

태양광 스위치 제안 및 효용성 평가

장준호*, 이준호*, 정주환*, 장민석**, 이연식**

Suggestion of Photovoltaic Switch and Evaluation of Its Usability

Junho Jang*, Junho Lee*, Juhwan Jeong*, Minseok Jang**, Yonsik Lee**

요약

본 논문에서는 CdS(황화 카드뮴) 광센서란 소자를 태양광 모듈로 대체하여, 신재생에너지를 통한 충전도 하며 이 전력으로 동작하는 태양광 스위치를 제안하고 이의 효용성을 실험/검증하고자 한다. 우선 기존의 CdS 광센서와 이를 포함한 자동 점멸 스위치의 동작 원리를 조사해 본 후, 태양광 모듈의 특성을 조사함으로써 기존의 광센서를 태양광 모듈로 대체가능할 지를 분석해 본다. 그 가능성을 확인해 본 후, 태양광 스위치 회로를 설계 및 구현한 후, 이의 특성을 실험해 봄으로써 기존 스위치를 대체 가능함을 보이고 그 특성들을 비교/평가해 본다.

연구 결과 제안하는 태양광 스위치가 기존의 자동 점멸 스위치를 대체 가능함을 확인하였을 뿐만 아니라, 보다 많은 장점들을 가지고 있음을 확인하였다.

▶ Keywords : 자동 점멸 스위치, 태양광 스위치, 광센서, CdS, 태양광 모듈

Abstract

In this paper, a photovoltaic switch is suggested that is operated by solar module, a substitute for CdS(Cadmium Sulfide) of most existing automatic switches and thus is powered by its renewably charged battery, and its usability is investigated through various experiments. At first the characteristics of CdS and the operation principle of the existing automatic switch are investigated, and then the characteristics of solar module are examined. These preparatory research shows the possibility of substitution of solar module instead of CdS in light activated switch. Secondly the suggested photovoltaic switch's circuit is designed, implemented and then its experimental comparison data shows the possibility for the replacement of the existing switch to

•제1저자 : 장준호 •교신저자 : 장민석

•투고일 : 2013. 9. 23, 심사일 : 2013. 9. 24, 게재확정일 : 2013. 9. 28.

* (자율형사립고)군산중앙고등학교(Kunsan JungAng Autonomous Private High School)

** (국립)군산대학교 컴퓨터정보공학과(Dept. of Computer Information Engineering, National Kunsan University)

the suggested switch, and furthermore its superiorities.

▶ Keywords : Automatic Switch, Photovoltaic Switch, Photo Sensor, Cadmium Sulfide, Solar Module

I. 서 론

기준에 밝기에 따라 동작하는 자동 점멸 스위치는 여러 용도에 적용되고 있다. 실내등 자동점멸, 경광등, 오토라이트 기능 시계, 자동차 전조등, 가로등, 옥외광고/간판등, 잔디등 등 다양한 곳에 적용되고 있다. 이들은 절전을 위해 밝기에 따라 자동 점멸되고 있다. 이들 자동 점멸 스위치를 사용하는 장치들은 CdS 광센서를 사용하여 On/Off 동작을 하고 있다. 앞의 예들은 대부분 광센서란 소자를 이용하여 동작한다. 하지만 이를 이용하여 동작하는 스위치는 단순히 광센서만으로는 동작하지 않는다. 스위치의 구체적인 회로는 그림과 같으며 그 동작 원리는 다음과 같다[1-2].

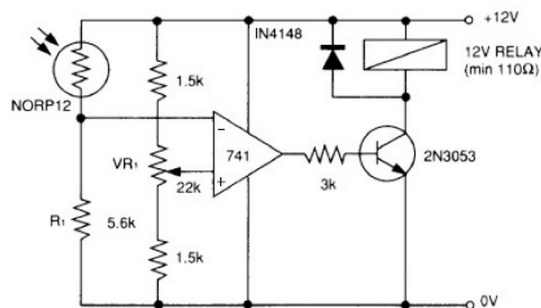


그림 1. CdS 광센서를 활용한 자동 점멸 스위치 회로
Fig. 1. Automatic Switch Circuit Using CdS Photo Sensor

광센서 소자(NORP12)는 밝기에 따라 저항값이 달라지고 있으며, 그 특성에 따라 주위가 밝아지면 저항값이 줄어 들어 OP 앰프(741)의 출력 전압이 0V가 되어, 트랜지스터(2N3053)가 Off 되어 연결된 릴레이 스위치가 동작하지 않으며, 반대로 어두워지면 저항값이 늘어나 트랜지스터가 On 되어 릴레이 스위치가 동작한다. 이때 릴레이 스위치에는 우리가 제어하고 싶은 장치(예: 조명)를 연결하여 사용한다. 여기서 OP 앰프는 전압 비교기 역할을 하며, 다이오드(IN4148)의 역할은 릴레이의 코일에서 발생하는 역기전력

(코일에 전류가 가해졌다 끊어지면 코일의 끝단에 발생하는 전압)을 방전시켜 오동작 혹은 부품 파손을 막아주며, 그동안 릴레이가 떨어지는 속도를 다소 지연시켜주는 역할을 한다.

