

태양광발전 조명기기(PV Lighting)의 고찰 및 경제성 분석

황명근<한국조명기술연구소 연구부장/책임연구원> · 이세현<한국조명기술연구소 선임연구원>

1 서론

우리나라의 원유수입 해외 의존도가 97.3(%)로서 원유의 고유가 시대를 맞이하고 있으며 전 세계적으로 태양광발전분야는 각광받을 전망이다. 이에 정부에서는 2012년까지 신·재생에너지분야인 태양광주택 10만호 보급계획을 수립한바 있고 국내 KPE사에서는 36(MW)규모의 태양전지(solar cell) 생산라인을 구축하였고 2011년까지 1,100(MW)규모로 생산능력을 확대할 계획이다. PV용 조명기기는 태양 전지모듈로부터 생성된 전기에 의해 동작하는 조명기기를 말하며, 주로 정원등(solar garden)과 가로등, 바닥(지중)등 및 벽등 등에 쓰인다.

본 고에서는 신·재생에너지분야 중에 하나인 태양 전지 및 모듈(module), 태양광발전조명기기(photo voltaic, PV lighting)의 동작원리, PV조명기기에 사용하는 축전지 종류, PV조명기기의 전자기기 구성품과 광원(light source) 및 램프(lamp)의 종류, PV조명기기용 등기구 선정시 고려해야 할 사항 등에 기술하여 기존 조명기기와 PV조명기기의 경제성분석을 하였다.

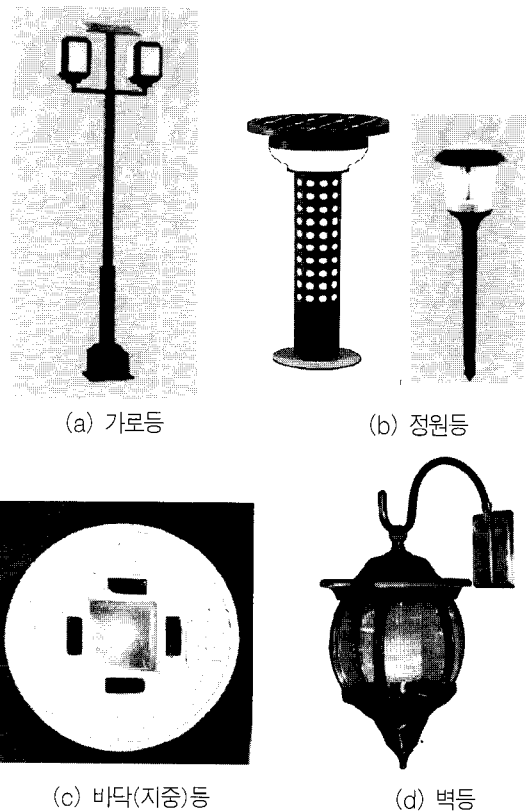


그림 1. PV용 조명기류

이러한 PV조명기기는 非계통연계형과 계통연계형으로 나눌 수 있는데, 전자의 경우 소비전력을 오직

기술해설

태양광에너지로만 사용하는 경우이며, 독립형 PV조명기기로 명명한다. 계통연계형 PV조명기기는 태양광발전을 통해 생성된 전력과 일반상용전력을 연동하여 사용해야 하므로 좀더 복잡한 기술이 요구되며, 본 자료는 야간에 쓰이는 독립형 PV조명기기에 대해서만 다루기로 한다.

PV조명기기는 태양전지 또는 모듈을 통해 수집된 태양에너지를 축전지에 저장한 후, 야간에 조명장치로 전력을 공급하는 시스템으로서 일반적으로 PV조명기기의 구성은 태양전지모듈, 축전지, 전자기기(축전지 충전제어기, 인버터, 안정기, 구동회로, 타이머, 스위치 등), 광원(램프류), 등기구로 이루어진다.

이러한 다수의 구성품들은 전통방식의 조명시스템과 비교하여 초기 구입비용과 유지비용이 높으며 디자인하거나 설치하는데 있어서도 전통방식의 조명시스템과 비교하여 좀더 복잡하다. 그러나 왜 사용하는가를 짚어보면, 사람의 접근이 용이하지 않거나 상용전력을 사용하기 위해 전기공사 및 전력가격이 비싼 경우에 사용하며, 높은 조도가 필요하지 않은 곳에 설치되어 성공적으로 운영될 수 있으며 일반적으로 야영장, 시골길, 공원, 원거리에 위치한 주차장 등에 설치한다.

