태양전지를 이용한 소형 LED 사인보드 시스템

이효석, 임인철, 전나래, 어민경, 홍덕호, 이홍주
상명대학교 컴퓨터시스템공학과

Design of small LED 사인보드 using solar power

Hyo-Seok Lee, In-Chul Lim, Min-Kyung Eo,
Na-Rae Jeon, Deok-Ho Hong, Hoong-Joo Lee
Dept. of Computer System Engineering, Sangmyung University

요 약

본 논문에서는 소규모의 태양전지를 전원으로 사용하며 LED 부하를 이용하는 소형 사인보드 시스템의 설계방법에 대해 제안한다. 소형 PVLED 시스템의 최적 설계를 위해 고려해야 하는 LED 부하의 운전 전력소비량에 대한 계산과 더불어 축전지, PV모듈 등과 같은 시스템 용량을 주변 환경을 고려하여 설계한다. 시스템 설계를 위해 LabView를 사용하였으며, 실제 사용현장에서 PVLED시스템의 효과적인 유지관리를 위한 고장 검출기능을 추가하였다.

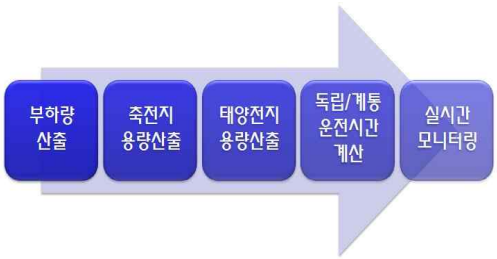
1. 서론

최근 신재생에너지에 대한 관심 및 적용이 증가되면서 소규모 독립형, 계통연계형 태양광 발전시스템을 이용한 다양한 형태의 응용제품이 만들어 지고 있다. 태양전지를 이용한 사인보드 또한 이러한 응용제품중의 하나이며 최근 가장 각광 받고 있는 시스템중 하나이다. 현재 수도권을 중심으로 기존의 형광등 전광판을 대체 하여 PVLED 사인보드가 지속적으로 설치되는 등 꾸준히 수요가 증가하고 있다. [1]

그러나 소형 사인보드의 경우, 설계방법이 체계화되지 않아 태양전지 와 배터리가 필요이상으로 크게 설계되거나 반대로 너무 작게 설계되어 동작 불안정과 같은 잦은 고장의 원인이 되고 있다. 따라서 본 논문에서는 소규모 계통연계형 PVLED 태양광발전 시스템 설계를 위해 태양전지 및 배터리의 용량산정 방법과 부하특성을 고려한 안정적인 시스템을 설계하기 위한 방안을 제시한다. PVLED 시스템의 설계 환경을 개발하고, 이를 통하여 시스템 요소별 기기의 최적 조합을 설계에 반영하게 하므로써, 설계자와 사용자로 하여금 설치비용 감소 및 시스템 안정성 과 효율성을 높이도록 한다.

2. PV LED 시스템 설계 환경

PVLED 사인보드시스템 설계환경은 태양전지 모듈과 LED부하, 그리고 시스템 요소별 기기의 최적 조합을 실현하여, 설치비용 감소 및 시스템 효율성 극대화에 중점을 두도록 개발되었다. 프로그램 개발 tool로는 그래픽 언어인 LabVIEW 8.6 과 LabVIEW DAQmx, LabVIEW DAQ-6221을 사용하였다.



[그림 1] PV LED 설계 환경 프로그램 순서도

2.1. 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

[그림 2] PV LED 설계 환경

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.

