

## 효율적 전력 관리를 위한 독립형 가로등의 ESS 설계 및 구현

강진구\*

### *Design and Implementation of an ESS for Efficient Power Management of Stand-Alone Type Street Lights*

Kang Jingu

#### 〈Abstract〉

Several efforts to replace the use of existing fossil energy resources have already been made around the world. As a result, a new industry of renewable energy has been created, and efficient energy distribution and storage has been promoted intensively. Among the newly explored renewable energy sources, the most widely used one is solar energy generation, which has a high market potential. An energy storage system (ESS) is a system as required. In this paper, the design and implementation of an ESS for the efficient use of power in stand-alone street lights is presented. In current ESS applied to stand-alone street lights, either 12V~24V DC (from solar power) or 110V~220V AC (from commercial power) is used to recharge power in systems with lithium batteries. In this study, an ESS that can support both solar power and commercial power was designed and implemented; it can also perform emergency recharge of portable devices from solar powered street lights. This system can maximize the scalability of ESSes using lithium batteries with efficient energy conversion, with the advantage of being an eco-friendly technology. In a ripple effect, it can also be applied to smart grids, electric vehicles, and new, renewable storage markets where energy storage technology is required.

Key Words : Renewable Energy, Energy Storage System (ESS), Energy Distribution, Solar Power, Commercial Power

## I. 서론

현재 세계적으로 기존의 화석 에너지 자원을 대체하기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 계기로 신재생 에너지 산업이 추진되었고 효율적인

에너지 분배와 저장 산업이 집중 육성되고 있다. 신재생 에너지 중 가장 널리 사용되는 태양광 발전은 높은 시장 잠재력을 보유하고 있다. ESS(Energy Storage System) 시스템은 태양광으로 전력을 생산하고 생산된 전력을 저장했다가 필요한 장소와 시간대에 사용할 수 있도록 지원하는 시스템이다[1]. ESS 는

\*강동대학교 자동차튜닝과 부교수

효율적인 전력 활용, 고품질의 전력 확보, 안정적인 전력 공급이라는 목표를 달성하기 위해 스마트그리드의 핵심 ESS 는 그 필요성이 증대되고 있다. 현재 가정용 또는 소형 ESS 시스템의 경우 독립형과 연계형이 있다. 독립형의 ESS 시스템의 경우 배터리의 충전 방식은 태양광 전력(DC 12V~24V)만을 이용하고 있으며 특정 장치만을 구동하기위하여 사용된다. 연계형인 경우 태양광 전력과 상용전원(AC 110V~220V)을 같이 이용하여 충전하며 주 충전방식은 태양광 전력으로 충전하며 AC 220V의 단일 출력으로 고정되어 있으며 가정에서 소비하고 남은 전력을 다시 변전소로 회수하는 방식의 ESS시스템이며 다양한 출력을 가지는 ESS 시스템은 아직 없었다. 본 연구에서는 연계형 ESS 시스템처럼 태양광 전력과 상용전력을 같이 사용할 수 있으며 독립형의 ESS 시스템처럼 특정 디바이스를 구동하기위하여 AC110V, 220V, DC12V, DC24V의 출력을 낼 수 있는 ESS 시스템을 연구하였으며 이를 독립형 가로등에 적용해 보았다.

## II. 관련연구

현재 ESS 관련 연구는 활발히 이루어지고 있는 상태이며 기업과 연구소 등에서 기술개발을 추진 중이지만, 아직 기술과 실증경험 측면에서 선진국보다 뒤쳐져 있는 수준이다. ESS 시장은 현재 유럽을 중심으로 형성돼 있지만 대부분 납축전지를 사용해 왔다. 납축전지는 부피가 크고 전력효율이 떨어지며 수명이 2년에 불과하므로 리튬이온전지로 바뀌고 있는 실정이다. 리튬이온전지와 슈퍼 캐패시터, 플라이휠은 상용화단계에 도달했지만, 그 외의 기술은 초기 기술 개발 단계 수준이다. 실증 현황을 보면 가정용 ESS의 경우 실증을 추진 중이지만 아직 초기 단계이고, 가

