

광원별 센서등기구의 대기전력 특성에 관한 연구

(A Study on the Standby Power Characteristics of Sensor Luminaires)

박창용* · 서정현**

(Chang-Yong Park · Jeong-Hyun Seo)

Abstract

Standby power, so called an electric vampire, is a power which is consumed by appliances and office equipments connected to power sources while the devices are not performing. Sensor luminaires consist of PIR(Pyroelectric Infrared Ray) sensor, illuminance sensor(CdS), and light source. The sensor luminaires are one of the devices that consume a huge amount of standby power; it stands by for an average sum of 23 hours a day and performs only when moving subjects are detected under it, which barely takes up an hour per day. The purpose of this study is to provide basic materials to the selection of standby power items and to enable to explore a way to decrease the standby power by measuring and analyzing the power consumption of sensor luminaires. According to the results, the average standby power of LED sensor luminaires is 1.1W which is significantly higher than other products, and decrease in the standby power consumption of SMPS is important through the measurement.

Key Words : Standby Power, PIR Sensor, Sensor Luminaires, LED Sensor Luminaires, SMPS

1. 서 론

「전기흡혈귀」라고도 불리는 대기전력(Standby Power)은 기기가 기능을 수행하지 않은 시간에 소비되는 전력으로, 일반적으로 가전 및 사무기들이 단지 전원에 연결되어 있을 경우 그 본래의 기능을 수행하지 않은 상태, 즉 플러그를 전원과 연결한 상태에서 소비되는 전력을 의미한다[1]. 대기전력 1W 정책 단계별 목표는 표 1에서처럼, 1단계(2005~2007년)로 자발적 1W 정책, 2단계(2008~2009년)로 의무적 정책 전환준비 및 일부제품 의무규정 적용, 3단계(2010년부터)로 의무적 1W 정책을 추진토록 계획, 2010년부

* 주저자 : 인천대학교 전자공학과 박사과정
** 교신저자 : 인천대학교 공과대학 전자공학과 교수
* Main author : Incheon National University,
Electronics Engineering Ph.D. course
** Corresponding author : Incheon National
University, Electronic Engineering,
Professor
Tel : 02-2230-6385, Fax : 02-2230-6391
E-mail : plc2y3@lycos.co.kr
접수일자 : 2014년 6월 3일
1차심사 : 2014년 6월 11일, 2차심사 : 2014년 7월 29일
심사완료 : 2014년 8월 5일

터는 신규 제품에 대해 의무적 대기전력 1W 규정을 적용하여 22% 정도인 대기전력 1W 이하 제품 보급률을 2010년까지 40%, 2020년까지는 80%로 높이는 것으로 한국의 1-Watt plan은 그림 1과 같이 계획하고 있다.

표 1. 대기전력 1W 정책 단계별 목표
Table 1. Step-by-step goals for standby power 1W policy

단계(기간)	목표
1단계 (2005~2007년)	자발적(Voluntary) 1W 정책
2단계 (2008~2009년)	의무적 정책 전환준비 및 일부제품 의무규정 적용
3단계 (2010년부터)	의무적(Mandatory) 1W 정책

대기전력이 주목받는 이유는 대기시간이 실제 사용 시간에 비하여 현저히 길기 때문이고, 국내의 경우 3억대의 전자기기가 평균 3.66W의 대기전력을 소비, 가구당 연간평균 대기전력 소모량은 306kWh로 전력 소비량의 11%에 해당한다. 국제에너지기구 조사에 따른 선진국들의 경우 일본 9.4%, 호주 12%, 미국 5% 등 가정 소비전력의 약 5~10%가 대기전력으로 소비 되는 것으로 조사되고 있다. 그림 2는 한국의 시판 주요 가전기구의 대기전력 현황(2011년 기준)을 나타낸 것으로, 2011년 시판 가전기기 중 TV와 노트북, 드럼 세탁기, 프린터 등은 0.5W이하의 대기전력 수준이다. 이같은 기술력 또한 대기전력 저감제도의 변천과정에서 생긴 대기전력 저감 운용 프로그램, 대기전력 1W 정책, 대기전력 경고표시 라벨 등 정부정책에 대한 성과이며, 표 2는 대기전력 저감 프로그램 운용 규정 주요 개정 내용이다[2-3].