PV조명기기에 필요한 전력은 일사량에 따라 크게 좌우하며, 이러한 일사량은 지역, 날씨, 주위 구조물에 따라 변화한다. 지구대기로부터 받아들이는 일사량은 단위면적(square meter, [m²])당 1,367[W]이며, 이 일사량은 에어메스(air-mass)를 통과하면서 각각의 다른 값으로 줄어들게 된다. 일사량은 태양에서 방출된 방사에너지이며, 건축물과 같은 임의의 표면에 입사된 방사속(radiant flux)의 양으로서 "방사조도(solar irradiance)"라 부른다. 일반적으로 방사조도는 산꼭대기보다 바다표면에서 낮으며, 적도(equator)로부터 멀어질수록 이용 가능한 방사조도는 낮아진다. 또한 방사조도는 여름기간보다 겨울기간이 낮으며, 날씨에 따른 영향을 많이 받는다. 예를

들어 구름이 덮힌 날씨에는 방사조도가 현저히 줄어들 수 있으며, 건축물, 나무, 눈 등에 의해 방사조도가 낮아지거나 태양전지모듈 자체가 더러워져서 이용 가능한 방사조도가 낮아질 수 있다.

빛(light)이 표면을 비출 때, 그 빛은 반사되거나 전도되거나 흡수되며, 흡수된 경우 입사된 광자(photon)가 갖고 있는 에너지의 일부가 다른 형태의 에너지로 변환하게 된다. 일반적으로 이 에너지는 열에너지의 형태이지만 태양전지 셀과 같은 물질의 경우 입사광자 에너지를 전기에너지로 변환한다. 태양전지모듈은 태양전지의 직병렬 연결로 구성된다. 그림 2는 태양전지 셀의 구조 및 동작원리를 나타낸다.

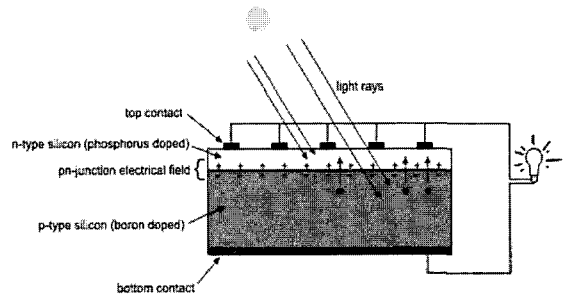


그림 2. 태양전지 셀의 구조 및 동작원리

일반적으로 실리콘 태양전지 셀은 두 층으로 구성된다. 상위층은 인(phosphorus)으로 도핑된 n형 반도체의 얇은 막으로 구성되며 이 얇은 막의 아래층은 붕소(boron)로 도핑된 p형 반도체의 두꺼운 막으로 구성된다. 이 두 물질이 접촉했을 때 P-N접합이 형성되며 이 P-N접합은 실제로 태양전지 셀 위에 햇빛을 비췄을 때 전위차를 형성할 수 있는 전기장을 갖는다. 즉 햇빛이 태양전지 셀을 때리면 N형 실리콘층보다 더 높은 전위를 갖는 P형 실리콘 층에 기인하여, P형 실리콘 층에 있는 전자의 일부가 PN접합을 가로질러 N형 실리콘 층으로 이동할 수 있도록 자극을 받는다. 이 때 만약 태양전지 셀에 부하를 연결한다면

전류흐름이 발생한다. 일반적으로 실리콘 태양전지 셀에 생성될 수 있는 전압전위는 대략 직류 0.5~0.6[V](무부하 상태)이다. 또한 태양전지 셀의 전력량은 일사량(solar radiation)과 태양전지 셀의 표면면적에 따라 변화하며 이것을 효율로 표시한다. 각각의 태양전지 셀 효율에 따라 태양전지모듈의 효율이 결정된다. 태양전지 셀은 그 구성 물질과 구조적 특징에 따라 다른 종류로 분류된다. 상업적으로 이용 가능한 태양전지모듈의 효율은 일반적으로 7~17[%]이다.

