

태양에너지를 이용한 일체형의 전원공급시스템과 DC 램프 모듈 개발

안인수*

Development of Power Supply System and DC Lamp Module of all-in-one using the Solar Energy

In-soo Ahn*

요약

최근에는 태양광 및 연료 전지 등 신재생 에너지의 경우 대부분이 직류에너지원으로 발전하고 있으며 보급을 위해서는 이를 적절히 활용하는 방안이 필요하다. 이 경우 직류 전용 조명 시스템으로의 활용이 주 대안이 될 수 있다. 개발하고자 하는 태양에너지를 이용한 전원공급장치와 관련한 유사 시스템은 주로 태양광 패널을 컨트롤러를 포함한 충전 키트와 배터리를 서로를 각각 연결하여 사용하는 형태로 되어 있다. 이것을 본 연구에서는 태양광 패널과 일체형으로 연결하여 전기를 효율적으로 충전하고, 사용할 수 있도록 단일 형태의 독립된 전원공급장치를 구성한다. 이와 함께 직류 전원을 사용한 전자식 안정기 모듈을 램프와 분리되도록 일체형 전자식 안정기의 삼파장 DC 램프 모듈을 개발한다. 개발한 일체형의 DC 램프 모듈은 ON/OFF 버튼으로 램프의 점등과 소등이 가능하며, 사용하다가 램프나 안정기의 교체 시기가 되었을 경우 부분 교체만으로도 반영구적인 사용이 가능하도록 개발한다.

▶ 키워드 : 전원공급시스템, 태양광 패널, DC 램프, 전자식 안정기

Abstract

To recently, light of the sun and fuel cell etc. which is new and renewable energy is developed with the direct current energy source mostly. And it is necessary that the utilization plan which does supply it properly. In this case, the direct current illumination system can be a typical alternative of it. The system similar to the development system is composed of type which connects to each other the photovoltaic pannel, the charge kit, and the battery bank. I develop all-in-one

• 제1저자 : 안인수

• 투고일 : 2012. 01. 11, 심사일 : 2012. 01. 24, 게재확정일 : 2012. 01. 29

* 경인여자대학 정보미디어과(Dept. of Information & Media, KyungIn Women's College)

※ 이 논문은 2011년 한국컴퓨터정보학회 제43차 동계학술대회에서 발표한 논문("전자식 안정기의 DC 램프 모듈 개발")을 확장한 것임.

system which the power supply system and photovoltaic pannel which can charge and use efficiently. Additionally, I exploit the DC lamp module of three wave which can separate the electronic ballasts from the module. Developed the DC Lamp module of all-in-one which can turn on or can turn off, by operation of ON/OFF button. It can be used semipermanently by changing just only electronic ballasts.

▶ Keyword : Power Supply System, Photovoltaic Pannel, DC Lamp, Electronic Ballasts

I. 서론

생활 수준이 높아지면서 전기·전자 제품에 의한 에너지 사용량이 매년 약 10% 이상씩 급격히 증가하고 있으며, 조명에 차지하는 비중도 증가하고 있다. 기존에 많이 사용하던 형광 램프와 삼파장 램프, 최근에 각광받고 있는 LED 램프의 보급이 늘어나면서 직류 배전에 대한 논의도 제기되고 있다. 직류 전원을 사용하는 조명시스템의 경우는 응용 분야에 따라서 교류 전원을 사용하는 조명시스템보다 효율적이다. 그 이유는 광원을 점등하기 위해서는 상용 교류 전원과는 다른 주파수 또는 전압 크기를 필요로 하는데 이를 위해 대부분의 안정기들은 상용 교류 전원을 정류하여 직류로 변환한 후 DC-AC 인버터를 이용하여 다시 교류 전원으로 변환하게 된다. 그러나 직류 전원을 사용하게 되는 경우에는 직류에서 바로 교류로 변환하게 되므로 전력 변환 단계의 축소로 효율을 높일 수 있다. 이처럼 교류 전원을 사용하던 조명시스템을 직류 전원으로 사용하기 위해서는 상용 220V 교류를 적절한 직류 전압으로 변환해서 사용해야 하는데, 이때 변환 장치의 효율성에 따라 전력 손실량이 결정되며, 전력 손실이 적어야 한다.