결과적으로 CdS 광센서를 활용한 자동 점멸 스위치는, 주위 밝기에 따라 CdS의 저항이 변하면서 릴레이 스위치를 동작시켜 조명과 같은 장치들을 밝기에 따라 동작시키고 있다.

II. 태양광 모듈의 특성

기존 스위치에서 사용하는 광센서를 태양광 모듈로 대체가 가능할지에 대해 알아보기 위해 조사한 태양광 모듈의 특성은 다음과 같다.

1. 태양광 모듈의 전기적 특성

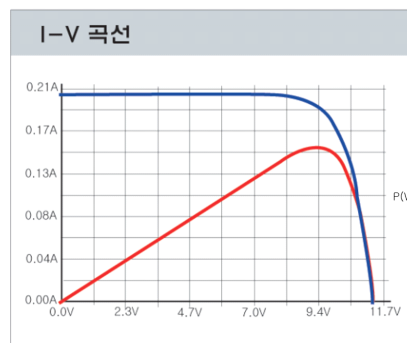


그림 2. 태양광 모듈의 I-V(전류-전압) 특성 곡선
Fig. 2. I-V Characteristic of Solar Module

태양광 모듈의 전기적 특성은, 출력 전압이 빛의 세기가 증가함에 따라 증가하는 특성을 가지고 있다[3-4].

아래 그림은 특정 태양광 모듈(12V, 9W)의 I-V(전류-전압) 특성 곡선을 보여주고 있다. 약 9.4V에서 최대 출력(P(W))을 보이고 있다. 그 값은 $9.4V \times 0.19A = 1.786W$ 임을 예측할 수 있다.

2. 태양광 모듈의 전기적 특성 실험

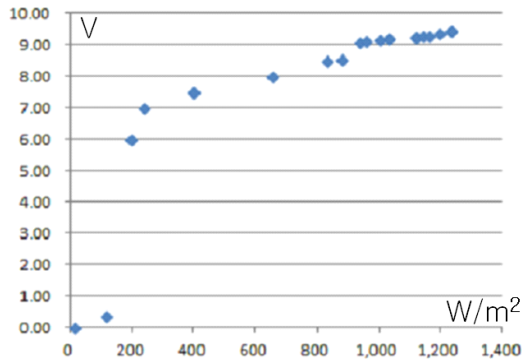


그림 3. 일사량에 따른 태양광 모듈의 출력 전압 실험값
Fig. 3. Experimental Output Voltage of Solar Module According to Insolation

이때 실험한 태양광 모듈은 9V, 2W의 것을 사용하였으며, 실험 결과 대체로 일사량에 따라 출력 전압은 0V~9.5V의 범위의 비례관계를 얻었다.

3. 일사량과 조도의 관계

밝기는 일사량 혹은 조도로 표시할 수 있다. 일사량(Insolation)은 태양의 복사 세기를 의미하며 태양광선에 직각으로 놓은 1cm² 넓이에 1분 동안의 복사량(태양의 세기)으로 측정한다. 하루 중 태양이 남중할 때, 1년 중 하지 경에 일사량이 최대가 된다. 일사량계에 의해 일사량을 측정하는 원리는 일정 넓이에서 일사를 받아 이것을 완전히 흡수시켜 올라가는 온도를 측정하여 단위 시간에 단위 면적에 있어서의 열량을 계산한다.

일사량의 단위는 MJ/m², Watt/m², Kcal/m², BTU/ft² 등 다양하고, 이는 물론 서로 환산이 가능하다. 우리나라 여름철 최고 일사량은 1,000W/m²이다. W=J/sec이므로 일별 일사량을 주율로 계산하기 위해서는 60*60*24를 곱하면 된다[5].

반면에 조도(Illumination)는 어떤 면에 투사되는 광속(光束)을 면의 면적으로 나눈 것을 말한다. 단위는 룩스(Lux)이다. 1룩스는 1촉광(Candle-Power)의 광원으로 부터 1m 떨어진 곳이며, 그 빛에도 직각인 면의 밝기를 말한다. 우리나라에서는 거의 룩스를 사용하고 있지만, 외국에서는 칸델라(Candela: cd) 등을 사용하고 있다.

일사량과 조도의 관계는 바로 환산가능한 수치는 아니지만, 일정 조건에서는 비례관계를 보이고 있다. 태양광 모듈의 출력 특성을 조사하기 위해, 태양광 뿐만 아니라, 여러 가지 조명(형광등, 할로겐등)에 의해 충전량을 조사하였다. 물론

태양광에 의한 충전량이 가장 많을 것으로 예측하지만, 태양광 모듈은 조명에서도 충전이 가능함을 알고 있기 때문에 이를 분석해 보기로 했다.

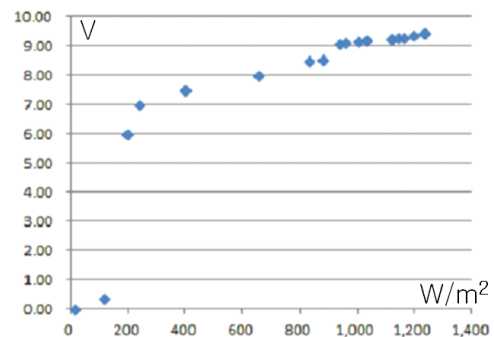
따라서 조명의 밝기를 나타내는 조도와 일사량과의 관계를 측정해 보기로 했다. 조도계는 Lux 단위로 광강도를 측정하고 일사계는 W/m² 단위로 측정된다. 우리나라의 여름철 최고 측정값은 조도가 100,000 Lux, 일사량은 1,000 W/m²이고, 겨울철 최고 측정값은 조도가 10,000 Lux, 일사량은 100 W/m²으로 조사되었다[6].