LED조명은 정부의 2060 LED프로젝트와 맞물려 2020년까지 LED조명 비중을 60%로 확대하고자 한다. 이러한 조명기구 중 센서등기구의 내부는 적외선 센서(PIR)와 주변의 빛의 양을 감지할 수 있는 조도센서(CdS)로 구성되어 있는 조명장치의 특성으로, 하루

24시간 중 태양 빛이 비치는 시간을 제외하고 인체가 감지되었을 때만 점등되어 있는 시간이 총 1시간 이내로 대기전력을 많이 소비하는 조명 장치 중의 하나이다. 그러나 대기전력을 많이 소비하는 조명 장치 중의 하나임에도 불구하고, 광원에 따른 대기전력 분석은 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 국내 메이저 각 3개사의 광원 [백열전구(J社), 안정기내장형램프(K社), LED모듈(L社)]을 사용한 국내 메이저 센서등기구의 대기전력 측정·분석을 통해 문제점을 도출하고 LED센서등기구의 대기전력 저감을 위한 기초자료 및 에너지저감 정책에 활용하고자 한다.

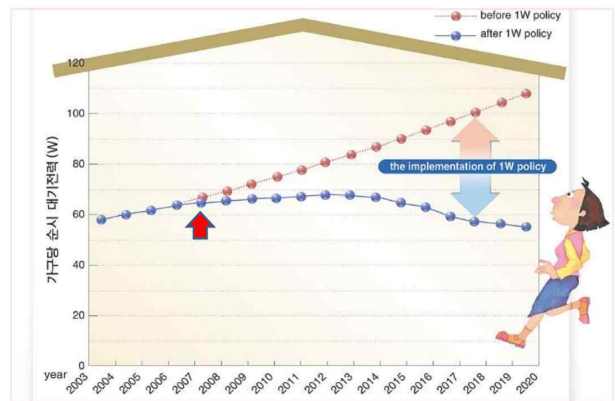


그림 1. 한국의 1-Watt plan
Fig. 1. Korea's 1-Watt plan

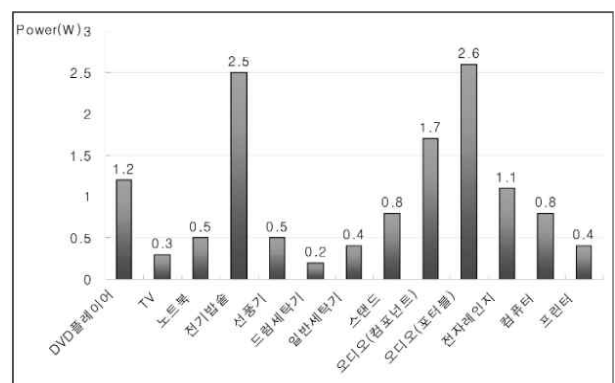


그림 2. 한국의 시판 주요 가전기구의 대기전력 현황(2011년)
Fig. 2. Korean consumer electronics major commercial availability of the standby power(2011 year)

표 2. 대기전력 저감 프로그램 운용 규정 주요 개정 내용

Table 2. Standby power program operating regulations major revisions

구분	시 기	주요 내용	비고
-	1998.05.07	에너지절약마크	국가에너지절약추진위원회에서 도입
제정	1999.01.06	절전형 사무기기 및 가전기기 보급 촉진에 관한 규정	-
5차 개정	2005.04.21	‘대기전력 저감 프로그램 운용 규정’으로 고시 제명	정부의 대기 전력 1W 정책을 반영
15차 개정	2012.07.30	컴퓨터의 표준연간소비 전력량 환산기준 도입 등	-

2. 본 론

2.1 백열전구, 안정기내장형램프, LED의 동작원리 및 구조 비교

백열전구는 사용에너지의 90%를 열로 발산하고 실제로 사용하는 빛에너지는 10% 밖에 사용하지 않는 대표적 저효율 조명기기이며, 저항이 있는 도선에 전류가 흐르면 열이 발생하고 온도가 높아지면서 빛을 내게 되는 발광현상(온도 복사)을 이용한 것으로 구조가 간단하다.