최근에 각광받고 있는 태양광 및 연료 전지 등 신재생 에너지의 경우 대부분이 직류 에너지원으로 전기를 발생한다. 이것의 보급과 활용 방안의 대안으로 직류 전용 조명시스템으로의 개발이 주 대안이 될 수 있다[1]. 태양에너지는 대규모의 핵융합 반응으로서 지속적으로 많은 에너지를 방출하며, 이것은 지상의 모든 에너지의 원천이 된다. 태양에너지의 중요한 기술 분야 중의 하나는 태양광 에너지로부터 전기를 생산하는 것이다[2~3].

본 연구에서는 태양광 패널과 전원공급장치를 손쉽게 연결하여 전기를 효율적으로 충전하고, 사용할 수 있도록 단일 형태의 독립된 전원공급장치를 개발한다. 일상에서 사용하는 대부분의 가전제품은 내부에 반도체 부품을 사용하여 제작되고 있으며, 이 부품들의 구동에는 직류 전원이 사용되므로 상용 220V 교류 전원을 직류 전원으로 변환하는 장치가

필요하다. 이들을 건전지나 축전지로 전원을 공급하지 않는 경우에는 교류 전원을 직류 전원으로 변환하여 구동시켜야 하므로 변환장치의 역할이 크며 이로 인해 발생할 수 있는 손실을 감수해야 한다.

램프의 경우는 램프 전류의 양을 적정하게 유지하게 하기 위해 별도의 장치로 안정기를 사용해야 한다[4]~[5]. 요즘에는 장마철이나 집중 호우에 의한 감전 사고에 대비하여 안정기에 누전을 감지하거나 램프의 단락 상태 여부를 판단하는 기능이 포함되어 제작되고 있다[6].

본 연구에서는 태양광 패널과 독립된 전원공급장치를 쉽게 연결하여 전기를 효율적으로 충전하고, 사용할 수 있도록 일체형의 전원공급시스템을 구성한다. 또한, 일체형이지만 직류 전원 사용의 전자식 안정기 모듈과 램프를 분리되도록 설계하여 부분적인 교체만으로도 반영구적인 사용이 가능하도록 전자식 안정기를 포함한 DC 램프 모듈을 개발한다.

II. 국내·외 관련 기술의 현황

전력 생산을 위한 핵심 부품의 하나인 태양 전지판은 여러 형태로 활용되고 있다. 태양전지는 기존의 전력선을 배제하고 사용할 수 있어 대용량의 전력 공급뿐만 아니라 소규모의 생활용품에 이르기까지 다양하게 활용할 수 있는 장점을 지니고 있으나, 실생활에 활용하기 위해서는 장치의 저가화와 신뢰성을 입증할 수 있는 실증 연구가 필요하다[7].

현재 개발 대상인 태양에너지를 이용한 전원공급장치와 관련한 유사 시스템은 주로 태양광 패널을 컨트롤러를 포함한 충전 키트와 배터리 등 서로를 각각 연결하여 사용하는 형태로 되어 있다. 이것은 6~8시간 정도의 충전 시간으로 직류 삼파장 램프의 경우 13시간 정도 사용할 수 있다. 현재에도 기능상의 효율성을 개선한 제품들이 개발되고 있으며 개발 대상 제품 역시 이러한 성능 문제를 고려하여 차세대 광범위한 대체 전원공급장치로서 상용화 하는데 역점을 두고 있다.

직류조명시스템은 그림 1과 같이 직류 에너지원으로부터 1단계의 전력 변환만 필요하므로 효율적으로 사용할 수 있다.