우리의 실험 데이터에 의해서도, 조도와 일사량과의 관계는 일정 조건에서 비례관계가 있음을 확인하였으며, 환산계수는 다음 표와 같다.

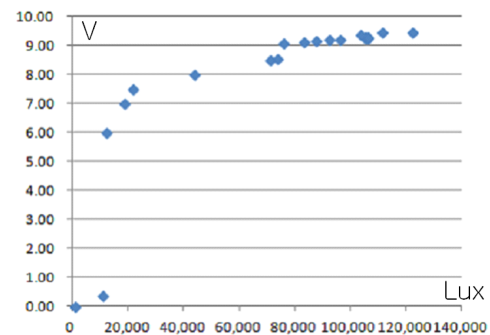
표 1. 광원에 따른 일사량과 조도 사이의 환산계수 실험값
Table 1. Conversion Factor Coefficients of Insolation and Illumination

태양광 (맑은날 대낮)	태양광 (맑은날 저물때)	할로겐등 (500W)	형광등 (실내, 32W*6개)
10.81	16.6	30	2.3

(환산 계수((W/m²)/Lux))



(a) 일사량(W/m²) : 전압(V)
(a) Insolation(W/m²) : Voltage(V)



(b) 조도(Lux) : 전압(V)
(b) Illumination(Lux) : Voltage(V)

그림 4. 일사량과 조도의 관계

Fig. 4. Relationship of Insolation and Illumination

4. 광센서를 태양광 모듈로 대체 가능성 예측

지금까지 자료 조사와 실험에 의하면, 기존 자동 점멸 스위치의 회로에서 트랜지스터의 Base에 입력되는 전압은 밝기에 따라 저항이 변하는 광센서 하단의 전압이 전압비교기(OP 앰프)를 거쳐 입력되어 트랜지스터를 On/Off 동작시킨다는 것을 알았다. 이에 의하면 태양광 모듈에서 발생하는 전압을 전압 분배 회로를 거쳐 기존 자동 점멸 스위치 회로의 트랜지스터에 직접 입력하면 유사하게 동작할 수 있을 것이란 아이디어를 얻을 수 있다. 뿐만 아니라 회로를 간소화함으로써 소비전력도 줄일 수 있을 것이란 예측도 할 수 있다.

III. 태양광 스위치 제안 및 설계

1. 회로 설계

기존의 자동 점멸 스위치 회로를 수정해서 그림 5와 같이 변경 설계하였다. 변경된 부분은 광센서 대신에 태양광 모듈로 대체하였고, OP 앰프를 없애고 TR에 바로 태양광 모듈의 출력 전압을 연결하였고, 기존에는 없던 충전지를 새로 추가하였다. 고려한 점들은 다음과 같다.

고려한 점1: 회로를 간단하게 하기 위해 OP 앰프를 생략하고 OP 앰프의 기준 전압을 가변저항(VR)으로 하던 것을 태양광 모듈에 가변저항(5k)을 두어 기준 전압을 조절할 수 있게 하였다. 이 가변저항은 스위치가 On/Off 되게 하는 조도점을 조절할 수 있게 하는 기능을 한다.

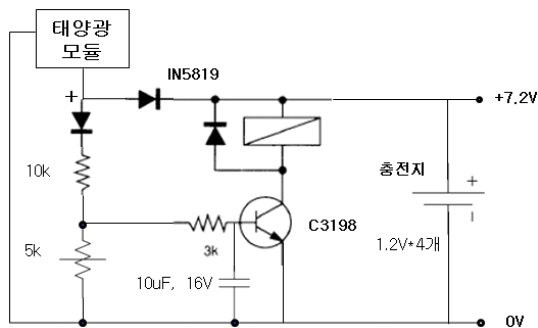


그림 5. 태양광 스위치 회로도
Fig. 5. Photovoltaic Switch Circuit

고려한 점2: 여기서 사용한 태양광 모듈은 9V, 1.5W 용량을 사용하였다. 이 용량에 맞게 충전지를 1.2V 짜리 6개를

직렬로 연결하여 7.2V가 되게 하여 태양광 모듈의 전력이 저장될 수 있게 하였다.

고려한 점3: 태양광 모듈에 추가된 다이오드 2개(IN5819)는 태양광 모듈로 들어갈 수 있는 역전압을 방지하기 위한 것이며, 전력이 태양광 모듈에서 외부로만 출력되게 하는 역할을 한다.

고려한 점4: TR에 추가된 커패시터는 전력을 저장하는 역할을 한다. 그 이유는 태양광 모듈에서 출력된 전력이 저장하게 하여 지연 효과를 줌으로써 TR의 On/Off 동작이 태양광 모듈의 출력 전압에 너무 민감하게 반응하지 않게 하기 위해서이다.

