

태양광 에너지를 이용한 LED표식장치 설계

최덕화, 이흥주

상명대학교 컴퓨터시스템공학과

redeyes1117@naver.com

LED sign board design using photovoltaic system

Deok-Hwa Choi, Hoong-Joo Lee

Dept. of Computer System Engineering, Sangmyung University

요 약

본 논문에서는 태양전지-LED 시스템을 설계하여 부하·발전·배터리 용량을 산정하고, 상용 예비전력을 도입한 독립형 태양광발전시스템을 구현하였다. 또한, LED 조명부하에 대한 휘도 시뮬레이션 및 균일성 검사를 거친 후, 이를 태양광발전시스템과 함께 설치하였다. 태양전지-LED 시스템에 대하여 설계, 설치 및 운영에 관한 현장 시험을 통해 시스템의 신뢰성과 성능 및 제반 문제점을 확인하고, 태양광 에너지를 이용한 LED 표식장치의 다양한 응용을 위한 기초적 근거를 마련하였다.

1. 서론

태양광을 이용한 발전은 이미 오래 전부터 국내, 외적으로 기존의 화석연료를 사용하는 발전방식을 대체하는 기술의 일환으로 태양광으로 직접 전기에너지를 생산하여 환경 친화적으로 청정한 전기에너지를 얻을 수 있어 미래의 주요 대체 에너지원으로 각광받고 있다. 태양광 발전에 따른 이용은 대표적으로 계통 연계형이 아닌 독립형으로서 기존의 전력을 배제하고 사용할 수 있는 큰 장점을 가지고 있어 대용량의 전력 공급뿐만 아니라 소규모의 생활용품에까지 실생활에 밀접하게 활용할 수 있는 특성을 가지고 있다.[1]

통상적인 건물 옥외 조명으로는 일반적으로 백열전구, 수은등, 형광등이 사용되어 오고 있으며, 현재에는 네온등이 주류를 이루고 있다. 이러한 것들은 비교적 많은 전력을 소모와 함께 수명의 단기화로 잦은 교체를 수반하기 때문에 형광등이나 네온등보다도 훨씬 적은 전력을 소모하는 LED(발광 다이오드; Light Emitting Diode)의 이용이 점차 확대되고 있다.[2-4]

본 연구는 태양전지를 이용하여 전력을 생산하여 중대형 간판 조명시설에 이용될 수 있도록 주간에 태양광에 의해 발전한 전력을 축전지에 충전하였다

가 야간에 스스로 점등되어 조명하는 중대형 태양전지-LED 시스템에 대하여, 설계, 설치 및 운영에 관한 현장 시험을 통해 이 시스템의 신뢰성과 성능 및 제반 문제점을 확인 분석하고자 하였다.

2. PV-LED 시스템 구성

2.1. 태양광발전시스템의 개요

태양광발전시스템의 구성은 일반적으로 시스템의 이용 처, 부하의 종류, 시스템의 크기, 입지조건 등에 따라 다르지만 그 기본 구성은 다음과 같다. 태양전지 어레이는 태양전지 소자를 직렬이나 병렬로 연결하여 직접 DC전력을 발생하기 때문에, 직류부하인 경우에는 DC-DC Converter를 이용하여 가장 효율적인 전압으로 출력 측에 축전지를 접속하여 사용하며, 또한 교류부하인 경우 DC-AC Inverter가 필요하고 경우에 따라 축전지를 접속하여 태양광발전시스템에서는 일반적으로 일사조건과 부하 사용시간이 다르고 일사량 또한 시간에 따라 다르므로 발전된 전력을 저장할 수 있는 축전지를 갖는다.