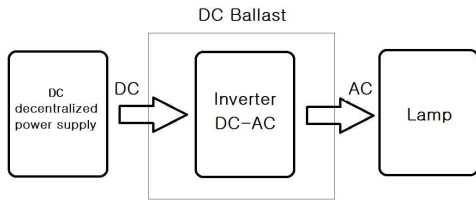


그림 1. 직류분산전원의 직류안정기 구조도
Fig. 1. Structure of DC Ballasts with DC Decentralized Power Supply

그림 2는 직류조명시스템의 계통도를 나타낸 것으로 일반 AC(교류) 전원을 정류기를 통해 DC(직류) 전원으로 변환하여 사용할 수 있다. 또는 축전기의 DC 전원을 AC 전원으로 변환하여 교류용 램프와 같은 제품에 사용할 수 있다. 전력 공급이 어려운 장소에서 조명기기 사용을 위해 건전지나 배터리를 전원공급 장치로 이용하는 각종 휴대용 조명 장치가 개발되어 사용되고 있다.

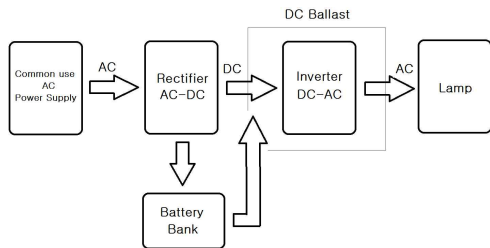


그림 2. 직류조명시스템의 계통도
Fig. 2. Distribution Diagram of DC Lamp System

그림 3은 태양에너지를 이용한 전원공급시스템의 계통도를 나타낸 것이다. 태양전지를 포함한 내구성이 강한 태양광 패널을 이용하여 충전 컨트롤러, 배터리, 인버터 등이 포함된 전원공급장치를 통해 전기를 충전하고 공급할 수 있다.



그림 3. 태양에너지를 이용한 전원공급시스템의 구성
Fig. 3. Construct of Power Supply System using the Solar Energy

인버터는 태양광 패널에서 생산된 DC 전기를 AC 전기로 변환시키는 장치로 사용 목적과 용량에 따라서 적절한 선택

을 해야 한다. 태양광에서 생산된 DC 전기를 정현파를 가진 고품질의 AC 전기로 변환시켜 주는 인버터를 이용하면 오디오 시스템이나 텔레비전과 같이 잡음에 민감한 기기에서도 잡음이 발생되지 않으므로 깨끗한 음질의 음악을 감상하거나 방송을 청취할 수 있다.

조명기기의 광원으로는 백열 램프나 형광 램프가 사용되고 있는데 백열 램프는 태양과 유사한 빛을 방출하지만 에너지 효율이 낮고 수명도 약 1천 시간 정도로 짧은 단점이 있다. 반면, 형광 램프는 수온을 봉입하여 저전압으로 방전시키기 위하여 열음극을 사용한 저압 수은 램프의 일종이며, 방전에 의하여 생긴 파장의 강력한 자외선이 관내 벽의 형광 도료를 자극하여 강한 형광을 발생한다. 따라서, 백열 램프에 비해 에너지 변환 효율이 상대적으로 높고, 수명도 약 1만 시간 이상으로 길다. 그러나 방출되는 빛이 태양광과 유사하지 않은 단점이 있다. 이와 같은 조명기기 광원의 단점을 보완한 것이 삼파장 램프이다.

삼파장 램프는 유리관 내부에 열로 방출되는 에너지의 양을 줄여 내부의 온도가 올라가는 것을 억제함으로써 효율을 높이고, 수명을 길게 하는 형광 물질을 도포하여 일반 백열 램프와 같이 태양광과 거의 유사한 빛을 방출하게 된다.

형광등용 전자식 안정기는 기존의 60kHz로 형광등을 점등하는 자기식 안정기에 비해 20kHz~60kHz의 고주파로 점등함으로써 점등 효율이 높아지는 장점이 있다. 전자식 안정기는 다양한 형광등의 과전압, 전류에 적합하게 설계되어야 한다.