고려한 점5: 추가로 고려한 점은 기본 설계 회로에다, 충전되었는지를 확인하기 위해 LED 소자를 설치하여 확인할 수 있게 하였고, 충전지에 충전된 여유 전력을 다른 장치(예: 휴대폰)에 충전할 수 있게 USB 단자(충전잭)도 추가하였다. 휴대폰의 정격입력 전압은 5V 이므로 충전이 가능하다.

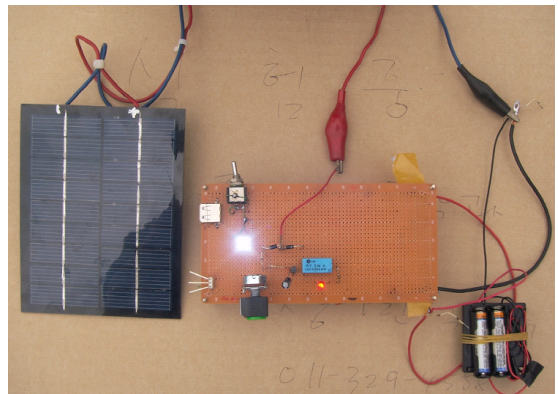


그림 6. 태양광 스위치의 구현 모습
Fig. 6. Prototype of Photovoltaic Switch

설계회로를 실제로 구현한 스위치의 모습은 그림과 같다. 기존 방식인 광센서를 이용한 기존 예들(경광등, 조명 자동점멸기 등)은 다양하게 제품화되어 사용되고 있다. 겉으로 비교할 때 기존 제품이 부피가 작아 보이지만, 그 형태는 다양하게 출시되고 있으며, 제한한 태양광 스위치는 실험을 위해 펼쳐놓은 상태라서 부피가 커 보이지만 작게 제작이 가능하다.

동작 원리는 기본적으로 기존의 자동 점멸 스위치와 크게 다르지 않다. 일사량이 적어 TR가 동작하게 하는 전압이 출력되지 않을 때는 TR가 동작하지 않아 릴레이가 초기 상태로 있다가, 일사량이 많아 밝아지면 전압이 높아져서 TR가 동작하면서 릴레이가 동작하게 되며 이곳에 연결된 조명은 Off 상태가 된다. 이때 릴레이에는 용도에 따라 적절하게 외부 장치

를 연결하여 사용한다.

이 회로는 기존의 자동 점멸 스위치 회로보다 더 간단하게 설계되었기 때문에 전력소모가 적다는 장점이 있다. 그 이유는 전류를 많이 소모하는 광센서(수백 mW), 기준전압 설정 저항들, OP 앰프(수백 mW 이상)가 불필요하기 때문이다. 그 계산 결과는 다음과 같다.

2. 전력 소비량 비교

그림에서 보듯이 각 부품에서 소비되는 전력을 합치면 스위치가 On 상태일 때 약 8.2mW의 전력을 소비하고 있다. 그 계산방법은 다음과 같다. 반면에 Off 상태일 때는 전류가 흐르지 않아 전력 소모가 최소화된다.

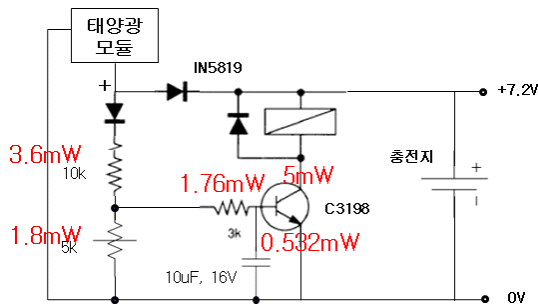


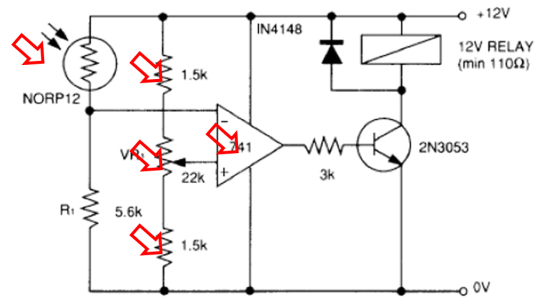
그림 7. 태양광 스위치의 소비 전력 계산 결과
Fig. 7. Power Consumption of Photovoltaic Switch

- 10k 저항의 소비전력 = 3.6mW : 태양광 모듈의 전압은 9V 라고 가정하면, 흐르는 전류는 전압 분배 법칙에 의해 6V의 전압이 걸리고, 전류는 $V=IR$ 계산식에 의해 구하고, 전력은 $P=V*I=I*I*R$ 계산식에 의해 구할 수 있다.
- 5k 저항의 소비전력 = 1.8mW : 이곳에 3V의 전압이 걸리고, 마찬가지로 계산식의 절차에 의해 쉽게 구할 수 있다.
- 3k 저항의 소비전력 = 1.76mW : 5k 저항에 걸린 3V 전압에서 PN 접합 부분(Base-Emitter 접합)에 걸리는 전압(보통 0.7V)을 빼면, 3k 저항에는 2.3V의 전압이 걸린다. 따라서 전류는 $V=IR$ 에 의해 구하면 $7.66 \times 10^{-4}A$ 가 흐르며, 이를 $P=I*I*R$ 공식에 넣으면 구할 수 있다.
- PN 접합 부분(Base-Emitter 접합)의 소비전력 = 0.532 mW : 트랜지스터의 동작 원리에 의하면 NPN 형 트랜지스터의 경우, $I_e = I_b + I_c$ (이미터 전류=베이스 전류 + 컬렉터 전류)이다. $I_c = H_{fe} * I_b$ (증폭률 \times Ib) 이