안정기내장형램프(CFL)는 시동과 점등의 안정된 동작에 필요한 모든 요소를 일체화시키고, 부품을 교환할 수 없는 형광 램프나 방전 램프로, 램프의 시동 및 점등 중 모두 반도체 소자에 의한 주파수 변환을 통해 램프를 점등시키는 구조로 되어 있으며, 백열전구 대비 80%의 절전이 가능하다.

LED(Light Emitting Diode)는 다수의 캐리어(carrier)가 전자인 n형 반도체 결정과 다수의 캐리어(carrier)가 정공인 P형 반도체 결정이 서로 접합된 구조를 갖는 광-전기 변환형의 반도체 소자로서, 필라멘트·가스가 없기 때문에 충격에 강하고 안전하며, 환경 친화적, 긴 수명의 장점을 갖고 있다. 또한 백색 LED를 사용한 LED램프는 조명효율이 백열전구를 능가하

므로, 조명용 광원으로서 충분한 사용 가능성도 보여주고 있다. 표 3은 이러한 센서등기구에 사용되는 3가지 광원인 백열전구, 안정기내장형램프, LED모듈에 대한 주요 특성비교를 나타낸 것이다[4].

표 3. 백열전구, 안정기내장형램프, LED모듈의 주요 특성 비교

Table 3. Main characteristics of Incandescent lamp, CFL and LED module

구 분	백열전구	안정기내장형램프	LED모듈
소비전력	30~100W (60W)	11~20W (15W)	8~30W
광효율	10~15lm/W	45~68lm/W	115lm/W ↑
수 명	1 000시간	6 000시간	1~5만시간
가 격	500~800원	2,200~6,600원	하락 추세 중
사 진			

2.2 대기전력의 종류

대기전력은 전원상태 및 적용 기기의 종류에 따라서 무부하 모드(No Load), 오프 모드(Off), 수동대기 모드(Passive Standby), 능동대기 모드(Active Standby) 및 슬립 모드(Sleep)로 나누어질 수 있다. 각 대기전력 모드별 개념 및 해당기기는 다음과 같다 [5-6].

- 무부하 모드 대기전력 : 전원 플러그가 꼽혀 있는 상태에서 소모되는 전력으로서, 주로 어댑터(직류 전원장치, 교류어댑터, 휴대전화 충전기, 전기 충전기 등)에 적용되는 대기전력 모드
- 오프 모드 대기전력 : 전원 플러그가 꼽혀 있는 상태에서 기기의 전원 버튼을 이용해 전원을 꺼도 소비되는 전력으로, 가전기기 및 사무기기(TV, 비디오, 오디오, DVD플레이어, 전자레인지, PC, 모니터, 프린터, 복사기 등)에 적용되는 대기전력 모드
- 수동대기 모드 대기전력 : 전원 플러그가 꼽혀 있는 상태에서 리모컨으로 전원을 꺼도 소비되는 전력으로서, 주로 가전기기(TV, 비디오, 오디오, DVD 등)에 적용되는 대기전력 모드

- 능동대기 모드 대기전력 : 전원 플러그가 꼽혀 있는 상태에서 리모컨을 이용해 전원을 꺼도 네트워크로 연결되어 실제로는 꺼지지 않은 상태에서 외부와의 통신을 위해 소비되는 전력으로서, 주로 네트워크 기반 가전기기(셋톱박스, 홈네트워크 등)에 적용되는 대기전력 모드
- 슬립 모드 대기전력 : 기기가 동작 중 사용되지 않는 대기 상태에서 소비되는 전력으로서, 주로 사무기기(PC, 모니터, 프린터, 복사기, 스캐너 등)에 적용되는 대기전력 모드

본 연구에서 측정하고자 하는 대기전력은 센서등구에 상용전원(220V, 60Hz) 인가시, 인체가 감지되지 않은 상태를 대기상태로 가정하여 소비되는 전력인 슬립 모드(sleep) 대기전력에 해당된다.