DC-DC Converter는 태양전지 출력이 일사량, 온도, 기타 주위환경 등에 따라 항상 최대 전력점의 전압 및 전류가 변하는 특성을 가지고 있다. 그러므로 승압형 또는 강압형 컨버터의 duty ratio를 제어

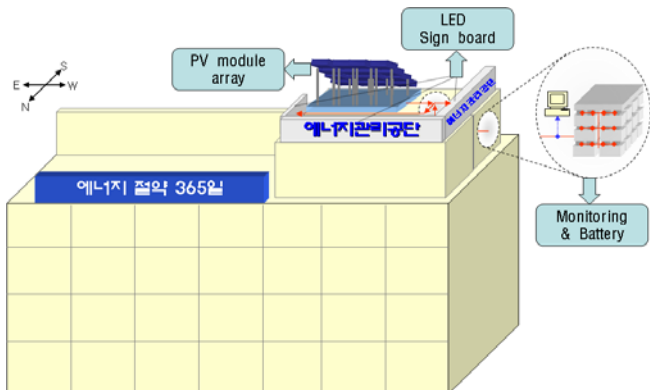
하여 태양전지 출력을 항상 최대 전력점에서 동작할 수 있도록 하며, 또한 DC-DC Converter의 출력 전압을 일정하게 유지하여 축전지나 부하로 공급해 주는 역할을 한다. DC-AC Inverter는 UPS, PWM Converter, PFC(Power Factor Collector)등에 널리 이용되는 full-bridge inverter를 주로 사용하며 전압 및 주파수 조정기능을 가지고 있다.

태양광 발전 시스템 구성방식으로는 독립형 태양광발전시스템과, 상용전력계통과 연계하여 사용하는 계통연계형 태양광발전시스템으로 구분되며 용도별로 구분하면 주택용, 낙도전원용, 대규모 전원공급용 및 기타 특수용으로 분류된다.[5-7]

2.2. 실증사이트

실증연구단지조성에 앞서 사이트가 위치할 곳인 용인시 수지읍에 위치한 에너지관리공단 현장답사를 통해 현장의 기존 외부간판의 구조물과 전력선을 확인하고, 태양광발전시스템, LED 간판 및 모니터링 시스템을 설치할 공간의 주변 환경을 조사하였다.

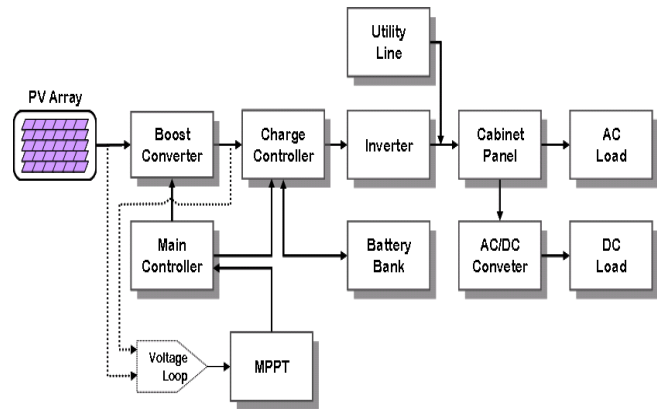
그림 1은 태양광발전시스템을 설치할 건물의 설치 모형도이다. 표시된 부분은 간판이 설치될 곳으로 기존에 네온간판이 자리하고 있다.



[그림 1] 태양광발전시스템 설치 모형도

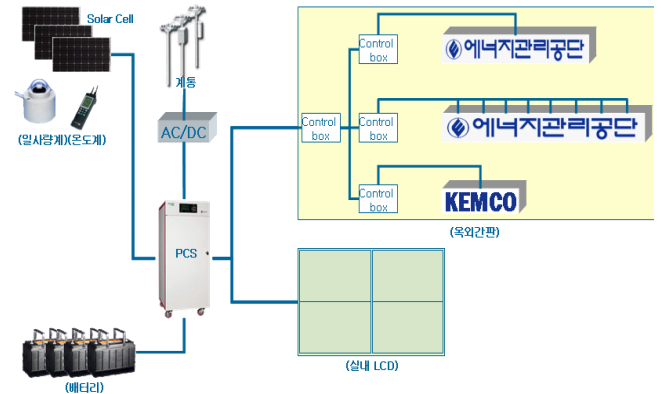
그림 2는 본 논문에서 제안된 태양광발전시스템의 전체 구성도이다. 시스템은 태양광 발전부, 제어부, 인버터, 컨버터, 배터리, 부하 등으로 구성되어 있다. 기본적인 구성은 독립형 태양광발전시스템의 구성을 따르고 있지만, DC부하를 위한 AC-DC Converter가 추가 되었으며, 여름철 장마나 겨울철 발전량이 낮아질 경우 발생할 수 있는 오동작을 막기 위해 계통선과 연계한 형태이다. 계통연계를 통해 배터리를 설치하는데 드는 비용과 공간을 다소 절약할 수 있고, 부하에 대한 안정적인 전원공급이