2. 태양광발전 조명기기

2.1 동작원리

PV조명기기에 사용되는 전력은 일사량이며, 이것은 석탄과 천연가스 같은 화석연료를 대체할 수 있으며, 수력발전장치 같은 복잡한 장비를 필요로 하지 않는다. PV조명기기는 태양전지모듈, 축전지, 전자회로, 광원(램프류) 및 광학 등기구로 구성된다. 그림 3은 이러한 PV조명기기의 구성품을 나타낸다. 태양전지 셀에서 발생된 전기적 에너지는 광원(램프)에 직접적으로 가해지거나, 차후 사용을 위해 축전지에 저장된다. 이후 태양전지 셀 또는 축전지에 생성된 직류전류는 전자회로를 거치면서 광원(백열전구, LED 램프, 형광램프)을 점등시키기 위한 적절한 전력(직류, 교류)으로 조절되고 안정화되어진다. 전자기기 구성품(충전제어기, 타이머 스위치, 형광램프용 안정기, LED램프 구동장치, AC램프용 인버터)은 전기적 에너지를 변환하고 제어하며, 광원은 빛을 공급하고 등기구는 공급된 빛의 패턴을 결정한다. PV조명기기의 출력되는 빛의 양은 수집된 태양광에너지의 양과 각 구성품(태양전지모듈, 축전지, 전자기기, 광원, 등기구)의 효율에 따라 변화된다.

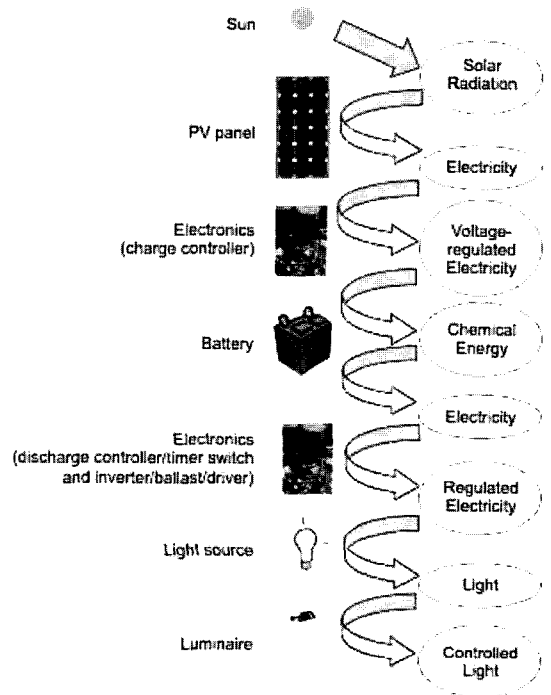


그림 3. PV조명기기의 구성품 및 에너지 흐름도

2.2 축전지 종류

축전지는 활성물질안에 포함되어있는 화학에너지를 전기화학반응에 의해 전기적 에너지로 변환하는 장치이다. PV조명기기에 사용하는 축전지는 재충전이 가능하여야 하며, 가격 및 다양한 사이즈 면에서 유리한 납축전지(Lead-acid battery)가 보편적으로 PV조명기기에 가장 많이 사용된다. 납축전지는 재활용을 할 수 있으며, 종류로는 납-안티몬(lead-antimony)전지, 납-칼슘(lead-calcium)전지 및 이러한 두 개의 전지를 혼합한 하이브리드 전지와 젤(gel) 타입의 전해질을 갖는 납축전지 및 AGM(absorbed glass mat)전지이다.

그리고 니켈-카드뮴(Nickel-cadmium) 전지는 가격이 고가이기 때문에 특수한 조명기기에 사용한다. 독립형 PV조명기기가 가장 비싸고 취약한 구성품은 축전지이며, 시간이 흐름에 따라 용량이 감소하

기술해설

고 이러한 이유로 정기적으로 교체되어진다. 전형적인 축전지 수명에 대한 평가는 매우 어려우며, 그 이유는 주위영향, 전지유형, 정확한 태양광발전시스템 규모, 설치지역 환경, 적절한 운영(충방전 제어기, 유지관리)절차가 명확하지 않기 때문이다. 일반적으로 PV조명기기는 주간에는 축전지로 태양광에너지를 저장하고, 야간에는 조명기기로 에너지를 공급한다. 이것을 ‘축전지의 일일사이클(한번의 충전과 한번의 방전)’이라 하며, 사이클 수명이라 규정한다.

