

# LED 조명을 위한 태양광 시스템 설계

이흥주<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>상명대학교 컴퓨터시스템공학과

## Design of Photovoltaic System for LED Lighting

Hoong-Joo Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer System Engineering, Sangmyung University

**요약** 본 논문에서는 LED를 조명의 전원으로 사용하는 소규모 태양광 발전시스템의 설계용 소프트웨어 개발에 대해 제안한다. 태양광 발전시스템의 최적 설계를 위해서, 태양광 모듈과 배터리 용량 산정시, LED 부하의 운전 전력소비량이 고려될 수 있게 하였다. 태양광 발전시스템을 설계하는 엔지니어의 사용 편의성을 높이기 위해, 소프트웨어는 그래픽 사용자 인터페이스와 모니터링 기능을 제공하여, 시스템 설계 후 설치 단계에서 전체 시스템의 운전 상태를 쉽게 파악할 수 있도록 하였다.

**Abstract** In this paper, a software development for design of the small photovoltaic system which is used to LED lighting is presented. For optimal design of photovoltaic systems, the operating power consumption of the LED load is considered to estimate the capacity of the solar module and battery. In order to give system design engineers a high ease of use, the software tool provides a graphical user interface and monitoring function to check operation of the system prior to installation.

**Key Words** : Photovoltaics, LED, LabView

### 1. 서론

최근 신재생에너지에 대한 관심 및 적용이 증가되면서 소규모 독립형, 계통연계형 태양광 발전시스템을 이용한 다양한 형태의 응용제품이 만들어 지고 있다. 태양전지와 LED를 결합한 조명 또한 이러한 응용제품중의 하나이며 태양광 가로등, 태양광 경관조명 및 사인보드, 신재생에너지를 이용하는 식물공장 등에서 사용가능하다. 특히 수도권을 중심으로 기존의 형광등이나 할로겐등을 대체하는 LED 조명이 지속적으로 설치되는 등 꾸준히 수요가 증가하고 있으며, 신재생에너지 보급정책 확대에 따라 전원으로 태양전지를 사용하는 경우가 많아지고 있다[1].

그러나 소형의 태양전지-LED (PVLED, Photovoltaic Light Emitting Diode) 시스템의 경우, 업체들의 규모가 영세하고 설계 방법이 표준화 되지 않아, 고가의 태양전

지 모듈과 배터리가 필요이상으로 크게 설계되거나 반대로 너무 작게 설계되어 동작 불안정과 고장의 원인이 되고 있다. 따라서 본 논문에서는 소규모 PVLED 시스템의 설계를 최적화 하는데 도움을 줄 수 있는 소프트웨어 개발을 제안한다. 기본적인 알고리즘은 LED 부하의 운전 형태에 의한 실제 전력소비량을 측정하고 이를 바탕으로 태양전지 모듈 및 배터리의 용량산정을 가능하게 함으로써, 설치비용 감소 및 시스템 안정성을 높이는 것이 가능하도록 하였다. 따라서 부하의 총 크기만을 고려하여 태양광발전 시스템을 설계하는 기존 방식과는 차별성을 두었다. 소프트웨어 틀은 그래픽 언어인 LabVIEW 8.6과 하드웨어간 데이터 인식 장치인 LabVIEW DAQmx, LabVIEW DAQ-6221을 사용하여 개발하였다.

본 논문은 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임 (지역거점연구단육성사업/에너지자립형 그린빌리지 핵심기술사업단)

\*교신저자 : 이흥주(hoongjool@gmail.com)

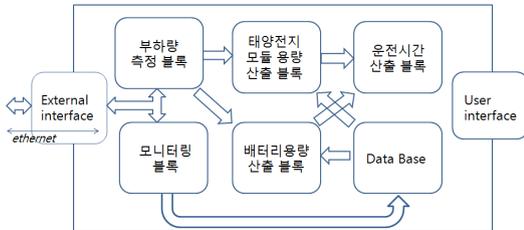
접수일 10년 12월 06일

수정일 (1차 10년 12월 23일, 2차 11년 01월 02일)

게재확정일 11년 01월 13일

## 2. 태양광발전시스템 설계 소프트웨어

그림 1은 태양광 발전시스템 설계 소프트웨어의 알고리즘 및 구성도이며, 그림 2는 이를 LabView로 구현한 상위레벨의 블록 다이어그램을 보여주고 있다. 이 소프트웨어 프로그램은 LED 부하량 산출 기능, 축전지 용량 산출 기능, 태양전지 모듈 용량 산출 기능, 그리고 독립형 또는 계통 연계형 운전시간의 산출 기능, 그리고 실시간 모니터링 기능을 포함하고 있다. 모니터링은 이 소프트웨어를 사용하여 설계한 태양광발전 시스템의 시작품에 대한 실제 동작 테스트용이다. 또한 국내에 판매되고 있는 다양한 종류 및 규격의 태양광 모듈, 배터리, 컨트롤러를 소프트웨어 내에 데이터베이스화 하여 설계 엔지니어의 편의성을 도모하였다.



