

태양전지식 항공장애등 성능특성시험 및 구조개선

변 강* 민병욱* 김세현* 이동일** 신구용** 이성두**
 *한국전력공사 송변전건설처 **한국전력공사 전력연구원

A Test of the Aviation Obstacle Light and Structural Improvement

Gang Byun* Byeong-Wook.Min* Sae-Hyun.Kim* Dong-il, Lee** Gu-yong, Shin** Sung-Doo. Lee**
 *KEPCO **KEPRI

Abstract - For the safety of aircraft, aviation obstacle lights must be attached to the transmission towers in accordance with the governing law. Aviation obstacle lights which consist of solar cells, batteries, xenon lamps and a regulator substituted for aviation obstacle lights using AC power. A xenon lamp has advantage such as high brightness but also has disadvantage like large power consumption which cause lighting system to have many solar cells and batteries. This paper introduces an application of a aviation obstacle light using LED lamp through the economic analysis between LED lamp and xenon lamp.

표 1 항공장애등의 종류

Table 1 Kind of aviation obstacle light

구분 종류	철탑높이	성능 (실효광도)
저광도	150미터 미만	부점멸식 적색등 10칸델라 이상 또는 점멸식 황색등 40칸델라 이상
중광도	150미터 이상	점멸식 적색등 1천6백칸델라 이상
고광도	주간표지 불가지역	섬광식 백색등, 배경밝기에 따라 2천~10만칸델라±25%

1. 서론

송전선로의 철탑에는 항공기의 안전 운항을 위하여 야간장애표지로 항공장애등을 설치하고 있으며, 1988년 이전에는 교류전원용 항공장애등을 설치하였으나 1989년 이후에는 태양전지식 항공장애등을 설치하고 있다. 현재 사용되고 있는 태양전지식 항공장애등은 등구와 태양전지, 축전지, 조절기로 구성되어 있으며 등구는 크세논(xenon) 램프를 사용하고 있다. 크세논 램프는 크세논(xenon) 가스 중에 고전압을 인가하여 방전시키는 방식으로 높은 휘도의 빛을 발생하지만 고전압 발생 회로로 인하여 시스템의 규모가 커지고 소모전력이 커서 태양전지 및 축전지가 과다 소요되는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 새로운 광원으로 각광받고 있는 발광다이오드(LED, light-emitting diode) 램프와 현재 사용되고 있는 크세논 램프와의 성능비교 특성시험을 시행·분석하여 LED 램프를 사용한 태양전지식 항공장애등의 적용 방안을 제시하였다.

2. 송전철탑용 항공장애등

2.1 항공장애등 설치기준

송전선로에는 항공기의 안전 운항을 위하여 항공기가 충돌·접촉하지 않도록 항공법 제83조(항공장애등의 설치등)의 규정에 의거 지표 또는 수면으로부터 60m이상의 철탑에 주간장애표지로 철탑의 수직길이의 위쪽 9분의 5를 5등분하여 가장 높은 부분으로부터 황적색과 백색 순으로 철탑을 도색하고 있으며, 야간장애표지로는 항공장애등을 설치하고 있다. 항공장애등은 항공법시행규칙 제249조(항공장애등의 설치방법)의 규정에 의거 철탑 정상에 설치하는 것 외에 정상과 지상까지의 사이에 수직거리 45m 이내의 지점마다 동일한 간격으로 설치하고 있다.[1][2]

항공장애등은 항공법시행규칙 제247조의 규정에 의거 표1과 같이 저광도, 중광도, 고광도 항공장애등으로 구분되며[2], 2003년 5월 현재 송전선로에 설치되어 있는 항공장애등의 현황은 표2와 같다.[3]

표 2 항공장애등 설치현황

Table 2 The present state of setting aviation obstacle light

송전선로		항공장애등(등)		
선로전압	선로수	교류전원식	태양전지식	합계
66 kV	7	4	35	39
154kV	255	119	1,625	1,744
345kV	140	435	3,581	4,016
765kV	3		1,756	1,756
합계	405	558	6,997	7,555

2.2 항공장애등의 구조 및 성능

송전철탑에 설치하는 태양전지식 항공장애등은 등구, 태양전지, 축전지, 조절기로 구성되며, 등구는 광원의 중심을 포함하는 수평면 아래 15도 상방의 모든 방향에서 식별할 수 있는 구조로 크세논 램프를 사용하고 있다. 저광도 항공장애등은 1분당 60~90회를 점멸하는 황색등으로 실효광도 40cd이상이어야 하며, 중광도 항공장애등은 1분당 20~60회를 점멸하는 1,600cd 이상의 적색등으로 2개의 램프로 구성되어 1개의 램프가 고장났을 경우에는 예비램프가 자동으로 작동할 수 있는 구조로 되어 있다. 저광도 항공장애등에서 사용되고 있는 크세논 램프의 base는 octal 구조로 최고동작전압 DC 800V, 최저동작전압 DC 225V, 평균소비전력 40W로써 램프의 수명은 8,000시간 이상이어야 한다. 태양전지는 동작전압 15~17V, 동작전류 2.8~3.0A, 최대출력 46~51W로 정전압특성을 가져야 하며, 축전지는 동작전압 12V, 전격용량 100AH (20시간율)로 상온 25℃에서 별도의 전력 공급없이 항공장애등을 72시간 이상 작동시킬 수 있는 성능으로 외기온도 -30℃~+50℃에서 이상없이 동작하여야 한다. 조절기는 조도 20~30lux에서 항공등을 점·소등할 수 있는 구조로 되어 있다.[4]