가능하다.



[그림 2] 제안한 태양광발전시스템의 전체 구성도

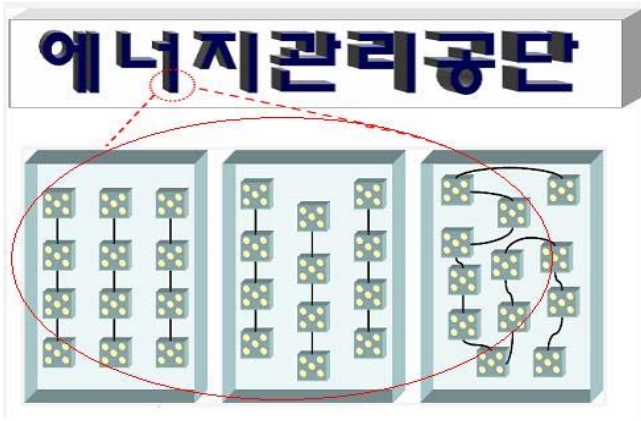
태양전지모듈은 건물 옥상에 설치하고, 그 하단에는 분전반과 모니터링 센서 부착을 위한 컨트롤 박스가 위치한다. 모니터링 서버와 배터리, 인버터 등은 건물의 공조실 내부에 설치를 한다. 그림 3은 전체 시스템 구성도를 나타낸다.



[그림 3] 전체 시스템 구성도

2.3. 부하

다음 그림 4는 LED channel sign의 구조를 나타내고 있다. 박스 형태의 각 채널 내부에 channel LED를 배치하고 있고, 그 위에 diffuser를 덮어 빛이 균일하게 분포하도록 한다. 간판을 설계하기 위해 고려하여야 할 요인으로 간판의 글자 디자인 및 설치되는 위치에 따라 조도, 휘도, channel LED의 배치가 결정된다. 간판 글자를 디자인하여 각 채널의 폭, 길이, 깊이 등의 사이즈를 토대로 원하는 조도와 휘도를 가지며 빛이 고르게 분포하도록 광학시뮬레이션을 통해 channel LED의 배치를 결정한다.



(a) 직선형 (b) 갈지자형 (c) 불규칙형

[그림 4] LED channel sign 구조

먼저, 간판 글자를 디자인하여 각 채널의 폭, 길이, 깊이 등의 사이즈를 토대로 원하는 조도와 휘도를 가지며, 빛이 고르게 분포하도록 광학시뮬레이션을 통해 channel LED의 배치를 결정한다. 그림 4에서 보는 것과 같이 3가지형의 기본배치로 나누어 시뮬레이션을 하였다. 1차적 시뮬레이션 결과 직선 형태로 평행하게 3줄로 배열을 했을 때 원하는 조도와 휘도 및 빛의 분포를 보였지만 실제로 설치했을 때 음영이 지는 곳이 발생할 수 있어, 암실 테스트 및 dummy plan 설치를 통해 실제 설치했을 때의 조도, 휘도, 빛의 분포 등을 측정하여 문제가 발생하는 부분을 수정 보완 하였다.

3. 실증실험 및 결과

본 연구에서는 에너지 관리공단 내 8층과 옥상에 설치된 태양광발전시스템과 LED 표식장치로부터 수집된 9개월간의 데이터를 바탕으로 월별발전량, 일별발전량, 일사량데이터, 조도측정 데이터 등을 그래프로 나타내어 분석하였다.