장 큰 수요가 예측되는 전력망용 대규모 ESS 실증은 전무한 상태다. 기술별로는 상용화와 실증과제의 증가로 인해 리튬이온전지 분야의 R&D 예산 규모가 가장 많다. 지원기관은 초기 연구소 위주에서 최근에는 대기업 비중이 높아졌으며, 실증사업의 경우 대기업 위주의 실증사업이 진행 중이다. 또한 에너지저장 실증을 통한 산업화도 촉진해 나가며 리튬이온전지 등 바로 설치가 가능한 기술을 우선 실증하여 ESS 운영기술을 확보하고 있는 단계에 있다.

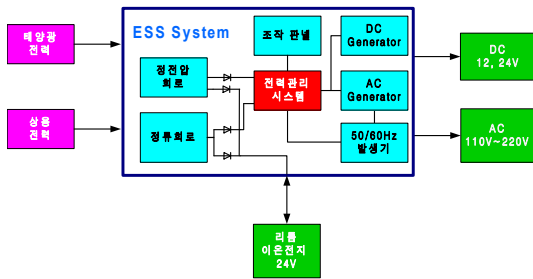
## III. ESS 설계 및 구현

### 3.1 ESS 요구사항 분석

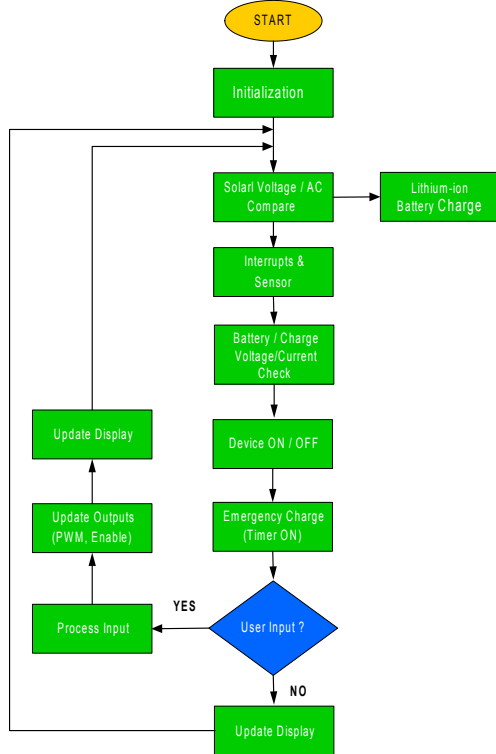
본 연구에서는 기존의 방법과는 다르게 다양한 출력을 가지는 연계형 ESS 시스템으로 일반적으로는 태양광 전력을 저장하나 일조 조건의 변화에 의한 일정 전압 이하가 되었을 경우 이를 인식하여 자동으로 상용전력으로 전환되어 리튬이온 배터리에 에너지가 저장되며 저장된 에너지는 장치를 구동하며 반대로 태양광 전력이 일정전압으로 상승되었을 시 자동으로 상용전력이 차단되고 태양광 전력으로 전환되어 배터리에 전력 에너지가 저장되고 저장된 에너지는 다양한 출력(AC 110, AC220, DC12, DC24V, USB 5V)의 전력을 공급하는 시스템을 연구한다. 또한 일정시간 만큼의 전력을 사용할 경우 이를 지원할 수 있는 방법과 일정 시간과 전력 사용량을 체크하여 사용이 필요한 장치에 비상용으로 전력을 공급할 수 있는 기능이 필요하다.

### 3.2 ESS 설계

입력단의 AC → DC 정류회로 및 정 전압회로 구



<그림 1> ESS 시스템 전체 구성도



<그림 2> 전력관리 MCU 순서도

지속적인 태양전력을 체크하여 24V 이내의 범위로 들어왔을 경우 태양광전력으로 전환되어야 한다. 이때 상용전력과 태양광 전력을 리튬이온전지로 충전하기 위하여 정 전압 및 정류회로를 설계하였다[3]. 그림 1은 전체시스템의 구성도이다.