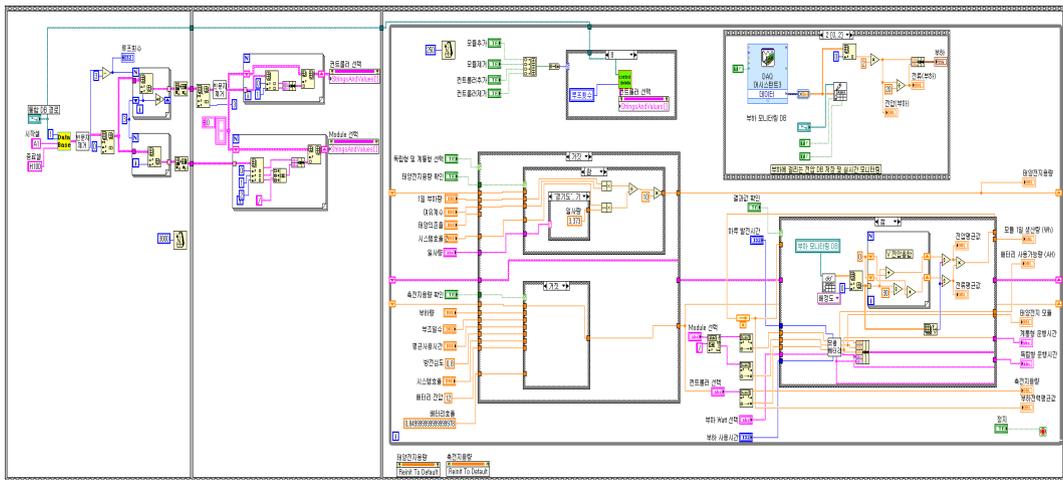
[그림 1] PVLED 설계용 소프트웨어 구성도

### 2.1 LED 부하의 전력소비량 산출

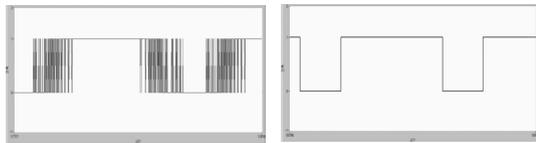
일반적으로 사용되는 LED 조명을 보면 단색으로 휘도의 변화 없이 동작하는 것과 더불어 밝기나 색이 지속적으로 변화하여 사람들의 이목을 강하게 이끄는 LED 조명을 볼 수 있다. LED 부하의 디밍(dimming), 점멸

(blinking)과 같은 동적 기능은 고정부하가 소비하는 전력에 비하여 상대적으로 적은 양이 소비된다. 이와 같은 동적 부하의 전력 소비량을 정확히 하여, 이를 태양광발전시스템 설계의 기초 데이터로 활용한다. 이를 위해, 제안된 소프트웨어의 부하량 산출 기능에 연동된 LabView DAQ를 실제 LED 부하에 연결할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 LED 모듈 컨트롤러(FC200)와 6W LED 모듈(bar 형태) 5개를 병렬 연결한 30W 부하와 1W LED 모듈(Channel type) 30개를 병렬 연결한 30W 부하에 디밍과 점멸 동작을 시킨 후, 이에 따른 전력 소모량을 소프트웨어를 통해 측정함과 동시에 산출하였다.

LED 부하의 디밍과 점멸은 일반적으로 LED 컨트롤러로부터의 그레이 스케일 PWM 신호를 바탕으로 동작하므로, 디밍이나 점멸 같은 동적인 효과의 LED 조명의 소비전력을 구하기 위하여 그림 3과 같이 한 주기 동안의 PWM 신호를 측정할 수 있도록 하였다. 디밍의 경우, 최대 고정 휘도값을 보이는 구간에서는 PWM 신호의 듀티비가 일정하며, 휘도 변화구간에서는 단위 시간구간마다 듀티비가 다르므로, 한 주기내의 모든 PWM 신호의 듀티비를 더한 값에 최대 부하 전력값을 곱하면 디밍 효과에 의한 전력 소비량을 계산할 수 있다. 점멸시 소비 전력 역시 같은 방법으로 구할 수 있다. 개발한 소프트웨어의 부하량 측정기능을 사용하여 실험한 결과, 표 1과 같이, bar형 또는 channel형 LED 모두의 경우, 점멸과 디밍은 고정 부하량에 비하여 상대적으로 적은 양의 전력을 소비하고 있음을 알 수 있다. 이러한 동적 부하량 특성은 비용절감 및 효율성 측면에서 태양광 발전시스템 설계시 반드시 고려해야할 사항이다.