2.2 독립/계통연계형 운전 시간

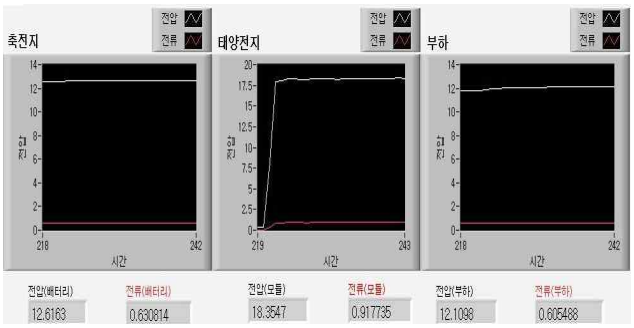
독립형 또는 계통연계형 시간을 계산할 때 가장 중요한 것은 태양전지 모듈의 1일 생산량과 배터리 사용가능 양이다. 거기에 태양전지 모듈의 효율과 배터리의 충/방전 효율 및 방전심도를 계산하여 결과값에 신뢰성을 높일 수 있어야 한다. 컨트롤러의 특성 또한 고려되어야 한다. 컨트롤러의 충전허용 전류는 컨트롤러마다 그 값이 다르기 때문에 모듈에서 이 값을 초과하는 과전류가 입력되면 컨트롤러 충전허용 전류까지만 배터리로 유입된다. 그러므로 각 컨트롤러의 특징과 사용하려는 모듈의 전류 값을 고려하여야만 가장 효율적인 설계를 할 수 있게 된다. 독립형 방식의 허용 운전시간은 배터리용량을 LED 모듈이 한 시간 동안 사용하는 전류량으로 나누어서 구할 수 있다.

2.3 PV LED 모니터링 시스템

PV LED 시스템을 설계하여 구축한 후 실제 사용되는 장소에 설치하였을 때 여러 가지 원인에 의하여 정상동작하지 않거나, 정상적으로 잘 작동하다가 고장이 발생하는 경우도 있다. 그러므로 태양광 발전시스템의 점검은 아주 중요한 일이다. 크게 준공시의 점검, 일상점검 및 정기점검의 3가지로 구별된다. [4]

시스템 준공시 점검은 시스템을 설치하면서 모듈의 개방전압측정, 각부의 절연저항 측정, 접지저항 측정 등을 하는 것을 말한다. 일상점검은 주로 육안점검에 의해서 매월 1회 정도 실시하며 이상이 확인되면 전문기술자에게 자문을 요청하는 형식으로 수행된다. 마지막으로 정기점검은 법에서 정한 용량별로 횟수가 정해져 있다. 100kW 미만의 경우는 매년 2회 이상, 100kW 이상 1000kW 미만의 경우 격월 1회로 정해져 있다. 하지만 법적으로 정기점검을 하지 않아도 자주적으로 점검하는 것이 바람직하다.

그러므로 PV LED 모니터링 시스템은 준공시 점검 및 정기점검을 위한 프로그램으로 개발하였으며 각각의 구성요소(축전지, 태양전지 모듈, 부하)의 전압, 전류 값을 실시간으로 DB에 저장하여 관리자가 각 구성요소의 전압 평균 및 시간별 데이터를 간편히 분석 가능하도록 구현 하는 것을 목표로 하였다.



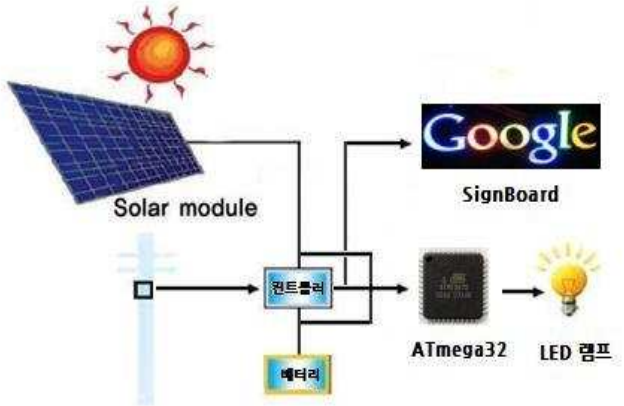
[그림 3] 실시간 모니터링 시스템

그러나 위와 같은 점검 방식들 중 일반 사용자의 경우에는, 일반점검 즉 육안에 의한 점검이 대부분일 것이다. 그러므로 축전지의 전압상황과 태양전지 모듈의 출력전압 및 전류 상황 그리고 부하로 유입되는 전압, 전류의 이상 상황을 일반 관리자로 하여금 육안으로 파악 할 수 있는 고장진단 시스템을 개발하여 간단하고 정확하게 PV LED 시스템의 이상 상황을 실시간으로 알려주어 관리 및 유지보수를 효율적으로 하게 하였다.