형광 램프는 초기 점등 시 램프가 파괴되는 것을 방지하기 위해 안정기를 필요로 하는데 그 이유는 처음 빛이 들어오면 형광 램프 안의 초기 저항이 급격히 감소하여 전류가 갑자기 많이 흐르게 되기 때문이다. 형광 램프에 가해지는 램프 전압은 램프 전류가 증가하면 반대로 감소하는 성질을 가지며 이러한 부하를 단독으로 전원에 접속하면 전류가 무제한으로 증가하여 결국 형광 램프가 파괴되므로 이를 방지하기 위해 안정기가 필요하다. 이와 마찬가지로 삼파장 램프에서도 효율 향상을 위해 삼파장 형광 물질 외에 전자식 안정기가 큰 몫을 담당한다.

삼파장 램프는 램프 유리관을 비롯한 일반 형광 램프에는 분리되어 있는 안정기까지 포함해야 하므로 이때 중량을 줄이고자 상대적으로 가벼운 전자식 안정기를 많이 사용한다. 특히, 최근에는 안정기의 소형, 경량화, 고역률, 고효율 및 절전화를 위하여 전자식 안정기를 많이 이용한다[8]~[9].

전자식 안정기는 전자 부품을 사용하여 60Hz의 상용 전원 주파수를 직류로 평활한 후 고주파 인버터 회로에서 20kHz~50kHz 이상의 고주파로 변환하여 램프에 공급하므로 램

프의 발광 효율의 증대와 함께 제품의 소형 경량화, 소음 제거 등 자기식 안정기와 대비하여 약 35%의 에너지 절감 효과가 있는 것으로 알려져 있다.

안정기는 램프 전류를 제한하여 방전의 안정성을 확보하고 램프의 수명을 보조하는 역할을 하며, 자기식 안정기를 사용하는 전구형 형광 램프는 17W의 전력을 필요로 하지만, 전자식 안정기를 사용하는 삼파장 램프는 11W의 전력을 필요로 할 정도로 효율이 높아진다. 이처럼 모양, 효율, 수명, 그리고 중량 문제를 해결한 삼파장 램프는 현재 광범위하게 사용되고 있다.

III. 시스템 구성 및 실험

본 연구에서는 태양광 패널을 쉽게 연결하여 전기를 효율적으로 충전하고, 사용할 수 있는 단일 형태의 독립된 전원 공급장치[10]와 일체형이지만 분리가 가능한 전자식 안정기를 포함한 DC 램프 모듈[11]을 개발한다.

1. 태양에너지를 이용한 전원공급시스템

1.1. 태양광 패널(Photovoltaic Panel)

태양광 패널은 DC 전기를 생산하는 가장 기본적인 요소로 반짝이는 태양광 패널의 표면 아래에 위치한 반도체 웨이퍼들이 태양광을 받아 전기를 생산하게 된다. 즉, 태양전지에 햇빛을 쬐이면 전기가 발생하는데 이는 전자가 움직이면서 전기를 발생하고, 발생한 전기는 배선을 따라 전기를 일정한 양으로 만들어 주는 전력조절장치로 흘러들어가 그것이 교류로 변환되는 인버터를 거치게 되면 실생활에서 사용할 수 있는 전기가 되는 것이다.

태양광 패널에 사용되는 셀은 가장 이상적인 태양광과 온도 조건에서 생산할 수 있는 전력량에 따라 차이가 있으므로 사용대상 지역의 기후와 환경 조건 및 필요로 하는 전력 소모량을 고려해서 패널의 용량과 수량을 결정하게 된다.

그림 4는 태양광 패널을 통해 태양에너지를 받아들여 전원공급장치를 통해 충전하여 DC 램프를 사용하는 계통도를 보여 주고 있다.