3. 항공장애등의 전원공급장치

3.1 축전지의 용량

축전지의 용량은 항공장애등의 1일 평균동작시간을 12시간으로 하여 눈, 비 등 날씨의 영향으로 태양전지가 가동되지 않는 무일조 시간(72시간)을 기준으로 100Ah를 정격용량으로 규정하고 있으며, 축전지 용량의 산정식은 식1과 같다.[5]

$$c = \frac{Ah \times D}{E \times L} [Ah] \quad (1)$$

여기서 C : 축전지용량 [Ah]
 Ah: 소요전류용량 [Ah/12hr]
 D : 무일조시 최대 Lamp 동작시간(72Hr)
 E : 축전지효율 (0.9)
 L : 온도보정률 (0.9)

3.2 태양전지의 용량

태양전지의 발전전력은 복사에너지를 흡수하고 주위 온도, 축전지의 충전 정도에 따라 변하며 지역별 태양복사 에너지(Q_m)는 kcal/day로 주어지는데 태양의 복사에너지는 시시각각으로 변화하고 당시의 온도와 부하 임피던스도 변화하므로 일일누적에너지로부터 축전지에 충전되는 충전량을 산정하기 위해선 보정이 필요하며 태양전지의 발전량은 식2와 같이 산정한다.[6]

$$P_{dc} = 0.711 \times \frac{Q_m}{860} \times W [kWh/day] \quad (2)$$

여기서 P_{dc} : 태양전지 발전량
 Q_m : 태양복사에너지 [kcal/m²·day]
 W : 태양전지 단위용량 {W}

우리 나라의 태양복사에너지(Q_m)의 분포는 2,000~5,000kcal/m²·day로 평균치는 3,000kcal/m²·day이므로 48W solar cell panel을 사용할 경우 식2에 의하여 태양전지의 발전량은 0.119 kWh/day가 된다. 송전철탑용 항공장애등의 축전지 동작전압범위는 10.5 ~ 14.5V이나 대체적으로 정격전압인 12V 부근에서 운전되므로 발전전류량 약 9.91Ah가 된다.[7]

따라서 우리 나라에서의 solar cell module의 발전량은 48W panel 1개당 약 10Ah로 이는 3A의 부하전류를 3.3시간 발전하는 전류량에 해당된다.

3.3 전원공급장치의 구성

송전선로의 철탑에 설치하는 항공장애등의 전원공급장치는 축전지의 정격용량을 100Ah, solar cell module의 발전력을 48W를 기준으로 하였을 경우 표3과 같이 구성하고 있다.[4]

표 3 항공장애등의 전원공급장치
 Table 3 Power supply system of aviation obstacle light

지역	철탑높이 [m]	등구수량		전원공급장치	
		저광도	중광도	태양전지	축전지
일 반 지역	60 ~ 90	2		2	1
	90 ~ 135	3		2	2
	135 ~ 150	4		3	2
	150 ~ 180	3	1	6	4
운 항 특 수 지역	60 ~ 90	1	1	5	4
	90 ~ 135	1	2	9	6
	135 ~ 180		3	13	9

4. 항공장애등의 성능·특성시험

4.1 크세논과 LED 램프의 특성

크세논램프(xenon lamp)는 크세논 가스 중에 고전압을 인가하여 방전시키는 방식으로 순간적인 높은 휘도의 빛을 발생하지만 고전압 발생 회로로 인하여 시스템의 규모가 커지고 소비전력이 커서 태양전지 및 축전지가 과다 소요되고 소비품인 축전지의 잦은 교체로 인하여 경제성이 떨어지는 단점이 있다.

현재 새로운 광원으로 각광받고 있는 발광다이오드, 즉 LED(light-emitting diode) 램프는 크세논 램프보다 소비전력이 적고 전구의 수명이 매우 좋은 특성을 갖고 있으며, 항공장애등용 크세논 램프와 LED 램프의 특성은 표4와 같다.

표 4 크세논과 발광다이오드 램프의 특성
 Table 4 Characteristics of xenon and LED lamp

항 목	크세논 램프	LED 램프
평균소비전력	80 W	10 W
최저동작전압	DC 225 V	DC 50 V
전 구 수 명	1만시간 이내	10만시간 이내

4.2 크세논 및 LED 램프의 성능시험·분석

항공장애등용 LED 램프의 시료는 LED 램프 1개당 2.85W 황색 발광용 LED를 1열당 직렬 25개로 구성하여 병렬 6열로 총 150개로 제작하였고 항공장애등용 크세논과 LED 램프의 시료 구조는 그림1과 같다.