설치된 센서는 온도계측을 위한 LED 표식장치 내부 온도 센서와 일사량을 측정하기 위한 경사면 센서가 있다. 온도 센서는 LED 표식장치의 내부 온도변화를 측정하기 위함이고, 일사량 센서는 태양전지의 설치 특성상 발전량과 상관관계가 큰 경사면 센서를 사용하는 것으로 하였다.

실험에서 사용될 축전지는 태양광발전시스템의 컨버터 부를 거쳐 충방전 제어회로를 통하여 충전되며, 인버터에 의해 교류로 변환되어 AC부하에 공급된다. 축전지 1개는 6개의 셀로 구성되어 있으며 단위 전압은 12V, 용량은 200AH이며 최적 충전전압

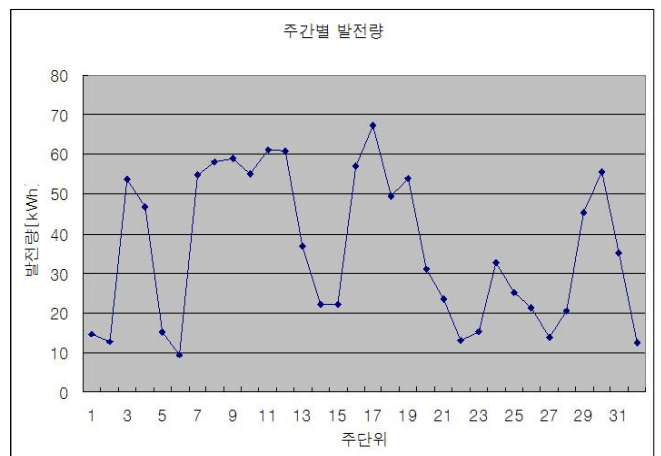
은 14V이다. 또한 축전지 뱅크는 직렬로 연결된 축전지 2개를 1조로 구성하고 이것을 병렬로 연결하여 정격 24V, 400AH가 되며, 시뮬레이션에 의해 10set으로 구성하는 것이 바람직하다.

어레이는 태양전지 모듈 50개를 직병렬로 연결한 5kW급으로 설계하였다. 태양전지 모듈을 경사각 45°를 기준으로 할 때 7m(W) × 7m(L) × 5m(H)의 설치공간을 필요로 한다. 본 연구에 사용될 태양전지 모듈은 표 1에 나와 있다.

[표 1] 태양전지 모듈 제원(표준실험조건 : 1kW/m², 25℃)

구분	내용
Solar Cells	single silicon solar cells
Connection	72 series
Power max	103W (12V) 103W(24V)
VOC	20.8V 41.6V
ISC	6.60A 3.30A
VOP	17.2V 34.4V
IOP	6.0A 3.0A
Dimension(mm)	1,322(W) X 671(H) X 40(D)

그림 5는 월별 발전량을 토대로 발전량 변화의 추이를 관찰하기위해 모니터링 기간 31주 동안의 발전량 데이터를 정리한 것이다. 최대발전량은 5월 1주차에 67.2[kWh], 최소발전량은 2월 3주차에 9.39[kWh]이며, 평균발전량은 36.1[kWh]가 됨을 알 수 있다.

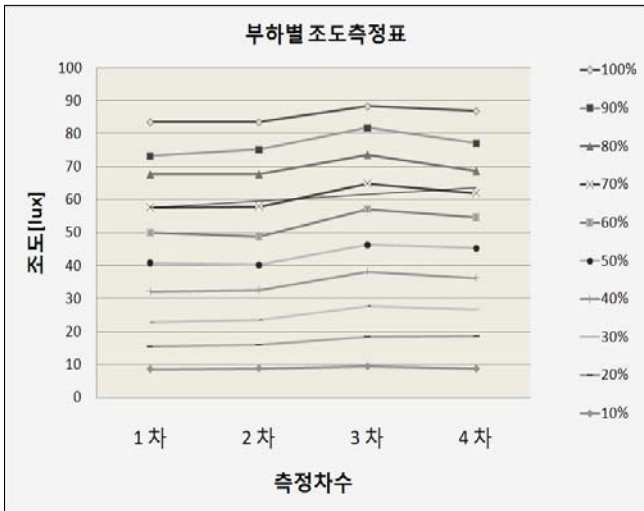


[그림 5] 주간별 발전량 (11월 ~8월)