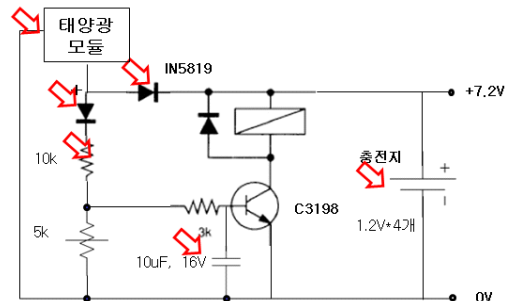
따라서, $I_c = 100 \cdot I_b = 100 \cdot 7.66 \cdot 10^{-4} \text{A}$. 따라서 $I_e = I_b + I_c = I_b \cdot 101$. $P = VI = 0.532 \text{mW}$. 이때 Hfe는 50~250 사이의 값을 가지며 보통 100을 전형적인 값으로 이용한다[7].

- PN 접합 부분(Base-Collector 접합)의 소비전력 = 5mW
: 접합부에 걸리는 전압은 6.5V (7.2V[충전지 전압]-0.7V[Base-Emitter 접합부 전압])이며, $I_c = 100 \cdot I_b$ 이므로, $P = V \cdot I = 6.5 \cdot 100 \cdot 7.66 \cdot 10^{-4} = 5\text{mW}$.
- 기타 부품의 소비전력 : 다이오드의 소비전력은 순방향일 때 무시할 수 있으며, 릴레이 스위치는 정상동작 때 대략 수백 mW(200~400mW)의 전력을 소비한다. 기존 자동 점멸 스위치에서 사용하는 OP 앰프는 내부가 많은 TR로 구성되어 있기 때문에 일반적으로 수백 mW 이상 (500mW)의 전력을 소비하고 있다[8-9].

결과적으로 2가지 회로를 비교해 보면 그림과 같다. 그림에서 화살표로 체크한 부분이 상대 회로에 비해 추가된 부품이다.



(a) 기존 자동 점멸 스위치
(a) Existing Automatic Switch



(b) 제안하는 태양광 스위치
(b) Suggested Photovoltaic Switch

그림 8. 전력 소비량 비교
Fig. 8. Comparison of Power Consumption

기존 자동 점멸 스위치에서 태양광 스위치에 비해 추가된

것은 광센서, 저항 3개, OP 앰프이다. 위에서 설명한 것처럼 광센서는 수백 mW(예: 250mW), 저항 3개는 수 mW, OP 앰프는 수백 mW 이상(예: 500mW)의 소비전력을 소비하므로 상대적으로 1W에 가까운 전력이 소비되는 것으로 계산되고 있다(기존 방식의 전압이 12V란 점을 감안).

반대로 태양광 스위치는 상대적으로 추가된 것은 태양광 모듈, 다이오드 2개, 저항 1개, 커패시터 1개, 충전지가 있다. 태양광 모듈과 커패시터와 충전지는 전력을 저장하는 용도이므로 제외하고, 다이오드 2개와 저항 1개가 소비하는 전력만 고려하면 수 mW 정도밖에 상대적으로 소비되지 않는다.

결과적으로 '자동 점멸 스위치의 상대적인 소비전력'에서 '태양광 스위치의 상대적인 소비전력'을 빼면 기존 자동 점멸 스위치가 소비하는 전력은 태양광 스위치보다 1W 정도를 더 소비한다는 계산이 나온다. 즉, 태양광 스위치가 소비 전력이 기존 자동 점멸 스위치보다 훨씬 적다는 결론을 내릴 수 있다.

종합적으로 설명하면, 제안한 태양광 스위치는 기존의 자동 점멸 스위치를 응용하여 쉽게 설계할 수 있으면서, 전력 소모도 적고, 기존 자동 점멸 스위치처럼 별도로 전원이 필요한 대신에 충전지에서 자체 조달할 수 있다는 장점들이 있다.

IV. 실험/검증을 통한 비교/평가

아래 그림은 제안 스위치의 실험 데이터를 보여 주고 있다. 맑은 날 오전부터 해가 질 무렵까지 매 시간마다 실험 데이터를 뽑았으며, 빛이 잘 드는 옥상에서 설계대로 제작한 태양광 스위치의 동작을 태양광 모듈의 위치를 고정시킨 상태에서 실험하였다.