MCU는 ESS의 전체 전력을 제어한다[4]. MCU의 전력제어 순서도는 그림 2와 같이 구성하였다[5-6].

### 3.3 ESS 구현

효율적 전력관리를 위해 설계된 ESS 시스템의 다중 입력/출력의 얻기 위하여 태양전지의 24V 입력을 위한 단자와 상용전원 AC220V 입력단자 단자의 배치가 필요하다. 그림 3 - 그림 4는 제작된 ESS 시스템의 외관과 내부를 보여주고 있다.

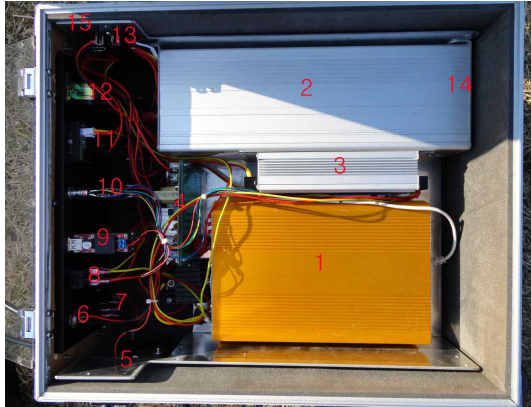


<그림 3> 제작된 ESS 시스템 앞 외관

성으로 두 가지 입력중 하나인 상용전원 AC 220V를 DC 12~50V로 변환하는 정류회로와 태양전지 (Solar-Cell)의 전력을 입력받아 정 전압으로 변환하는 회로가 필수적이다[2]. 태양전지에서 공급해 주는 전압이 24V를 기준으로 입력전압의 변동이 10% 이하로 다운되는 경우 자동으로 상용전력으로 전환되며

그림 3의 외관 구성은 다음과 같다.

1. 태양광 입력. 2. 상용전원 입력 3. 스위치 4. DC 출력 5. USB 출력 6. DC 출력(24V) 7. DC 출력(12V) 8. AC 110V 출력 9. AC 220V 출력 10. 현재 출력전압표시 11. 시스템 ON 상태 표시 12. 충전 표시 13. 출력 표시



<그림 4> 제작된 ESS 시스템 앞 외관과 ESS 시스템 내부



<그림 5> 태양광과 상용전원을 이용한 ESS 충전실형

그림 4의 내부 구성은 다음과 같다.

1. 인버터. 2. 리튬이온 배터리 12V/88A 3. 전력관리 시스템 4. 제어기 및 전압, 전류 검출 보드 5. 냉각 FAN 6. 태양전지(Solar Cell) DC12~24V 입력단자 7. 상용전원 110V~220V 입력단자 8. 출력 사용 ON/OFF 단자 9. USB 500 mA 출력 단자 10. 충전전 및 기타 LED 표시장치 11. FND 표시장치 12. AC 110V, 220V 출력 단자 13. 단자대

#### IV. 실험 및 분석

실험은 일차적으로 태양전지로부터 입력을 받아 충전이 되는가를 실험 하였다. 그림 5와 같이 직접적인 태양광에서 충전이 원활이 이루어짐을 확인 하였으며 테스트에 사용된 태양전지의 용량은 50W로 사용되었으며 할로겐 등을 이용한 충전도 실험하였다.

그림 6에서와 같이 충전되고 있는 전압은 12.3V이며 충전 전류는 0.41A 임을 알 수 있다. 중앙의 LED 표시등에서와 같이 배터리 및 충전상태가 원활이 진행되고 있음을 표시해 주고 있으며 이 상태에서 방전 기능이 가능함을 나타내고 있다. AC/DC 출력은 테

스트는 테스터기를 사용하여 전원이 정상적으로 나오는지를 테스트하였으며 다음으로 LED 전구를 이용하여 정상적 동작이 되는가를 판단하였다. 그림 6는 DC 전원 12V, 24V를 테스트 한 결과이다.