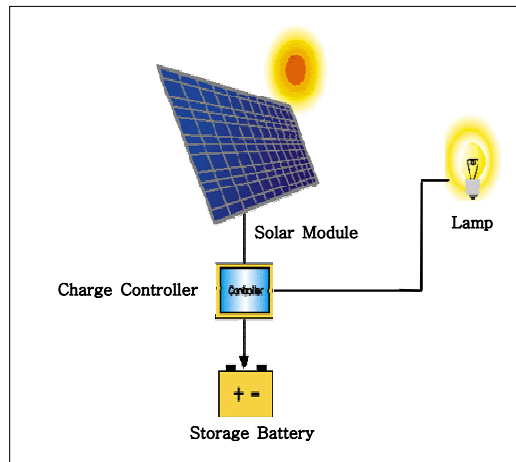


그림 4. 태양에너지를 이용한 전원공급시스템과 전자식 안정기 모듈의 DC 램프 사용 계통도

Fig. 4. Power Supply System using the Solar Energy and Distribution Diagram of DC Lamp System with Electronic Ballasts

본 시스템을 위해 제작된 태양광 패널의 물리적인 규격은 그림 5와 같고, 기능적인 규격은 표 1과 같다. 제작한 태양광 패널의 규격을 살펴보면, 솔라 셀은 폴리크리스탈 실리콘을 사용하고, 셀 크기는 62mm×62mm이며, 전체 크기는 610mm×291mm×25mm이다.

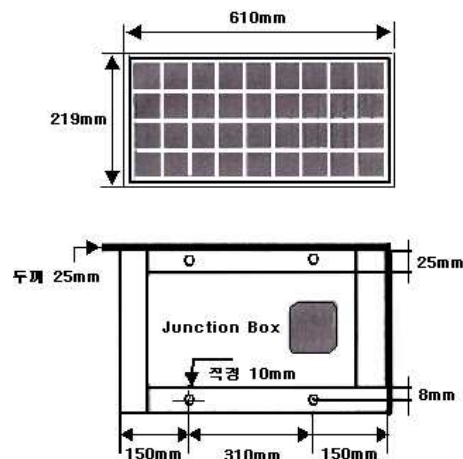


그림 5. 태양광 패널
Fig. 5. Photovoltaic Panel

표 1. 규격
Table 1. Technical Spec.

Technical Spec (Standard Test Condition(STC) : Irradiance 1kW/m ² , Spectrum 1.5 Air Mass, Temperature 25°C)	
Technical Peak Power	20W
Open Circuit Voltage	1.24A
Voltage Peak Power(VOP)	17.5V
Current Peak Power(IOP)	1.14A

1.2. 전원공급장치

1.2.1. 충전 컨트롤러(Charge Controller)

배터리가 과충전 되지 않도록 하는 것이 충전 컨트롤러의 가장 중요한 기능이다. 배터리는 가격과 관리 방법에 따라 수명과 저장 능력에 현저한 차이가 있다. 또한 태양광을 통해 배터리에 충전되는 충전 용량 보다 소비 전력이 많은 경우에 발생하는 과방전은 배터리의 수명을 급격히 저하시키는 결정적인 요인이 된다. 그러므로 배터리를 건강하게 오랜 기간 동안 사용하기 위해서는 과방전 방지를 위한 LVD(Low Voltage Disconnect) 기능이 내장되어 있어야 한다. 제품 설계 시 진화된 충전 기술을 이용한 태양광 전용 컨트롤러로 배터리를 보호하면서도 태양광 발전 시스템 전체를 안정적으로 유지할 수 있고, 강한 내구성으로 오랜 기간 동안 사용할 수 있도록 한다.

1.2.2. 배터리(Battery Bank)

배터리는 태양광 패널에서 생산된 전기를 저장하는 장치로 야간이나 흐린 날에도 전기를 사용할 수 있도록 전력량을 고려하여 시스템 구성을 해야 한다.