2.4 PV LED 고장진단

PV LED 시스템 설치 후 축전지, LED 모듈, 태양전지 모듈의 작동이 원활이 되고 있는지와 이상증상

에 따라 어떠한 시스템에 문제가 발생했는지에 대하여 사용자에게 실시간으로 정보를 제공할 필요성이 있다. 이를 위하여 가시적이면서 간편하게 고장을 알려주는 고장진단 모듈을 개발하였다. 그림 4는 고장감지 모듈이 포함된 PV LED 시스템의 전반적인 구성도이다.



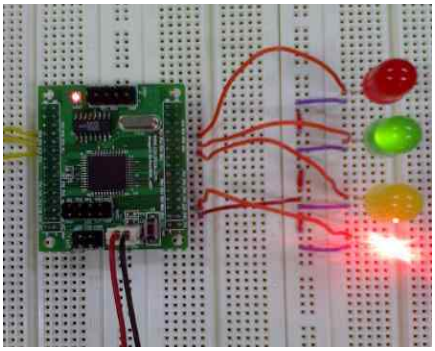
[그림 4] PV LED 고장감지 시스템 구성도

고장감지 모듈은 크게 태양전지 패널, 축전지, LED 부하에 대한 이상 유무를 체크한다. 이를 위하여 ATmega32(RS_232와 시멘트저항(5W30Ω), LED (RED, GREEN, YELLOW)를 사용하였고 개발 툴로는 WIN AVR Studio 4.18V을 사용하였다.

태양전지, 축전지, LED 모듈 각각의 전압을 측정하여 정상동작 범위 이하의 전압(9~10V 이하)이 인가되면 그에 해당하는 각각의 LED가 점멸 되도록 하였다. ATmega32의 전압 분해능 해석을 바탕으로 태양전지, 축전지, LED 모듈의 전압을 측정 포인트로 하여 ATmega32에 입력 가능한 전압으로 변환 후에 실제 동작범위를 측정하였다. 또한 고장감지 모듈이 정상적으로 동작하고 있는지 판별하기 위한 전원 LED 램프도 함께 구성하였다. 그림 5는 고장감지 모듈의 동작을 보여주고 있다.

3. LED 부하의 전력소비량

현재 도심 속에 자리 잡고 있는 LED 사인보드를 보면 단색으로 아무런 변화 없이 켜져 있는 것과 더불어 밝기나 색이 지속적으로 변화하여 사람들의 이목을 강하게 이끄는 사인보드를 볼 수 있다. 부하의 디밍(Dimming), 점멸(Blinking) 기능은 고정부하가

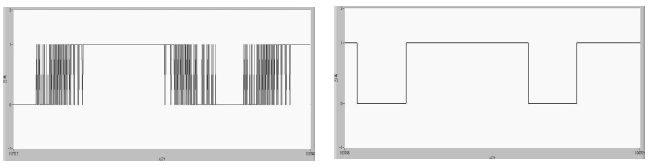


[그림 5] 고장감지 모듈의 동작

소비하는 전력에 비하여 적은 양이 소비된다.

본 연구에서는 LED모듈 Controller(FC200)와 6W LED 모듈(bar 형태) 5개를 병렬 연결한 30W 부하와 1W LED 모듈(Channel type) 30개를 병렬 연결한 30W 부하를 이용하여 부하에 따른 전력 소모량을 측정하고 동적 부하의 소비전력을 산출하였다.

디밍(dimming) 효과의 소비전력을 구하기 위하여 1 cycle 동안의 그림 6의 왼쪽과 같은 상승 펄스를 카운트 하였으며, 휘도의 고정 및 변화 시간을 측정하였다.



[그림 6] 디밍과 점멸의 제어 펄스 파형

$$\frac{H \times M}{1\,Cycle} = \text{최대 밝기유지 소비전력량} \quad (1)$$

$$\frac{R(u)}{R(t)} = R(a) \quad (2)$$

$$\frac{H \times R}{1\,Cycle} = \text{밝기 변화 시간의 최대 전력사용량} \quad (3)$$

$$R(m) \times R(a) = \text{밝기 변화시 소비전력} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &\text{최대 밝기 유지 소비 전력량} + \\ &(\text{밝기 변화 소비 전력량} \times 2) \\ &= \text{디밍 } 1\,Cycle \text{ 동안에 전력 소비량} \end{aligned} \quad (5)$$