축전지의 사이클 수명은 정격용량의 80(%)로 감소하기 전까지의 사이클 수를 나타내며, 이 기준 아래로 떨어졌을 때 교체를 고려해야 한다. PV조명기기를 설계할 때 가장 중요한 사항은 축전지 용량을 결정하는 것으로서, 축전지는 특정시간동안 PV조명기기로 충분한 필요에너지를 공급할 수 있어야 한다. 축전지 용량은 축전지에 저장되어있는 에너지량의 측정값이다. 이 용량은 암페어시(ampere hours)로 나타내며, 완전방전이 이루어지기 전까지 축전지에서 출력되어진 에너지의 양을 말한다. PV조명기기용 축전지의 최적화 유형은 많은 양의 에너지를 반복적으로 충방전할 수 있는 심방전용(deep discharge) 축전지이다. 유지관리가 거의 필요 없는 축전지의 최대방전심도는 30(%)이다. 이 최대방전심도는 축전지의 손상 없이 사이클 동안 축전지로부터 제거될 수 있는 에너지양을 말한다. 일반적으로 축전지는 내후성과 부식방지를 위한 비금속성 덮개를 사용하여야하고 제조사 지침서에 따라 유지 관리하여야 하며, 최대성능을 유지할 수 있도록 청결을 유지하여야 한다.

2.3 전자기기 구성품

일반적으로 PV조명기기의 구성품은 축전지 충전제어기, 타이머스위치, 인버터 또는 안정기/구동회로 및 광원/등기구를 포함한다. 예를 들면 1(W)미만의 LED를 사용하는 정원등용 PV조명기기는 하나의 시

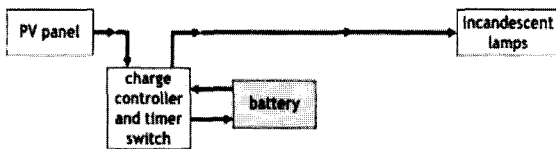
스템 즉, 일체형으로 제작이 가능하지만, 주차장용 PV조명기기와 같은 큰 시스템의 경우, 전자기기 구성품은 대부분 분리한다. 독립형 PV조명기기에 사용하는 충전제어기의 주요기능은 부하로 인한 과방전을 보호하고 태양전지모듈로 인한 과충전을 보호하여 축전지를 최상의 충전상태로 유지하는 것이다. 충전제어기의 설정값에 따라 축전지의 운전상태가 결정되며, 이러한 충전제어기는 각각의 다른 방법을 사용하여 다른 성능특성을 가진다.

광원이 점등되어지려면 타이머 스위치가 동작해야 하며, 이러한 기능은 타이밍소자, 광센서 및 태양전지셀을 통해 이루어진다. 일반적으로 PV조명기기에 사용하는 광원은 안정기 또는 구동회로를 필요로 한다. 형광램프 또는 HID(high intensity discharge)램프와 같은 AC 광원을 사용하는 PV조명기기는 인버터(inverter)를 필요로 한다. 이러한 인버터는 직류전류를 교류전류로 변환한다.

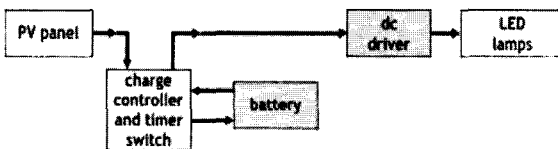
일반적으로 인버터는 입력전원(DC 12, 24, 48, 120)을 50(Hz) 또는 60(Hz)의 상용전원(AC 120, 220)으로 변환한다. 동작전원 220(V) (60(Hz))로 동작하는 대부분의 형광램프 및 HID용 안정기는 저전압 직류(12, 24, 48)를 입력전원으로 사용한다. 특히 AC 안정기는 입력전원을 직접적으로 AC 고전압/고주파수(20(kHz) 이하)로 변환하며, DC 안정기는 DC 고전압/ 고주파수로 변환하는 것에 주목해야 한다. LED램프 역시 구동회로를 필요로 하며, AC 구동회로나 DC 구동회로를 사용할 수 있다. AC 구동회로는 입력전원 220(V)(60(Hz))로 동작하며, 주로 AC 상용전력으로 동작하는 조명기기에 사용한다. DC 구동회로는 입력전원을 저전압 직류를 사용하며, 일반적으로 PV조명기기에 적용한다. AC와 DC 구동회로는 LED램프 구동전압을 안정적이고 적절하게 유지한다.

2.4 광원의 종류

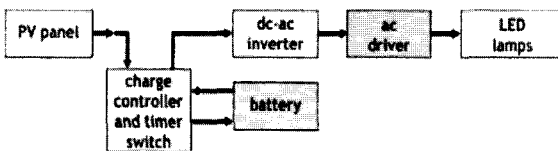
PV조명기기에 사용하는 광원은 AC광원과 DC광원으로 구분하며, 형광램프와 HID 램프 등은 AC광원이며, HB LED램프와 할로젠램프 등은 DC광원이다. 이러한 광원별 PV조명기기의 구성도를 그림 4에 나타내었다.