[그림 2] LabView로 구현된 태양광발전 시스템 설계용 소프트웨어의 상위레벨 블록 다이어그램



(a) 디밍 제어신호 (b) 점멸 제어신호  
[그림 3] 디밍과 점멸의 제어 펄스

### 2.2 축전지 및 태양전지 용량 산정

축전지의 용량산정에서 가장 중요한 요소는 부하량과 부조일수이다. 국내 기상조건은 장마철의 경우에도 3일 이상 발전 불가능한 경우는 거의 없기 때문에 일반적으로 부조일수를 4일로 계산하여 용량을 산정하는 것이 바람직하다[2]. 방전 시에는 보통 60~70%정도의 방전심도를 갖도록 설계하여야 부조일수를 많이 산정할수록 시스템 신뢰성은 높아지지만 설치비용이 증가하므로 신중히 고려해야 한다[3]. 태양전지 모듈 용량 산정은 태양전지 모듈에서 발생하는 전력량이 부하량과 여유전력량을 더한 값이 되도록 한다. 독립형 또는 계통 연계형 운전 시간을 계산할 때 가장 중요한 것은 태양전지 모듈의 1일 전력 생산량과 배터리 사용가능 양이다. 거기에 태양전지 모듈의 효율과 배터리의 충방전 효율 및 방전심도를 계산하여 결과값에 신뢰성을 높일 수 있어야 한다. 충방전 컨트롤러의 특성 또한 고려되어야 한다. 컨트롤러의 충전 허용 전류는 컨트롤러마다 그 값이 다르기 때문에 모듈에서 이 값을 초과하는 과전류가 입력되면 컨트롤러 충전 허용 전류까지만 배터리로 유입된다. 그러므로 각 컨트롤러의 특징과 사용하려는 모듈의 전류 값을 고려하여야만 가장 효율적인 설계를 할 수 있게 된다. 독립형 방식의 허용 운전시간은 배터리 용량을 LED 모듈이 한 시간 동안 사용하는 전류량으로 나누어서 구할 수 있다. 표 1에서 얻은 결과를 바탕으로, 소프트웨어의 축전지 용량 산출 기능과 태양전지 모듈 용량산출 기능을 이용하여, 동적 부하에 가장 적합한 태양전지 모듈 용량과 축전지 용량이 계산되었다. 표 2에서 보는바와 같이, 점멸 동작을 하는 bar형 LED 부하는 고정 휘도 부하와 비교할 때, 태양전지 모듈과 배터리 용량이 약 50.6%로 감소하며, 디밍 동작을 하는 LED에 대해서는 약 81.7%로 감소하는 값으로 산출된다. 마찬가지로 channel형 LED에 대해서도 유사한 경향을 보인다. 따라서 태양광발전 시스템의 설치 비용과 공간 등을 절약할 수 있다.

[표 1] Bar 및 Channel형 LED모듈의 소비전력

	Bar형 LED 모듈(W)	전력 효율(%)	Channel형 LED 모듈(W)	전력 효율(%)
고정 부하	30.12	100	32.28	100
점멸	16.26	53.9	19.14	59.3
디밍	26.24	87.1	29.13	90.2