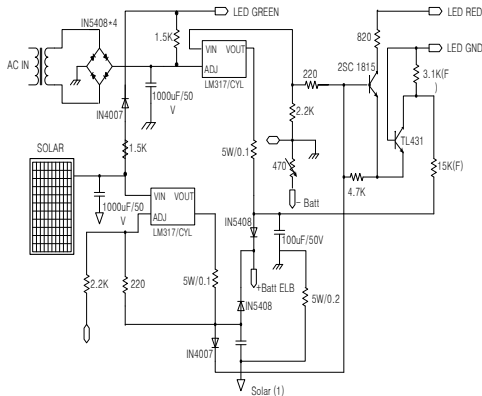


그림 6. Battery Charger 회로도
Fig. 6. Circuit of Battery Charger Part

태양광 충전 시스템에 사용하기 위한 배터리는 태양광이 패널의 표면까지 도착할 수 있는 시간 동안만 충전이 가능한 '기회 충전'을 하기에 적합하고 축적된 전기에너지를 가장 효율적으로 보유할 수 있는 배터리를 사용하여야 한다.

그림 7은 본 전원 공급 모듈에 포함된 Solar Trans 부분의 회로도도를 나타낸 것이다.

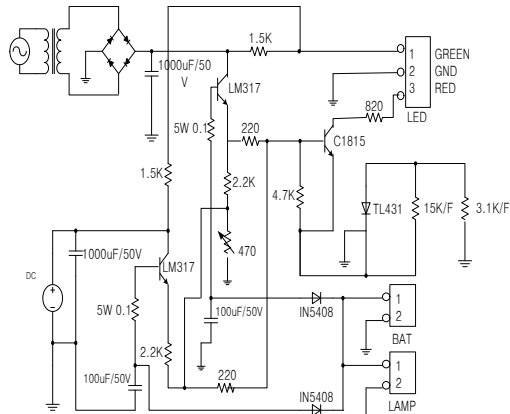


그림 7. Solar Trans 회로도
Fig. 7. Circuit of Solar Trans

2. 전자식 안정기 DC 램프 모듈

전자식 안정기는 인덕터를 정밀하게 설계해야 정확한 시스템의 동작을 얻을 수 있다. 인덕터를 설계할 때 코어의 재료, 인덕터 값, 최대 전류와 동작 RMS 전류 등을 고려하여 회로를 설계하게 되는데 인덕터는 시스템의 동작 주파수에 따라 결정하며, 시스템의 동작 전압에 따른 최대 전류를 소모 전력으로부터 미리 예측하여 설계한다. 그림 8은 전자식 안정기의 회로도도를 나타낸 것이다[12].

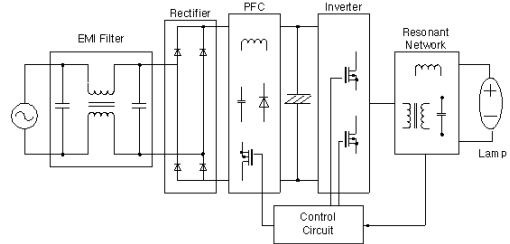


그림 8. 전자식 안정기 회로도
Fig. 8. Circuit of Electronic Ballasts

2.1. 구성 및 기능

램프와 안정기 모듈 부분의 접속을 위해 소켓을 연결하였고, 전자식 안정기 모듈을 포함하는 손잡이 부분에는 전기적

으로 연결되는 케이블과 연결 포트를 구성하여 물리적인 결합 또는 분리가 가능하도록 하였다. 안정기 모듈 회로에 있어서 전자식 안정기의 노이즈가 최대한 제거될 수 있도록 설계하였고, 램프와 안정기의 분리 장착과 휴대의 편리함을 고려하였다. 모듈 외관에서 손잡이 부분에 전원의 공급과 차단을 위한 ON/OFF 스위치로 사용상 편리하도록 하였으며, 손잡이 케이스 내부의 밀폐된 부분에는 가볍고, 전력 효율을 고려한 전자식 안정기 모듈을 구성하였다. 따라서 안정기나 램프의 이상이 발생했을 경우 부분적인 교체만으로도 본래의 기능을 반영구적으로 사용할 수 있다. 그림 9는 개발 모듈의 전체 구성도로 나타낸 것이다.