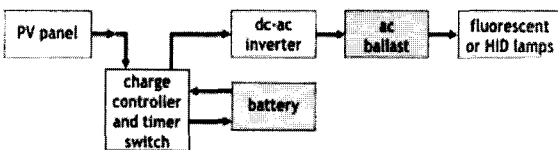
(a) 백열전구를 사용하는 경우



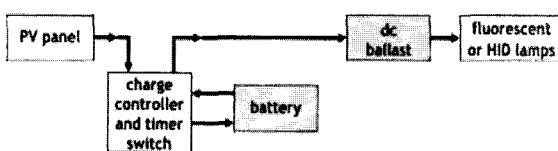
(b) LED램프와 DC구동회로를 사용하는 경우



(c) LED램프와 AC구동회로를 사용하는 경우



(d) 형광램프 또는 HID램프와 AC안정기를 사용하는 경우



(e) 형광램프 또는 HID램프와 DC안정기를 사용하는 경우

그림 4. 다양한 광원을 갖는 PV조명기기 구성도

2.5 등기구 선정시 고려해야 할 사항

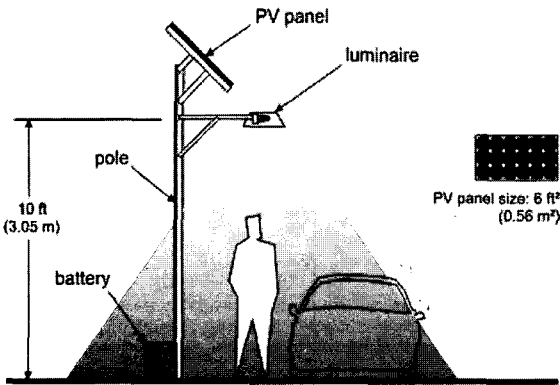
PV조명기기용 등기구는 다른 조명기기의 등기구와 유사하나 일반적으로 전통방식의 등기구보다 좀더 많은 구성품을 필요로 한다. PV조명기기용 등기구의 주요기능은 다음과 같다.

- ▶ PV조명기기의 구성품 일부 또는 전부를 포함할 수 있으며 이러한 구성품은 태양전지모듈, 축전지, 전자기기 및 광원 등을 들 수 있다.
- ▶ 광원으로부터 출력된 빛을 제어하여 필요한 영역에 효율적으로 비추게 한다.

일반적으로 출력된 빛의 제어는 등기구의 광학적 구성품(반사판, 렌즈 등)에 의해 가능하며, 이 구성품은 일반조명기기나 PV용 조명기기나 동일하다. 등기구의 광학적 효율은 광원으로부터 출력된 빛이 등기구 밖으로 얼마만큼 나갈 수 있는냐를 결정하며, 물론 높은 광학적 효율을 갖는 등기구를 선정해야 한다.

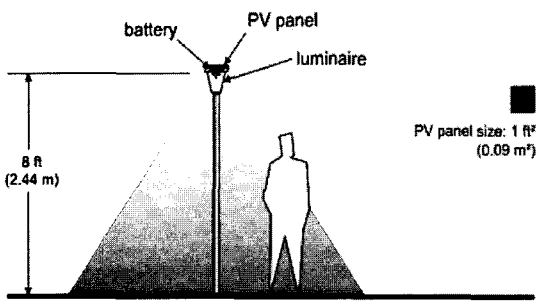
하지만 글레어(glare), 배광 및 조도균일도 같은 사항을 고려하여야 한다. PV용 등기구와 일반등기구의 주요한 차이점은 등기구에 인접한 구성품을 포함하느냐 않느냐의 필요성에 대한 문제이다. 왜냐하면 태양전지모듈과 축전지와 같은 구성품은 상대적으로 크기가 크기 때문이다. 일반적으로 정원등용 PV조명기기에 쓰이는 소형 등기구는 등기구 자체에 모든 구성품들을 포함하며, 주차장 및 가로등에 쓰이는 구성품들은 등기구를 지지하기 위한 다른 구조물에 부착하는 분리형 시스템으로 만든다.

그림 5는 세 가지 형태의 PV조명기기를 보이면서 각각의 적당한 시스템 크기를 나타내고 있다. 이 경우 등기구는 단일광원이며, 효율이 약 50(%)이고, 모든 출력된 빛이 지지대(pole) 높이와 같은 반경의 원형 면적에 비취진다는 조건으로 시뮬레이션을 실시한 자료이다.