2.3 LED센서등기구의 대기전력 발생 원리 및 회로

센서조명장치는 일반적으로 그림 3에서 보는 바와 같이 SMPS(Switched Mode Power Supply) 방식을 사용하여 램프에 전력을 공급한다. 이 SMPS 방식은 교류 입력 전원을 전파 정류하여 얻은 맥류를 커패시터에 의해 평활하여 직류 전원으로 변환하고, PWM(Pulse Width Modulation) IC를 사용하여 고주파 교류전원으로 재변환한다. 이후 고주파 변압기를 이용하여 강압하고 2차 측에서 다시 직류 전원으로 재변환하여 센서, 램프 등에 필요한 전력을 공급한다. 그

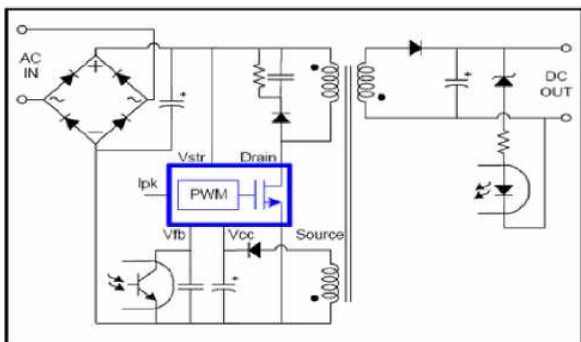


그림 3. SMPS방식의 전력공급 회로
Fig. 3. Electric power circuit using SMPS

런데 이러한 방식의 전원회로는 2차 측에 필요한 전력을 생성하기 위해 PWM IC를 사용하고, 또한 변압기 2차 측의 출력전압을 안정화하기 위해 출력전압을 궤환시켜 PWM IC를 통해 변압기 1차 측 전압을 제어하기 때문에 2차 측의 제어소자들로 인해 부하가 없을 때에도 상시 전력 공급이 이루어져야 하므로 대기전력이 발생하게 된다[7-8].

2.4 광원별 센서등기구의 배선도

LED센서등기구의 배선도는 그림 4와 같이 크게 센서부, 컨버터, 광원(LED 모듈)으로 구분할 수 있는데, 센서부에는 제어기능(인체를 감지하는 적외선 센서(PIR)와 주변의 빛의 양을 감지할 수 있는 조도센서(CdS))와 시간설정 기능인 타이머 IC 등이 해당되며, 광원에 전력을 공급하는 컨버터, 광원인 LED모듈로 구성된다.



그림 4. LED센서등기구의 배선도
Fig. 4. Wiring diagram of LED sensor luminaires



그림 5. 일반 센서등기구의 배선도
Fig. 5. Wiring diagram of general sensor luminaires

일반 센서등기구의 배선도는 그림 5와 같이 크게 센서부, 광원(안정기내장형램프, 백열전구)으로 구분할 수 있는데, 센서부에는 제어기능(인체를 감지하는 적외선 센서(PIR)와 주변의 빛의 양을 감지할 수 있는 조도센서(CdS))와 시간설정 기능인 타이머 IC 등이 해당된다. 안정기내장형램프는 구동장치가

내부에 일체화되어 있고, 백열전구는 저항이 있는 도선에 전류가 흐르면 열이 발생하고 온도가 높아지면서 빛을 내게 되는 발광현상(온도 복사)을 이용한 것이므로 두 가지의 광원은 별도의 컨버터가 필요하지 않다.

2.5 측정 장비

그림 6은 본 연구에서 사용한 대기전력 측정 장비(와트맨, M社)와 장비의 사양을 나타낸 것으로, 대기전력 이외에 입력전류, 입력전력, 역율 등 기본적인 전기적 특성 등을 측정할 수 있다.





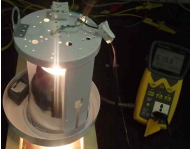
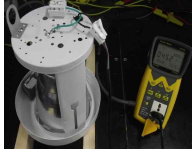


제품사진	장비사양
	<ul style="list-style-type: none"> · 전류 측정범위 : AC 100μA~10A(\pm0.3%) · 전압 측정범위 : AC 90V~250V(\pm0.3%) · 전력 측정범위 : 0.01W~2500W(\pm0.4) · 역율 측정범위 : \pm0.001~1(\pm0.5) · 주파수 : 50Hz~1000Hz · 전력량 : 0~2000kWh · 크기 : 115(W)*200(H)*40(D)mm · 무게 : 650g