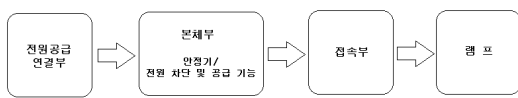


그림 9. 전체 시스템의 계통도
Fig. 9. Distribution Diagram of the whole of System

IV. 실험 결과

본 개발의 태양광 패널은 셀 크기가 62mm×62mm로 패널의 총 크기는 가로 291mm와 세로 610mm이다. 태양열을 전기에너지로 변환하여 충전하여 전기에너지를 공급하는 전원공급장치 외관의 크기는 가로와 세로가 각각 23cm이고, 폭은 10.5cm로 휴대와 사용이 간편하도록 설계하였다.

전원공급장치(12V/12AH)의 1회 충전 시간은 6~8시간 정도로 다양한 제품의 전원공급장치로 사용할 수 있으며, 본 실험에서는 삼파장 DC 램프와 연결하여 구성하였다. 일체형의 전자식 안정기를 포함한 DC 램프 모듈은 ON/OFF 버튼으로 램프의 점등과 소등이 가능하며, 사용하다가 램프나 안정기의 교체 시기가 되었을 경우 램프와 손잡이 접속부의 소켓을 돌려 교체할 수 있다.

표 2. 전원공급장치의 성능
Table 2. Performance of Power Supply System

항 목	기존시스템	개발시스템
최대 전력	15W	20W
충전 시간	6~8시간	6~8시간
사용 시간	12~13시간	10~15시간

그림 10은 안정기 모듈 부분의 PCB 설계 회로를 나타낸 것이다. 본 연구의 전원공급장치의 사용 가능 전압은 DC

12V이며, 삼파장 DC 램프의 사용 전압은 12V/20W로 백열 전구의 100W 정도의 밝기를 나타낸다. 전원공급장치의 경우, 인버터를 사용할 경우 교류 전원으로도 사용 가능하다.

태양에너지를 이용하기 위해 20W 태양광 패널과 12V/12AH 전원공급장치를 사용한 경우 약 8시간 충전으로 20W DC 램프를 약 15시간 사용할 수 있다.

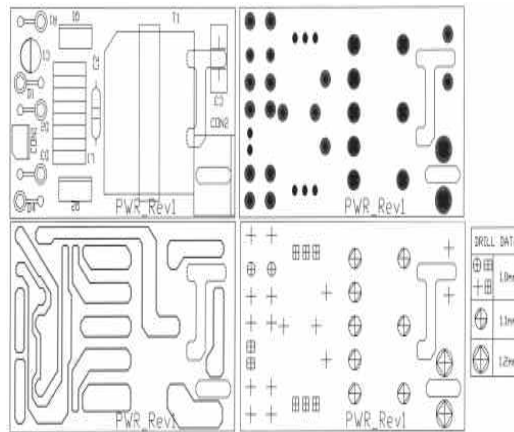


그림 10. 전자식 안정기 모듈의 PCB 레이아웃
Fig. 10. PCB layout of Electronic Ballasts module

V. 결론

제작된 시작품의 태양광 패널은 셀 크기가 62mm×62mm로 패널의 총 크기는 가로 291mm와 세로 610mm이다. 전기에너지를 공급을 위한 전원공급장치 외관의 크기는 가로와 세로가 각각 23cm이고, 폭은 10.5cm로 휴대와 사용이 간편하도록 설계하였다.