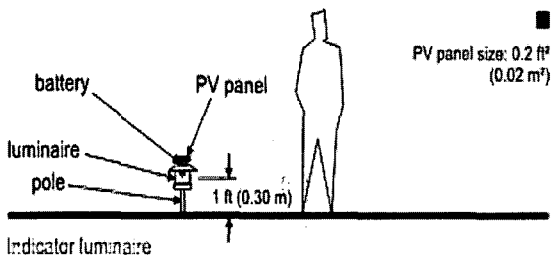
10-lux illuminator: parking lot luminaire

(a) 주차장용 PV조명기기(바닥면 10[lux])



0.5-lux illuminator: post-top luminaire

(b) 일체형 PV조명기기(바닥면 0.5[lux])



(c) 장식등/ 표시등으로 설계된 PV조명기기

그림 5. PV조명기기의 설계

그림 5 (a)에 나타난 것처럼, 큰 규모의 등기구와 큰 전력의 태양전지모듈은 바닥면에 10[lux] 이상의 조도를 비추기 위해 설계되었으며, 시스템이 큰 만큼 미적요소를 고려하여 주위환경과 잘 융합될 수 있도록 설계하였다. 일반적으로 규모가 큰 PV조명

기기의 지지대는 태양전지모듈을 지지하기 위해 좀 더 강한 지지대를 필요로 하며, 바람의 영향 역시 고려해야 한다. 결과적으로 축전지를 비바람의 영향으로부터 보호하기 위한 구조물이 필요하며, 이러한 구성품은 PV조명기기의 설치비용을 상승시킨다. 반대로 규모가 작은 일체형 등기구는 작은 면적에 0.5[lux]를 공급하도록 설계되었으며, 태양전지모듈과 축전지는 등기구 자체에 포함될 수 있도록 충분히 작게 제작되었다.

따라서 등기구가 작기 때문에 지지대 역시 작게 제작할 수 있다. 0.5[lux]와 같은 낮은 수준의 조도를 고려한다면, LED램프와 저전력 백열전구가 이용가능하나, 설문조사를 통한 자료를 볼 때 백열전구보다는 LED램프를 사용하는 것이 보급성이 더 높은 것으로 조사되었다. 이것은 LED소자 자체가 작기 때문에 조도의 증가가 필요할 때 등기구에 상대적으로 쉽게 장착할 수 있기 때문이다. 마지막으로 PV조명기기용 등기구를 선정할 때 전기적 안전성을 고려해야 하며, 일반조명용 등기구와 유사한 방법으로 조명등기구의 안전규격을 적용하되, 규격에 적합한 구성품으로 제작된 등기구를 선정/ 제작하여, 그 후 PV조명기기에 적용해야 한다.

3. 경제성 분석

일반조명기기와 PV조명기기의 구매비용을 분석하기 위한 가장 좋은 방법은 LCC(life cycle cost) 방법을 사용하는 것이다. LCC 분석은 제품을 구매하는데 필요한 모든 비용을 설명하기 위한 평가방법으로서, 제품수명에 대한 내용 역시 포함하고 비용의 시간 가치와 발생할 것으로 예상되는 모든 비용의 현재 가치를 계산한다. PV조명기기의 구매비용은 구입비용(C), 유지비용(M), 에너지비용(E)와 교체비용(R)을 포함하며, 식 1과 같이 나타낸다.

$$LCC = C + M_{pw} + E_{pw} + R_{pw} \quad (1)$$

여기서 pw : 현재가치(present worth)

PV조명기기와 일반조명기기를 비교할 때 아래와 같은 이유로 PV조명기기의 수명 사이클 비용이 더 우수하다고 증명하는 것은 어렵다.

- ▶ 전기적 계통망과 가까운 장소에서 비교할 때
- ▶ 365일 야간동안에 신뢰성 있는 동작이 필요할 때
- ▶ 야간에 높은 조도가 필요한 경우(1[lux]이상)

일반적으로 PV조명기기에 의해 달성되는 에너지 비용절약이 우선적으로 나타나기 보다는 초기구입비용이 비싸기 때문에 PV조명기기와 일반조명기기를 비교하는 것이 어렵다. PV조명기기와 일반조명기기는 지지대와 등기구 및 램프를 필요로 한다. 하지만 이러한 부분적 구성품의 단순비교를 통한 우수성 비교는 어렵다. 왜냐하면 각 조명기기별 설치상황에 따라 비용이 천차만별 달라지기 때문이다. 예를 들면 규모가 큰 PV조명기기의 경우 바람과 태양전지모듈의 무게를 견디기 위해 좀더 강한 지지대를 설치해야 하며, 이것은 곧 비용증가로 이어진다. PV조명기기는

지지대, 등기구 및 램프뿐만 아니라 태양전지모듈, 축전지(일반적으로 매 5년마다 교체) 및 충방전 제어기 같은 전자기기를 구입하여 설치해야 한다.