측정 횟수는 6월부터 8월중 6월 6일, 7월 11일과 25일, 8월 8일 4회이다. 특별히 이 기간을 선정한 이

유는 여름철 고온이나 장마의 기후조건에 따른 조도의 변화를 살펴 볼 수 있기 때문이다. 1차 6월 6일의 날씨는 온습도가 적절한 맑은 날씨였으며, 2~3차는 장마로 인한 우천 상황이었다. 4차는 낮 동안에 온도가 높고 열대야가 지속된 상태였다.

그림 6은 각 부하율에 대하여 전면 글자별 조도 측정 결과를 부하별 평균값으로 정리한 것이다. 측정 3차시의 부하에 따른 조도 결과 값이 타 측정차수 보다 대부분 높은 수치를 유지하였다.



[그림 6] 부하별 조도측정 결과

태양전지와 축전지 용량 산정식을 바탕으로 시뮬레이터를 프로그래밍 하여 개발 조건을 시뮬레이션 하였다. 일일 부하량 17.28kW에 대하여 태양의존률 80%, 여유계수 1.1, 시스템효율 0.85로 할 경우 태양전지 용량은 5.3kWp이고, 부조일수 3일, 방전심도 0.6, 충방전효율 0.85일 경우, 가용한 축전지 용량은 101.6kWh로 계산되었다.

4. 결론

본 실증연구를 통해 태양전지를 이용하여 전력을 생산하고 간판 조명시설에 이용될 수 있도록 주간에 태양광에 의해 발전한 전력을 축전지에 충전하였다가 야간에 스스로 점등되어 조명하는 기본적인 시스템으로 구성하였다. 이를 기반으로 태양전지-LED 시스템을 설계하여 부하, 발전 및 배터리 용량을 산정하고, 상용 예비전력을 도입한 독립형 태양광발전 시스템을 구현하였다. 또한, LED 조명부하에 대한 휘도 시뮬레이션 및 균일성 검사를 거친 후, 이를 태양광 발전 시스템과 함께 설치하였다.

그 결과 태양전지-LED 시스템에 대한 설계, 설치 및 운영에 관한 현장 시험을 통해 시스템의 신뢰성과 성능 및 제반 문제점을 확인하였으며, 태양광 에너지를 이용한 LED 표식장치의 다양한 응용을 위한 기초적 근거를 마련하였다. 이를 통하여 얻은 기술은 태양전지를 이용한 LED 표식장치의 모듈화, 제품화에 기여하는 기초자료가 될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Roger A. Messenger Jerry Ventre, "Photovoltaic Systems Engineering", Second Edition, CRC PRESS, 2003.
- [2] 이성룡, 전철환, 신영찬, 이강명, "LED 교통 표지판용 독립형 태양광 발전 시스템의 구현", 전력전자학술대회논문집, 2003.
- [3] 이미영, "LED부하용 태양광발전시스템의 매칭특성에 관한 연구", 상명대학교 정보디스플레이 연구소 논문집, 2004.
- [4] 이우희 외 4명, "LED 조명용 DC-DC 컨버터에 관한 연구", 한국산학기술학회 춘계학술발표논문집 제5권 제2호, 2004.
- [5] 이우희 외 4명, "독립형 태양광발전 응용 시스템설계에 관한 연구", 한국산학기술학회 추계학술발표대회, 2005.
- [6] 이우희 외 4명, "소규모 독립형 태양광발전시스템 용량산정에 관한 연구", 한국산학기술학회 춘계학술발표논문집, 2005.
- [7] 강신영, 이양규, 김광현, "소규모 독립형 태양광 발전 시스템의 특성 개선", 전력전자학술대회논문집, 2002.