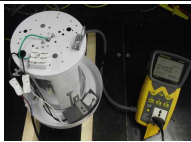


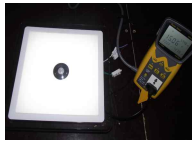

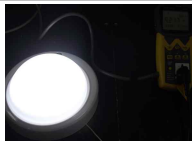


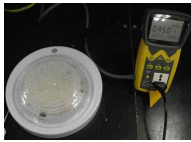
그림 6. 대기전력 측정 장비 및 사양
Fig. 6. Standby power measuring equipment and specifications

2.6 실험방법 및 결과

본 연구에서는 (25 \pm 3) $^{\circ}$ C와 최대 65%의 상대습도 환경을 갖는 통풍이 없는 환경에서 측정하였으며, 적외선 센서로 인체를 감지한 후 타이머 IC에 따라 1분 이내의 점등을 갖는 센서등기구에 대해, 상용전원 인가 시와 인체가 감지되지 않은 상태를 대기상태로 가정하여 소비되는 전력인 슬립 모드(sleep) 대기전력을 측정하였다. 본 연구에서는 국내 메이저 각 3개社의 광원[백열전구(J社), 안정기내장형램프(K社), LED모듈(L社)]을 사용한 국내 메이저 센서등기구에 대해 표 4와 같은 소비전력 및 대기전력을 측정하여 대표값을 파악하였다.

표 4. 광원에 따른 소비전력 및 대기전력
Table 4. Input power and standby power according to light sources

제조회사	A社	
광 원	백열전구	
소비전력	54.93	
대기전력	0.748	
측정사진	 <소비전력>	 <대기전력>
제조회사	B社	
광 원	백열전구	
소비전력	61.86	
대기전력	0.431	
측정사진	 <소비전력>	 <대기전력>
제조회사	C社	
광 원	백열전구	
소비전력	61.53	
대기전력	0.452	
측정사진	 <소비전력>	 <대기전력>
제조회사	D社	
광 원	안정기내장형램프	
소비전력	10.90	
대기전력	0.884	
측정사진	 <소비전력>	 <대기전력>

제조회사	E社	
광원	안정기내장형 램프	
소비전력	19.16	
대기전력	0.475	
측정사진		
	<소비전력>	<대기전력>
제조회사	F社	
광원	안정기내장형 램프	
소비전력	11.37	
대기전력	0.782	
측정사진		
	<소비전력>	<대기전력>
제조회사	G社	
광원	LED모듈	
소비전력	15.06	
대기전력	1.461	
측정사진		
	<소비전력>	<대기전력>
제조회사	H社	
광원	LED모듈	
소비전력	9.22	
대기전력	0.886	
측정사진		
	<소비전력>	<대기전력>
제조회사	I社	
광원	LED모듈	
소비전력	10.52	
대기전력	0.950	
측정사진		
	<소비전력>	<대기전력>

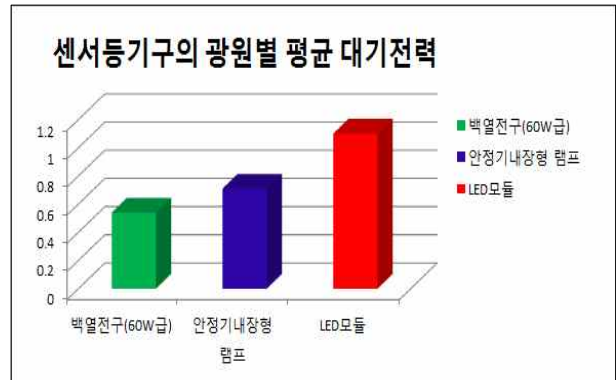


그림 7. 센서등기구의 광원별 평균 대기전력
Fig. 7. Average standby power of sensor luminaires according to light sources

국내 메이저 센서등기구의 광원별 대기전력을 측정 한 결과, 광원으로 60W급 백열전구를 사용한 센서등 기구는 0.431W~0.748W로 측정되었고, 평균값은 0.54W이다. 이러한 결과값은 백열전구 자체보다는 센 서부의 스위칭 동작시 소비되는 전력이며, 광원으로 안정기내장형램프를 사용한 센서등기구는 0.475W~ 0.884W로 측정되었고, 평균값은 0.71W로 구동장치와 센서부의 스위칭 동작시에 따른 소비전력이다.

