가정하지 않는다. 모의시험에서는 제시되는 알고리즘과 그에 따른 GUI의 동작에 대하여 평가한다. <표 1>에 정의된 파라미터를 이용하여 모의시험을 수행 하였다. <표 2>에서의 모의시험 결과를 보면 10번의 시험 중 3, 7, 9, 10 의 4번의 결과가 Warning 메시지가 나타난 것을 확인할 수 있다. 3번의 경우 전압에서 문제가 발생되었으며, 7번은 전류, 9번은 전압과 온도, 10번은 전압에서 문제가 발생된 것을 알 수 있었다.

VI. 결론

본 논문에서는 안전한 ESS 사용을 위한 시스템 구조를 제안하고 스마트폰 앱을 이용하여 시스템을 모니터링 하고 컨트롤 할 수 있는 GUI를 구현하였다. ESS 시스템의 사용이 증가함에 따라 안전에 대한 문제가 무엇보다 중요하며 특히 배터리의 전압, 전류가 기준치 이상으로 입력될 때 발열로 인한 화재 문제가 발생되고 있다. 또한 설치 장소 및 환경에 의해 시스템의 온도상승 문제가 발생되고 있다.

논문에서 제시한 시스템 구조와 GUI를 이용하여 모의시험을 해본 결과 10번의 모의시험 중 4번의 오류가 발생된 것을 확인할 수 있었으며, 전압과 전류, 온도가 기준치 이상의 측정될 경우 제시한 GUI를 통해 오류의 원인을 알 수 있었으며 또한 스마트폰 앱을 통해 시스템을 차단할 수 있으므로 보다 안전한 ESS 운용이 가능해질 것으로 기대된다. 향후에는 누적된 데이터를 기반으로 시스템 설치 장소, 날씨와 같은 시스템에 영향을 줄 수 있는 주위 환경 정보 등과 결합하여 ESS의 이상 현상에 대한 사전 예측, 대응을 할 수 있도록 데이터 학습 과정을 수행하고자 한다.

참고문헌

- [1] 한태환·안기봉, “ESS 산업 동향과 기술 발전 동향,” 조명·전기설비학회논문지, 제27권, 제6호, 2014, pp. 8-12.
- [2] 정상진·안윤영, “전기에너지 저장 시스템 국제 표준화 동향,” 전자통신동향분석, 제34권, 제2호, 2019, pp. 101-109.
- [3] 강진구, “효율적 전력 관리를 위한 독립형 가로등의 ESS 설계 및 구현,” 디지털산업정보학회논문지, 제12권, 제2호, 2016, pp. 1-6.
- [4] 지식경제부, “에너지 저장장치 기술개발 및 산업화 전략”, K-ESS, 2011.
- [5] 박주석·한승호·김준수·조철희·장보윤·김홍수·안영수, “신생에너지와 2차전지-전력저장 기술 연구,” 한국태양에너지학회, 학술대회논문집, 2006, pp. 121-127.
- [6] 오홍근·김철원, “ESS 안전 운영을 위한 독립형 PMS 개발,” 한국전자통신학회논문지, 제14권, 제2호, 2019, pp. 351-360.
- [7] 김두현·김성철·김의식·박영호, “ETA를 이용한 에너지저장시스템의 위험성 평가,” 한국안전학회지, 제31권, 제3호, 2016, pp. 34-41.
- [8] B. Roberts, “Capturing Grid Power,” IEEE Power and Energy, Vol.7, No.4, 2009, pp. 32-41.
- [9] EPRI, "Report to NIST on the Smart Grid Interoperability Standards Roadmap", June 17, 2009.
- [10] H.Lee Willis, Power Distribution Planning Reference Book, 2nd Edition, Revised and Expanded, Marcel Dekker, Inc., 2004.
- [11] 김창식·김태경, “텍스트 마이닝을 이용한 정보보호 연구동향 분석,” 디지털산업정보학회논문지, 제14권, 제2호, 2018, pp. 19-25.
- [12] 서두옥·이동호, “사물인터넷 환경에서 CoAP 기

반의 저전력, 신뢰성 향상을 위한 경량 프로토콜,”
디지털산업정보학회논문지, 제15권, 제1호, 2019,
pp. 21-28.

논문접수일 : 2019년 5월 27일
수정일 : 2019년 6월 10일
게재확정일 : 2019년 6월 11일

■ 저자소개 ■



김원태
(Kim, Wantae)

2011년 3월~현재
서일대학교 정보통신공학과
조교수
2011년 2월 한국항공대학교
정보통신과(공학박사)
2004년 2월 한국항공대학교
정보통신과(공학석사)
관심분야 : 통신시스템 설계, IoT 시스템
회로설계, 모바일 응용 S/W
E-mail : wtkim@seoil.ac.kr



김현식
(Kim, Hyunsik)

2011년 3월~현재
서일대학교 소프트웨어공학과
조교수
2010년 8월 경기대학교 일반대학원
전자계산학과 (이학박사)
2004년 2월 경기대학교 일반대학원
전자계산학과 (이학석사)
2001년 2월 경기대학교 전자계산학부
전자계산학 전공 (이학사)
관심분야 : 자동계획, 시뮬레이션, 지능형
시스템, IoT, 모바일 응용 S/W
E-mail : hskim@seoil.ac.kr



박병준
(Park, Byungjoon)

2013년 3월~현재
서일대학교 소프트웨어공학과
조교수
2010년 2월 국민대학교
전산정보공학과(이학박사)
2002년 8월 고려대학교
의료정보기기학과(공학석사)
2000년 2월 고려대학교 전자정보공학과
(공학사)
관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 객체추적,
IoT, 모바일응용 S/W
E-mail : 20130029@seoil.ac.kr