조도 (Lux)	일사량 (W/m ²)	On/Off 스위칭을 위한 가변저항값 (Ω)	태양광모듈 출력전압 (V) (무부하)	태양광모듈 출력전압 (V) (부하)	전류 (A)	총전량 (W)
1,000	16	5,000	8.90	0.00	0.00	0.00
10,900	114	2,650	9.40	0.39	0.01	0.00
12,000	195	1,000	9.50	6.00	0.12	0.72
18,500	240	590	9.75	7.00	0.14	0.98
21,500	399	300	9.60	7.50	0.15	1.13
43,500	653	200	9.50	8.00	0.16	1.28
71,000	830	100	9.55	8.50	0.17	1.45
73,500	880	100	9.60	8.55	0.17	1.46
75,600	938	30	9.70	9.10	0.18	1.66
83,000	960	20	9.60	9.15	0.18	1.67
87,500	1,001	0	9.00	9.20	0.18	1.69
96,000	1,030	0	9.75	9.21	0.18	1.70
92,000	1,032	0	9.40	9.21	0.18	1.70
106,000	1,115	0	9.50	9.25	0.19	1.71
105,100	1,120	0	9.30	9.25	0.19	1.71
105,000	1,140	0	9.70	9.30	0.19	1.73
106,000	1,163	0	9.60	9.30	0.19	1.73
103,400	1,195	0	9.75	9.40	0.19	1.77
122,000	1,230	0	9.60	9.50	0.19	1.81
111,000	1,235	0	9.70	9.50	0.19	1.81

그림 9. 실험 데이터
Fig. 9. Experimental Data Set

1. 태양광 스위치가 기존 스위치의 기능을 하나?

데이터에서 'On/Off 스위칭을 위한 가변저항값'은 해당 밝기에서 On/Off 동작을 하도록 하는 가변 저항값을 의미한다. 예를 들어, 조도가 43,500 Lux(653 W/m²)일 때 가변저항(5k) 값을 200 Ω 이상으로 설정하면 스위치가 작동하여 연결된 조명장치가 꺼지게 된다. 만약 저항을 200 Ω 으로 고정시켜 놓은 상태에서는, 43,500 Lux 보다 더 밝아지면, 조명은 계속 켜져 있고, 이보다 어두워지면 조명은 꺼지게 됨을 확인하였다.

이 실험을 통해 태양광 스위치는 기존의 자동 점멸 스위치의 역할을 충분히 수행할 뿐만 아니라, 가변 저항을 조절함으로써 스위치가 On/Off 되는 조도점을 임의로 조절할 수 있는 기능도 있음을 확인하였다.

예를 들어, 조도가 10,900 Lux (114 W/m²)일 때 조명이 On/Off 되게 하려면 가변저항값을 2,650 Ω 으로 설정하면 된다. 더 밝은 조도에서도 On/Off 되게 하려면 저항값을 낮추어 주면 된다.

이 원리는 TR의 Base에 걸리는 전압이 약 0.7V 이상이 되도록 가변저항값을 높이면 TR이 On 되어 릴레이 스위치를 동작하게 하여 조명을 켜도록 하는 것이다. 그 이유는 PN 접합부(Base-Emitter 접합)의 전압인 0.7V 이상으로 전압을 가해지도록 가변저항값을 높이면 Base로 전류가 흘러 TR이 On 되기 때문이다.

2. 가변저항을 통한 On/Off 조도점 조절 기능

이는 이미, 1.에서 확인하였다. 5k 가변저항값을 조절하면 스위치가 On/Off 동작하게 하는 조도점을 조절할 수 있다. 밝을 때도 조명이 켜지게 하려면 가변저항값을 낮추면 되고, 어두울 때도 조명이 꺼지게 하려면 가변저항값을 높이면 된다. 이 값을 적당히 조절하면서 원하는 On/Off 조도점을 조절할 수 있었다.

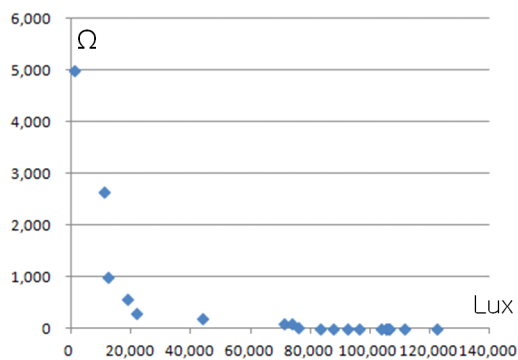


그림 10. 밝기에 따른 On/Off 스위치 가변저항 설정값
Fig. 10. Variable Resistor Values for Controlling the On/Off Illumination Point

하지만, 데이터의 선형성에 있어서 만족스런 결과를 얻지는 못했다. 이 문제는 후에 해결해야 할 과제로 나타났다. 약 70,000Lux 이상에서는 저장값을 조절할 수가 없었다. 물론 실제 상황에서 이 밝기에서는 조도점을 조절할 필요는 없지만 회로상 가능하도록 할 필요는 있다고 생각한다.

3. 모듈 경사각을 통한 On/Off 조도점 조절 기능

On/Off 조도점 조절 기능은 가변저항 이외에, 태양광 모듈의 태양과의 입사각도를 조절하는 방법으로 조절가능하다. 그 이유는 입사각의 변동에 따라 태양광 모듈의 출력 전압이 변동되기 때문이다.

실험에 의하면, 모듈과 태양광과의 입사각이 90도(직각) 일 때에 비해, 20도일 때 약 40%로 충전량이 떨어짐을 확인하였다. 이는 모듈의 경사각을 조절함으로써 태양광 스위치 On/Off 조도점을 조절할 수 있음을 보여주고 있다.

4. 태양광 스위치는 충전이 가능한가?