(H = 측정시간 동안 고정 Load 전력 소비량)
(M = 최대 밝기 유지 시간)
(R = 밝기 변화 시간)
(R(u) = 밝기 변화 시간동안 상승 펄스 수)
(R(t) = 밝기 변화 시간동안 전체 펄스 수)
(R(a) = 밝기 변화 시간동안 상승 펄스 율)
(R(m) = 밝기 변화 시간동안 최대 전력량)

점멸(blinking) 부하량를 구하기 위하여 디밍과 마찬가지로 1 cycle 동안의 그림 6 오른쪽과 같은 상승펄스와 전체 펄스수를 카운트 하였다. 점멸(blinking) 소비전력은 다음 식에 의해 산출되었다.

$$\frac{H \times \text{측정시간}}{\text{측정시간}} = M \qquad (3\text{-}5)$$

$$\frac{U}{T} = R \qquad (3\text{-}6)$$

$$M \times R = 1\,Cycle\ \text{동안 블링킹 전력 소비량} \qquad (3\text{-}7)$$

(U = 측정시간 동안의 상승 펄스 수)
(T = 측정시간 동안의 전체 펄스 수)
(H = 점멸 측정시간 동안 고정 부하전력 소비량)
(M = 점멸 최대 전력 소비량)
(R = 상승 펄스 율)

위와 같은 공식을 사용하여 표 1과 같이 부하량을 도출하였다.

[표 1] Bar 모듈과 Channel형 모듈의 전력 소모량

	LED bar 모듈(W)	전력 효율비(%)	LED Channel 모듈(W)	전력 효율비(%)
고정 부하	30.12	100	32.28	100
점멸	16.26	53.984	19.14	59.293
디밍	26.24	87.118	29.13	90.241

위의 결과값 처럼 점멸과 디밍은 고정 부하량에 비하여 더 적은 전력을 사용하고 있음을 알 수 있다. 이러한 부하 특성은 PV LED 시스템 설계 시 비용절감 및 효율성 측면에서 반드시 고려해야할 사항이다. 표 2는 이러한 특성을 고려하여 PV LED 사용자 설계환경을 사용하여, 가장 적합한 태양전지 모듈 용량과 축전지 용량을 계산한 결과 값을 보여준다.

[표 2] 부하량을 고려한 태양전지 용량 및 축전지 용량 산정

	LED bar 모듈		LED channel 모듈	
	태양전지 용량 (Wp)	축전지용량 (AH)	태양전지 용량 (Wp)	축전지용량 (AH)
고정 부하	123.235	83.35	123.848	83.77
점멸	62.384	42.197	74.43	49.67
디밍	100.675	68.096	111.763	75.596

4. 결론

본 논문에서는 소규모 태양광 발전을 이용한 PV LED 사인보드 시스템을 설계 하였다. 시스템 설계자를 위한 설계 환경을 개발하여 축전지 및 태양전지 모듈의 용량을 산정 할 수 있도록 하였다.

또한 동적부하에 따른 소비 전력량을 유도하여 축전지 및 태양전지 모듈의 용량을 최적화 하였다. 그리고 일반 사용자가 외부에서 시스템의 이상 유무를 쉽고 간편하게 식별 할 수 있도록 이상감지 모듈을 PVLED 시스템에 포함시켜 유지관리에 도움을 줄 수 있도록 하였다.

추후 연구과제로는 PVLED 시스템이 설치되는 지역의 주변 건물 또는 시설물들에 의하여 발생하는 그림자의 영향 등을 고려하여 더욱 정교한 설계환경 프로그램을 개발 할 예정이다.

Acknowledgment

이 연구는 2010년도 충청광역경제권 선도산업 육성사업의 지원으로 수행 되었습니다.

참고문헌

[1] 윤형상 외6명, “Solar Cell을 적용한 교통 시설물용 시선유도 표시등 전원 충전용 컨트롤러에 관한 연구,” 전력전자학술대회 논문집, 1999

[2] 이홍주, 이우희, 김형진 “태양전지를 이용한 LED 표식장치 신뢰성 확보 실증연구,” 상명대학교, 2006

[3] 권오상, 서유진, 허창수, “독립형 태양광 조명 시스템의 설계 및 성능 평가 연구”, 한국태양에너지학회 논문집, 2004

[4] 이현화, 유권종, “태양광 발전시스템 설계 및 시공,” 인포더 북스, 2009