[표 2] 부하량에 따른 계통 연계형 태양광 발전시스템에서의 태양전지 용량 및 축전지 용량

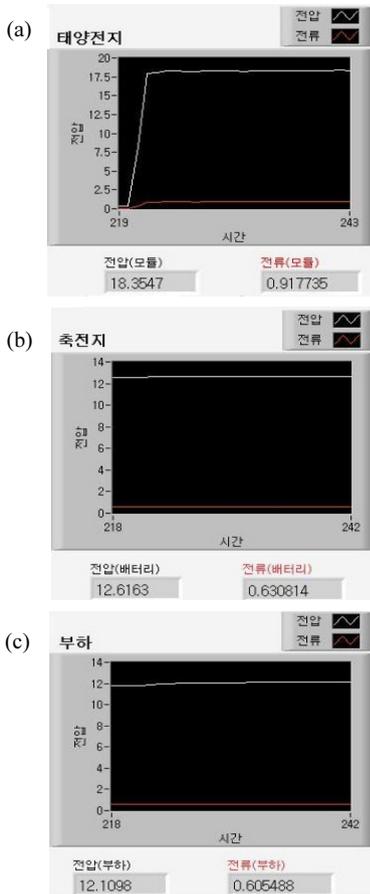
	Bar형 LED 모듈		Channel형 LED 모듈	
	태양전지 용량 (Wp)	축전지용량 (AH)	태양전지 용량 (Wp)	축전지용량 (AH)
고정 부하	123.2	83.4	123.8	83.8
점멸	62.4	42.2	74.4	49.7
디밍	100.7	68.1	111.8	75.6

### 2.3 모니터링 및 고장진단

PVLED 시스템, 즉 LED 부하용 태양광발전시스템을 설계한 후 이를 실제로 제작 설치하였을 때 여러 가지 원인에 의하여 고장이 발생한다. 이를 방지하기 위해 태양광 발전시스템의 점검은 중요한 일이다. 일반적으로 준공시의 점검, 일상점검 및 정기점검을 진행해야 한다[4]. 이 논문에서 제안된 소프트웨어가 제공하는 모니터링 기능은 인터넷 연결이 가능하다면 원격리에서도 그림 4에 나타난 사용자 인터페이스를 통해 그림 5와 같이 실시간으로 디스플레이 된다. 그림 5(a)는 태양전지 모듈에서 발전하고 있는 전력을, (b)는 축전지 충방전 상황, 그리고 (c)는 부하가 소비하는 전력을 보여주고 있다.



[그림 4] LED 부하용 태양광발전시스템 설계 소프트웨어의 사용자 인터페이스



[그림 5] PVLED 시스템 모니터링 출력

따라서 이 모니터링 기능을 활용하여, 준공시 점검 및 정기 점검이 가능하며, 태양전지 모듈, 배터리 그리고 LED 부하에서의 전압, 전류 측정값을 실시간으로 DB에 저장하고, 사용자가 각 구성요소의 평균 및 시간별 데이터를 간편히 분석 할 수 있다.

### 3. 결론

본 논문에서는 LED 조명부하의 전원으로 사용되는 태양광발전 시스템을 설계하는데 필요한 소프트웨어 틀을 제안하였다. 제안한 소프트웨어는 디밍과 점멸 효과를 갖는 LED 조명 부하의 경우, 부하량 측정 기능을 통하여 태양광발전 시스템 설계시, 모듈과 배터리와 같은 주요 구성요소의 최적값을 산출하고 그에 따른 낭비요소를 줄이는데 효과적일 수 있다. 태양광발전 시스템을 설계하고 점검하는 엔지니어들의 사용자 편의를 위해 실시간 모니

터링 및 데이터베이스 기능을 제공하였다. 추후 연구과제로는 PVLED 시스템이 설치되는 지역의 주변 건물 또는 시설물과 같은 장애물에 의하여 발생하는 그림자와 효과를 고려할 수 있는 더욱 정교한 소프트웨어 프로그램을 개발하는 것이다.

### 참고문헌

- [1] 윤형상 외 6명, “Solar Cell을 적용한 교통 시설물용 시선유도 표시등 전원 충전용 컨트롤러에 관한 연구,” 전력전자학회 학술대회 논문집, pp. 554-557, 1999.
- [2] 이흥주, “태양전지를 이용한 LED 표시장치 신뢰성 확보 실증연구,” 산업자원부, 2006.
- [3] 권오상, 서유진, 허창수, “독립형 태양광 조명 시스템의 설계 및 성능평가 연구,” 한국태양에너지학회 논문집, 제 24권 24호, pp. 1-10, 12월, 2004.
- [4] 이현화, 유권중, “태양광 발전시스템 설계 및 시공,” 인포더북스, pp. 172-175, 2009.

이 흥 주(Hoong-Joo Lee)

[종신회원]



- 1995년 2월 : 뉴욕주립대학교 대학원 전기전자컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1995년 9월 ~ 1999년 2월 : 삼성전자(주) 반도체연구소 선임연구원
- 2000년 7월 ~ 2001년 6월 : (주)포톤반도체에너지 이사
- 2009년 8월 ~ 2010년 7월 : 충청광역경제권선도산업지원단 PD
- 1999년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 컴퓨터시스템공학과 교수

<관심분야>

태양전지, 태양광발전시스템, 신재생에너지