일반 조명기기는 상용계통전력으로 배선을 연결해야 한다. 일반적으로 PV조명기기의 유지비용은 축전지 교체비용 때문에 높으며, 추가적으로 태양전지모듈의 표면청결유지를 위한 관리비용이 든다. 표 1은 10[lux] 조명기기(도로에 대략 10[lux] 정도를 공급하기 위해 설계된 주차장용 등기구)를 대상으로 10년 동안의 수명사이클 비용을 비교하여 나타내었으며, 여기에 적용된 등기구는 단일광원을 갖으며 등기구의 효율이 50(%일 때를 가정한 것이다. 또한 등기구에 사용한 광원은 11[W] 컴팩트 형광램프이며, 15.2[m](50피트) 높이에서 10년 동안의 수명사이클 비용을 비교하였다.

표 1의 경우 조명기기는 상용계통전력으로부터 가까운 곳에 위치했을 때이며 만약, 1.6[km] 이상의 원거리에 상용계통전력이 떨어져 있다면, 일반조명기기의 수명사이클 비용은 매우 상승한다. 전력선 확장비용은 1.6(km)(1마일)당 \$30,000로 평가되어진다. 표 2는 11[W] 컴팩트 형광램프가 적용된 등기구

표 1. 10년 동안의 수명 사이클 비용(LCC) 비교

구 분	조도 [lux]	LCC \$	구입비용 \$	유지비용 \$. pw	에너지비용 \$. pw	교체비용 \$. pw
PV조명기기	10	1,303	710	479	0	114
일반조명기기	10	1,252*	1,010*	192	31	19

* 상용계통 전력선으로부터 15.2(m)(50ft) 떨어진 경우이며, 전력선 확장비용 포함

표 2. 10개의 등기구를 설치했을 때 10년 동안의 수명사이클비용(LCC) 비교

구 분	조도 [lux]	LCC \$	구입비용 \$	유지비용 \$. pw	에너지비용 \$. pw	교체비용 \$. pw
PV조명기기	10	13,033	7,100	4,789	0	1,144
일반조명기기	10	34,571*	32,100*	1,916	364	192

* 상용계통 전력선으로부터 1.6(km) 떨어진 경우이며, 전력선 확장비용 포함

기술래설

10개를 1.6[km] 떨어진 주차장에 설치할 경우 10년 동안의 수명사이클 비용(LCC)을 비교한 표이다.

표 1과 표 2에서 PV조명기기는 바닥면 기준으로 대략 10[lux]의 조도를 공급하도록 설계되었으며, 하루 평균 8시간 운전한다. 등기구마다 소모전력은 램프와 안정기를 포함하여 13[W] 정도이다. 시스템 요구에 따른 임의의 변화는 PV조명기기와 일반조명기기사이의 경제적 비교에도 변화를 준다. 예를 들면 조명기기가 좀더 많은 조도와 넓은 면적을 비춰야 한다면 일반조명기기는 높은 전력을 소비하는 광원으로 교체하면 되지만, PV조명기기의 경우 태양전지모듈과 축전지의 용량까지 증설해야 한다. 하지만 전력선 증설이 용이하지 않거나 어려운 지형 등을 생각하면 PV조명기기와 관련된 구입비용은 어느 정도 적당하다고 볼 수 있다.

우리나라에서는 PV시스템의 설치비 중 일부를 지원해주는 보조금 제도를 펼치고 있다. 이러한 보조금은 PV시스템 초기설치비용을 낮추어주며, 최종사용자 측면에서는 상당한 매력으로 볼 수 있다. 따라서 PV조명기기의 설계자나 최종사용자는 상기한 모든 사항을 고려하여 설치장소에 가장 유리한 조명기기를

선택하여야 한다. 또한 조도량은 PV조명기기와 일반조명기기의 전체 구입비용에 영향을 미치기 때문에 수명 사이클비용(LCC)은 0.5[lux] 조명기기(1[W] 백색LED 광원사용)에 대해서도 수행해야 한다. 여기서 1[W] 백색 LED광원은 25[lm/W]로 가정하였다. 하지만 LED소자의 효율이 급속하게 좋아지고 있어, 머지않아 LED램프의 전력은 매우 낮아질 전망이다.