그림 9에서 '충전량(W)'은 밝기에 따른 충전량을 보여주고 있다. 다음과 같이 밝을수록 충전량이 많아짐을 확인할 수 있었다. 실제 회로에서 태양광 모듈이 연결되지 않은 상태에서도 LED 조명이 켜짐을 확인함으로써 충전이 된다는 사실을 알 수 있었다.

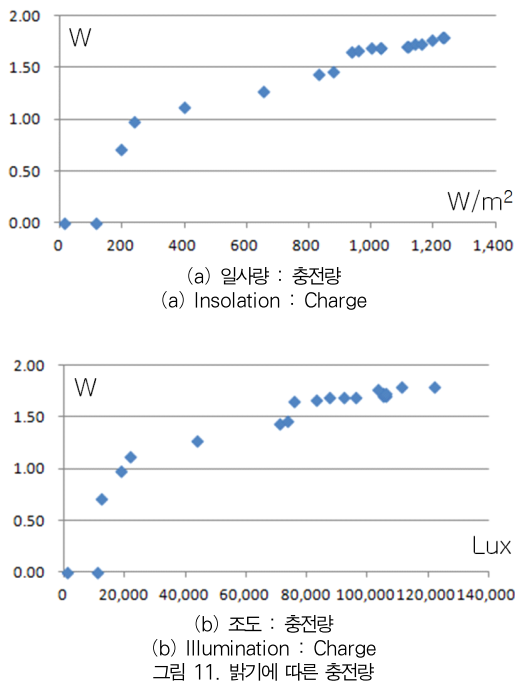


Fig. 11. Charged Amount According to Brightness

또한 충전량으로 태양광 스위치의 소비전력을 자체 충당할 수 있다. 충전지 1개당 용량은 1.2V, 800mAh 이기 때문에 소비전력을 충당하는 데는 문제가 없음을 예측할 수 있다.

5. 태양광 이외 조명에서의 동작은?

지금까지는 태양광에서만 실험을 하였다. 하지만 과연 태양광 스위치가 실내 환경에서도 사용가능할까? 태양광 이외의 조명등으로는 형광등, 백열등, LED 조명, 할로겐등을 생각해 볼 수 있다. 대표적으로 형광등과 할로겐등에 대해서 실험하였다.

- 형광등 조명의 충전 여부 : 실험에 의하면, 형광등 환경(사무실 내부: 32W 형광등*2개*3개)에서는 천정의 형광등 밑의 책상에서 "일사량=1, 조도=433, 태양광모듈 출력전압=0.05V"임을 확인하였다. 이 환경에서도 충전은 가능하였다. 가변저항 조절을 하였지만 스위치가 제대로 동작하지 않았지만 태양광 모듈의 경사각도를 조절함으로써 동작함을 확인하였다. 즉, 경사각도를 통해 동작함을 확인하였다.
- 할로겐등 조명의 조도점 설정 : 할로겐등 환경(500W)에서는 가변저항으로 설정값을 변화시킬 수 있음을 확인하였다.

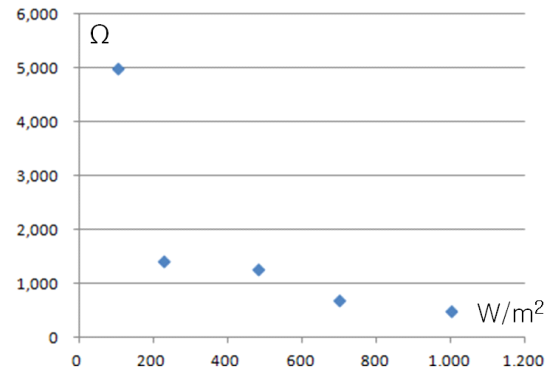


Fig. 12. Variable Resistor Values for Controlling the On/Off Illumination Point in Halogen Lamp Environment

6. 기존 스위치와 태양광 스위치 장단점 비교

이상과 같은 실험 결과에 의해, 기존의 자동 점멸 스위치와 제안한 태양광 스위치를 종합적으로 비교하면 다음과 같다.

표 2. 기존 자동 점멸 스위치와 태양광 스위치 장단점 비교
Table 2. Characteristics Comparison between Existing Switch and Photovoltaic Switch

항목	기존 자동 점멸 스위치	태양광 스위치
소비전력	많음 (약 1.xx Watt)	적음 (약 0.xx Watt)
On/Off 조도점 조절 기능	일부 제품 채택 하지만 1가지 방식으로 조절 가능	가변 저항과 태양광 모듈 경사각의 2가지 방식으로 조절 가능
실내 사용 가능성	△	○
외부 전력 요구	필요	불필요(충전가능)
다른 장치 충전 가능성	X	충전 가능(휴대폰 등)
회로의 복잡도	△	X
설치 용이성	X	○
부피	적다	태양광 모듈, 충전지에 따라 다름
DC/AC 적용 가능성	고정 (제품 생산시 하나로 결정되어 나옴)	전원 입출력 단자를 따로 두어, 필요에 따라 전원 종류(DC, AC)에 관계없이 자유롭게 적용하여 스위치로 적용가능함
CO2 감축효과	X	○ (신재생에너지를 채택하기 때문에 소량이라도 가능함)
제작비용	X (CdS, OP 앰프 가격 비쌈)	△ (초기 제작비에 비해 충전으로 장기적으로 이득)

V. 결론

기존의 자동 점멸 스위치에 비해 제안한 태양광 스위치는 부피 측면 외에는 모두 우수한 특성을 보이고 있다. 특히 절전/충전 측면의 장점을 가진다. 하지만 부피 문제도 기존의 대부분의 자동 점멸 스위치가 활용되는 장소에는 문제가 되지 않는다. 게다가 태양광 모듈과 충전지 성능이 좋아질수록 이 문제도 앞으로는 해결 가능할 것으로 예측한다.