이는 동일社の의 광원을 사용하였다더라도 센서등기구 의 회사별로 설정된 타이머 IC의 점등 시간이 다르게 적용되어 있으며, 이러한 점등시간의 차이와 광원[백 열전구(온도복사), 안정기내장형 램프(방전램프)]의 안정화되는 정도에 따라 대기전력의 차이가 발생할 수 있다.

광원으로 LED모듈을 사용한 LED센서등기구의 경 우는 0.886W~1.461W로 측정되어 평균값은 1.1W이 다. 그림 7에서와 같이 센서등기구의 광원별 대기전력 을 평균값으로 분석한 결과, LED센서등기구의 대기 전력은 백열전구의 대기전력보다 2배 이상 높게 측정 되었으며, 안정기내장형램프보다 24%이상 높게 측정 되었다. 이러한 원인은 LED모듈을 사용한 센서등기 구는 센서부와 컨버터의 두 가지 측면에 의해 광원이 동작되고, 인체가 감지되지 않은 상태에서는 SMPS회 로가 동작하지 않도록 하여 전력을 차단하고 센서부 의 스위칭 동작시, 소비되는 전력을 최소화하여야 하 나, 이에 대한 대책이 미흡하기 때문이다.

3. 결 론

상기 분석 결과를 통해, 정부의 2060 LED프로젝트와 맞물려 2020년까지 LED조명 비중을 60%로 확대하여 에너지를 저감하고자하는 정책방향과 상반된 데이터가 도출되어 문제점으로 파악되었다. 또한 LED 센서등기구가 기존광원을 이용한 센서등기구의 대기전력보다 높게 측정됨에 따라 향후, 아파트의 계단, 지하주차장 등에 지속적인 보급에 따른 대기전력 저감 대책이 필요할 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 대기전력 품목 확대를 위한 선정에 기초자료로 활용될 수 있으며, 향후 연구에서는 무부하 시의 스위칭 주파수를 낮추어 대기전력을 낮추는 기능을 내장한 IC가 매우 다양하게 출시되어 있으므로 대기전력을 낮추기 위한 최적화된 전력반도체 기술을 SMPS회로에 도입하는 방안의 모색이 가능하도록 할 것이다.

References

- [1] N. K. Kim, "2011 Standby Status of Korea", 2011.
- [2] Y. R. Kim, "Standby Korea 2010", 2008.
- [3] H. S. Seo, "Korea Standby Performance Analysis and Future Direction Statement", Journal of Korea Society of Energy & Climate Change, pp. 71-88, 2012.
- [4] Domestic and foreign LED lighting/application availability and business strategy, industry, Industry economy research, 2013.
- [5] Program and technical trends for standby power in smart electronic appliances, Electronics and Telecommunications Research Institute, pp. 86-96, 2013.
- [6] Standby Power Reduction Program Operating Regulations, Ministry of Knowledge Economy Notification, No. 2012-176, 2012.
- [7] S. Moon, G.Y. Kim, S.H. Park, "Study on Standard of standby power", Proceedings of 2012 Fall Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers(KIEE), pp. 1628-1629, 2012.
- [8] Nils F, Nissen and Lutz Stobbe, "EuP Preparatory Studies Lot 26 : Networked Standby Losses", 2010.

◇ 저자소개 ◇



박창용 (朴昶勇)

1975년 5월 13일생. 2002년 2월 서강대 전자공학과 졸업. 2006년 8월 고려대 전기공학과 졸업(석사). 2012년~현재 인천대 전자공학과 박사과정. 2003~2013년 한국조명연구원 시험평가본부 기업지원팀장. 2014년 1월~현재 도로교통공단 교통과학연구원 연구원.



서정현 (徐正炫)

1971년 7월 12일생. 1993년 2월 서울대 전기공학부 졸업. 1995년 2월 서울대 전기공학부 졸업(석사). 2000년 8월 서울대 전기공학부 졸업(박사). 2002년 8월 삼성 SDI 천안연구소 PDP 개발 center 과장. 2002년 9월~2013년 9월 인천대학교 전자공학과 (전임강사, 조교수, 부교수). 2013년 10월~현재 인천대 전자공학과 정교수.