예를 들면, 현재의 40[lm/W]의 LED램프를 미래의 0.6[W] LED소자가 대체할 것으로 예상하고 있다. 표 3은 상용계통전원으로부터 15.2[m](50피트) 떨어진 장소에 설치되는 PV조명기기와 일반조명기기의 수명사이클비용(LCC)을 비교하고 있다. 이 비교표는 등기구가 단일광원을 가지며, 등기구의 광학적 효율이 50[%]라고 가정한 경우로서, 지지대 높이와 같은 반경을 갖는 원형면적에 출력된 모든 빛이 균일하게 분포한다는 조건으로 정리하였다.

표 3의 경우 PV조명기기가 일반조명기기에 비해 매우 경제적이며, 이는 일반조명기기가 전력선 확장으로 비용이 증가한 반면, PV조명기기와 관련된 주요구입비용은 상당히 감소하였기 때문이다. 낮은 조

표 3. 등기구 수명 사이클 비용(LCC)의 비교

구 분	조도 [lux]	LCC \$	구입비용 \$	유지비용 \$, pw	에너지비용 \$, pw	교체비용 \$, pw
PV조명기기	0.5	414	155	239	0	19
일반조명기기	0.5	995*	895*	96	4	0

* 상용계통 전력선으로부터 15.2[m](50ft) 떨어진 경우이며, 전력선 확장비용 포함

표 4. 10개의 0.5[lux] 조명등기구를 설치했을 때 수명사이클비용(LCC) 비교

구 분	조도 [lux]	LCC \$	구입비용 \$	유지비용 \$, pw	에너지비용 \$, pw	교체비용 \$, pw
PV조명기기	0.5	4,135	1,550	2,395	0	191
일반조명기기	0.5	31,950*	30,950*	958	42	0

* 상용계통 전력선으로부터 1.6[km] 떨어진 경우이며, 전력선 확장비용 포함

도의 조명기기일 경우 PV조명기기의 구성품(태양전지모듈, 축전지)이 상대적으로 줄어들기 때문에 전체 비용면에서 상당히 감소하게 된다. 표 4는 상용계통 전원으로부터 1.6(km)(1마일) 떨어진 원거리에 대략 0.5[lux] 의 조명기기 10개를 설치할 경우, PV 조명기기와 일반조명기기와의 수명 사이클 비용을 비교한 것이다.

표 4의 경우, PV조명기기의 비용은 상당히 낮으며, 그 이유로는 1.6(km) 떨어진 장소까지의 전력선 확장비용이 없기 때문이다. 그러므로 낮은 조도의 PV조명기기를 설치할수록 비용은 감소하며, 이전의 10[lux] 조명기기와 비교하여 \$8,800 이상을 절약할 수 있다. 반면 낮은 조도에서의 일반조명기기는 단지 \$2,600가 절약되었다.

4. 결 론

지금 세계는 석탄이나 석유 에너지원의 고갈로 인한 유가상승과 경제 불황이 예측되고 있다. 앞으로는 에너지비용이 상승하고 에너지독립성에 대한 수요가 더욱 더 증가할 것이므로 신·재생에너지분야인 PV 조명기기에 대한 수요는 급속히 증가할 것으로 예상된다. PV조명기기와 다른 응용장치와의 융합을 통해 조명시장을 확장하는 방법 및 비용과 장치위험이 최소화할 수 있도록 다양한 신광원 시스템 제품들이 연구·개발되어야 하며, PV조명기기 설계자는 이에 따른 경제적 효과를 분석하여 가장 적합한 조명기기로 설계해야 할 것이다. 따라서 본 내용은 PV용 조명기기 설계분야에서 많은 지식의 전달이 되기를 바란다.

◇ 저 자 소 개 ◇



황명근(黃明根)

1961년 4월 3일생. 한양대학교 졸업(석사). 인하대학교 졸업(박사). 현재 한국조명기술연구소 연구부장/책임연구원. 세종대학교 공과대학 겸임교수.

◇ 전문활동분야

- 본 학회 편수이사
- 국제조명위원회 한국조명위원회(KCIE) 이사
- 대한전기학회(C) 편집위원

◇ 관심분야 : Lamp & Lighting, Display 광계측 및 분석 등



이세현(李世賢)

1973년 3월 18일생. 인하대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국조명기술연구소 선임연구원.

◇ 전문활동분야

- 본 학회 정회원
- 대한전기학회 정회원

◇ 관심분야 : LED, OLED 전극 및 방전특성 등
e-mail : gazazip@kilt.re.kr

본 자료는 RPI-LRC의 전문기술자료를 일부 인용하였음을 알립니다.