따라서 기존의 자동 점멸 스위치를 대체 사용 가능하다는 결론을 얻을 수 있었다.

하지만 실험 결과, 태양광 스위치에서 발생할 수 있는 한계전압(Threshold) 주위에서 발생하는 스위치 오동작 문제가 발생한 바가 있다. 또한 On/Off 조도점 조절 기능(태양광 모듈의 경사각, 가변저항값 조절)에 있어서 선형성이 부족하다. 이 2가지 문제를 향후 해결하고자 한다.

마지막으로 활용 용도는 우선 기존 자동 점멸 스위치가 사용하고 있는 분야는 모두 적용가능하며 구체적으로는 다음과 같은 곳에 적용가능하다. 기존의 자동 점멸 스위치 활용분야

(자동 점멸 스위치(가로등, 옥외광고등, 실내등, 잔디등, 자동차 자동점멸등, 경광등, 자전거등 등)), 주변의 밝기에 따라 화면의 밝기를 조절해야 하는 분야, 태양광 세기에 따라 냉난방기 동작 제어 분야, 태양광 차단 장치(베란다나 야외 카페 같은 곳에서 차양 장치를 적절한 위치에 위치시키기 위해 적절한 장소에 제안 작품을 설치하고 그 전원을 차양 장치의 전원에 연결하면 태양광모듈이 빛을 받지 않을 때까지 차양 장치를 구동하여 적절한 위치까지 자동으로 차양이 이동할 수 있게 하는 장치) 등을 언급할 수 있다.

참고문헌

- [1] CdS Photoconductive Cells, ALPHA-ONE ELECTRONICS LTD.,
http://www.alpha1-eg.com/pdf/news_4_cds_can.pdf
- [2] CdS, Sensor Engineering,
<http://blog.naver.com/seo0511/10127314754>
- [3] Ying Choi, Yong-Sung Zhang, You-Sai Lee, Kyung-Sup, "I-V Characteristics According to Irradiation for Photovoltaic Systems," Proceedings of the KIEE Spring Conference 2009, pp.177~179, April 17~18, 2009.
- [4] G.K. Singh, "Solar power generation by PV technology: A review," Energy, Vol. 53, pp.1~13, 1 May 2013.
- [5] H. T. Kim, "An estimation of monthly solar radiation and photovoltaic capacity and review of the economy of the photovoltaic systems," Master's Thesis, Graduate School of Engineering, Yonsei Univ., Republic of Korea, 2006.
- [6] Conversion Factor Coefficients between Insolation and Illumination According to Light Source,
<http://blog.naver.com/mggkg?Redirect=Log&logNo=80155969949>
- [7] TR Datasheet, 2N/PN3053 etc.,
http://www.datasheet4u.net/datasheet/2N/3/2N3053_MicroElectronics.pdf.html
- [8] NORP CdS Datasheet 15024 Rev.1, SILONEX,
http://www.datasheet4u.net/datasheet/N/O/R/NORP12_Silonex.pdf.html
- [9] NAIS, TQ Relays Datasheet, Matsushita Electric Works, Ltd.,
http://www.relaymall.co.kr/products/relays_nais02.htm

저 자 소 개



장 준 호

2008: 영도초등학교 졸업
2011: 군산동원중학교 졸업
현 재: (자율형사립고)군산중앙고등학교
3학년 학생
관심분야: 신재생에너지
Email : wkdwngsh1125@naver.com



이 준 호

2008: 송우초등학교 졸업
2011: 군산동원중학교 졸업
현 재: (자율형사립고)군산중앙고등학교
3학년 학생
관심분야: 신재생에너지
Email : homozart@naver.com



정 주 환

2008: 녹수초등학교 졸업
2011: 군산서흥중학교 졸업
현 재: (자율형사립고)군산중앙고등학교
3학년 학생
관심분야: 신재생에너지
Email : qscwer7@naver.com



장 민 석

1989: 연세대학교 전자공학과 공학사
1991: 연세대학교 전자공학과 공학석사
1997: 연세대학교 전자공학과 공학박사
현 재: (국립)군산대학교
컴퓨터정보공학과 교수
관심분야: 전력IT, USN 응용, 신재생에
너지
Email : msjang@kunsan.ac.kr



이 연 석

1982: 전남대학교 전자계산학과 이학사
1984: 전남대학교
전자계산학과 이학석사
1994: 전북대학교
전산응용공학전공 공학박사
1997~1998: University of Missouri
교환교수
2004~2005: Ohio State University
교환교수
현 재: (국립)군산대학교
컴퓨터정보공학과 교수
관심분야: 객체지향 시스템, 능동규칙
시스템, 센서 네트워크 에이
전트 미들웨어, USN 응용
Email : yslee@kunsan.ac.kr