그림 7은 AC 전원 실험이다. AC 전원은 현재 까지도 많은 나라에서 110V를 이용하고 있는 실정이므로 110V와 220V 출력되어야 하며 정상전압으로 나타나는가를 실험하였다.

시거잭의 DC전원과 AC전원을 DC 24V LED전구와 AC110V 전구를 이용한 테스트 하였으며 그림 8과 같이 DC24V LED전구와 AC 220V LED전구가 정상적으로 동작함을 알 수 있었다.

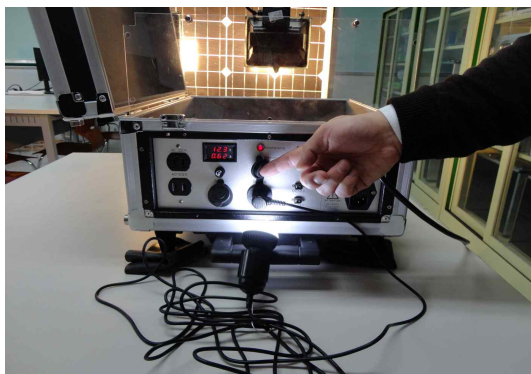


<그림 6> DC 12V, 24V 출력 실험

<그림 7> AC 110V, 220V 출력 실험

LED가로등은 DC 24V에서 동작되도록 제작하였으며 LED가로등은 태양광 DC24V-1, 800mA를 출력 할

수 있는 시스템으로 구성하였으며 그림 9에 나타내었다.



<그림 8> LED 가로등용 전구 DC 24V AC 110V 실험





<그림 9> 제작된 독립형 가로등

## V. 결론

본 연구에서는 효율적 전력사용을 위한 다중 입력 (AC110~220V, DC12~24)기능과 다중 출력 (AC110V, AC220V, DC12V, DC24V, USB 5V)의 기능과 충전과 방전을 동시에 가능한 기능을 가지는 고성능 마이크로프로세서를 이용한 ESS 시스템을 연구 하였다. 또한 이를 독립형 가로등에 적용하므로 에너지 변환의 극대화와 친 환경적 기술의 이점을 가질 것으로 예상된다. 기존의 태양광 전력을 단순히 배터리에 저장하는 방법과 상용 전력만을 이용하여 여러 개의 납축전지에 전력을 저장하는 방법과의 차별화를 위해 효율적이면서도 다양한 입력과 다양한 출력이라는 부분과 충전과 방전을 동시에 할 수 있다는 부분에서 가장 큰 차별성을 가지며 현재 ESS에서 요구되는 전력 관리 시스템의 요구조건을 크게 벗어나지 않음을 실험을 통하여 검증하였다.

## 참고문헌

- [1] 엄주경, "UPS 기능을 갖는 ESS의 경제적 운전 알고리즘에 관한 연구," 성균관대학교, 2015.
- [2] 김재진, "구조를 고려한 CPLD 저전력 알고리즘," 디지털산업정보학회지, 제10권, 제1호, 2014, pp. 1-6.
- [3] 허재행, 신승권, 박종영, 김형익, "도시철도 부하 특성을 고려한 ESS의 최적 운영방안 연구," 전기학회논문지, 제 64권, 10호, 2015, pp. 1508-1516.
- [4] 장승식, 인버터 응용메뉴얼, 삼능전기주식회사, 1990.
- [5] B. K. Bose, "Power Electronics And AC Drones," PRENTICE-HALL, 1987.
- [6] Intel Lab mcs-96 8x9x Architectural Overview, Intel, 1990.

### ■ 저자소개 ■



강진구  
Kang Jingu

2001년 3월~현재  
강동대학교 자동차튜닝과 부교수  
2001년 2월 부산대학교 전자공학과(공학박사)  
1998년 2월 부산대학교 전자공학과(공학석사)  
1995년 2월 금오공과대학교  
전자공학과(공학사)

관심분야 : 자동제어, 인공지능로봇, 협동제어  
E-mail : jgukang@gangdong.ac.kr

논문접수일: 2016년 5월 17일  
수정일: 2016년 5월 25일  
게재확정일: 2016년 5월 30일