태양에너지를 이용하기 위해 20W 태양광 패널과 12V/12AH 전원공급장치를 연결한 전원공급시스템은 약 8시간 충전으로 20W 삼파장 DC 램프를 최대 약 15시간 사용할 수 있다. 이때 20W 삼파장 DC 램프의 전류 소모는 약 0.8mA이며, DC 램프를 연결하는 소켓 내부에 장착된 전자식 안정기의 발열 최소화 기능으로 안전성 유지가 가능하다.

향후, 전력회사에서 공급되는 상용 교류 전원 공급선과 태양전지 패널이나 연료전지 등의 자가발전에서 공급되는 직류 전원 공급선 등의 두 가지 배전 계통을 설치하여 해당 기기에 따라 공급 선로를 선택하여 AC 또는 DC를 직접 공급받는 옥내 직류 배전에 대한 개발이 요구된다. 이와 같은 경우, 직류를 사용하는 기기들은 AC를 DC로 변환하는 장치가 필요 없거나 또는 전류를 제한하는 간단한 장치를 부가하여 사용할 수 있으므로 변환 장치의 손실을 줄이면서 동시

에 기기의 효율성을 높일 수 있다. 물론, 이에 앞서 DC를 사용하는 기기들의 전압 표준화가 선행되어야 할 것이다. 이것은 태양에너지 외에도 풍력 등의 자연 에너지를 이용한 기술 개발에도 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Ministry of Commerce, Industry & Energy, "Development of DC Lighting System with High Efficiency and Multi-function," Ministry of Commerce, Industry & Energy, pp.15~21, 2007.
- [2] Mi Young Lee, "A Study on Matching Characteristics of the Stand Alone PV System Using LEDs," SangMyung University, Institute for Information Display conference, Vol. 2004, No. 3, 2004.
- [3] Jeong-Phil Yoon, Byung-Bok Gang, Jung-Yol Lim, In-Su Cha, Gyung-Jae Jo, Seok-Am Yoon, "Characteristic analysis about efficiency decrease of PV system," Power Electronics Annual Conference, 2001.
- [4] Chin s Moo, Ying c. Chung. and Ching R Lee. "A New Power-Factor-Correction Circuit for Electronic Ballasts with Series-Load Resonant Inverter," Trans IEEE, Vol. 13. No. 2, March, 1998.
- [5] Gyun Chae. Yong-Sik Youn. and Gyu-Hyeong Cho, "High Power Factor Correction Circuit for Low-Cost Self-Excited Electronic Ballasts," Trans KIEE, Vol. 47, No. 9, SEP., 1998.
- [6] Seoul Metropolitan Government, "Street lamp safety supervision countermeasure scientific research service," 2002.
- [7] Adolf Goetzberger et al., "Materials Science and Engineering R40," pp.1~46, 2003.
- [8] A. Heidenmann. W. Denz and W. Roche, "Specific ations for the Operation of Preheated Cathode Fluorescent Lamps on Electronic Ballasts," J. Illum. Engng. Soc., pp.115~120, 1994.
- [9] G.D. Garbowicz, "Hybrid ballasts II: high-efficiency-type ballasts for 32-W T8 and 34-W T12 lamp systems," J. Illum. Engng. Soc., pp.22~30, 1994.
- [10] In-soo Ahn, "Implementation of Power Supply System of Single Unit using Photovoltaic Panel," The KIPS Transactions : Technology Education, Vol. 4, No. 1, 2009.
- [11] In-soo Ahn, "DC lamp module development of Electronic Ballast," Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference, Vol. 18, No. 2, 2010.
- [12] M. A. Dalla Costa, R. N. So Prado, A. R. Seidel and F. E. Bisogho "Performance Analysis of Electronic Ballasts for Compact fluorescent Lamp," IEEE, 2001.

저자 소개



안인수

1992 : 국민대학교

전자공학과 공학사

1994 : 국민대학교

전자공학과 공학석사

2002 : 국민대학교

전자공학과 공학박사

현재 : 경인여자대학

정보미디어과 부교수

관심분야 : 통신, 암호, 회로시스템

Email : ais001@kic.ac.kr