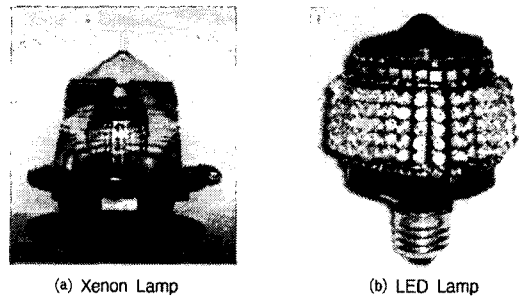


그림 1 항공장애등용 크세논 및 LED 램프

Fig. 1 Xenon and LED lamp for aviation obstacle lamp

크세논 램프와 LED 램프를 각각 2개씩 병렬로 연결한 저광도 항공장애등을 기준으로 광도시험을 시행한 결과 LED 램프의 광도는 항공법에서 요구하는 40cd보다 높으나 크세논 램프보다 다소 낮았으며, 발광특성은 그림2와 같이 LED 램프는 구형파 형태이고 크세논 램프는 삼각파 형태로 동일한 점등시간(t_1-t_2)에서 LED 램프가 크세논 램프보다 식3으로 계산되는 유효광도[8] 특성이 매우 우수한 것으로 측정되었다.

$$I_E = \left(\int_{t_1}^{t_2} I_d \right) / (t_2 - t_1) \quad (3)$$

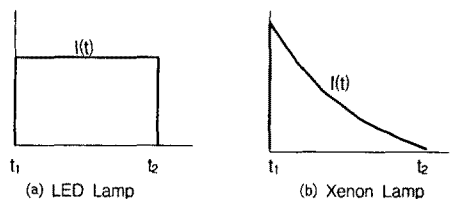


그림 2 항공장애등용 크세논 및 LED 램프의 광도특성

Fig. 2 Characteristics of luminous intensity

다만, LED 램프의 광도시험은 LED 램프 특성상 정전류가 바람직하며 정전류는 제어기(control box)에서 등구 설치점까지의 전선의 길이와 직경에 의하여 광도의 변화가 심하므로 LED 램프의 교환주기를 결정할 경우 그림3과 같은 LED 램프의 열화특성을 고려하여야 할 것이다.

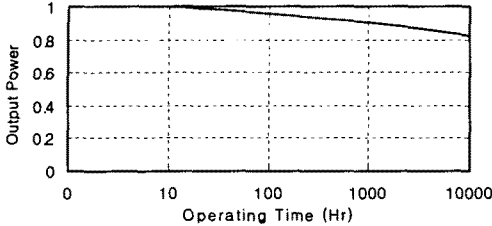


그림 3 전원 - 동작시간 열화특성
Fig. 3 Characteristics of power and operating time for an edge-emitting device

또한 크세논 램프와 LED 램프의 소비전력을 비교하기 위하여 점등시의 전압, 전류를 측정한 결과 LED 램프의 소비전력이 크세논 램프의 약 52% 수준으로 매우 양호한 특성을 나타냈으며 측정결과는 표5와 같다.[9]

표 5 크세논 램프와 LED 램프의 특성
Table 5 Characteristics of xenon and LED lamp

구 분	LED Lamp				Xenon Lamp			
광도 [cd]	77	58	69	90	120	128	132	115
전 압[V]	12.64				12.54			
전 류[A]	0.47				0.91			
소비전력량[Wh]	71.3				136.9			

(㉞) 점멸시차는 83ms (1분당 63회 점멸)

5. 항공장애등의 구조개선 방안

5.1 LED형 항공장애등의 전원공급장치

LED 램프의 소비전력 측정 결과를 적용하여 산정한 LED형 항공장애등의 축전지 소요용량은 41.8Ah로써 정격전압 12V, 정격용량 60Ah Battery 1개로 충분하며 소요용량의 산정 결과는 식4와 같다.

$$C = \frac{Ah \times D}{E \times L} = \frac{0.47 \times 72}{0.9 \times 0.9} = 41.8 [Ah] \quad (4)$$

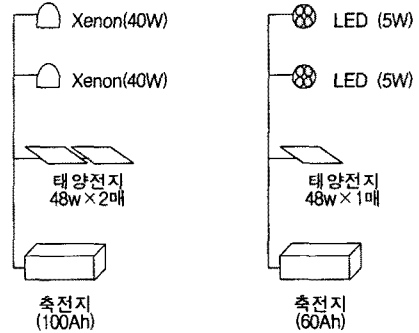
LED 램프를 사용한 항공장애등의 소비전력량은 1일 평균 12시간 동작을 기준으로 측정전류 0.47A를 적용하면 약 5.16Ah이다. 따라서 48W solar cell module의 1일 발전량은 9Ah이므로 태양전지의 소요수량은 1개면 충분하게 되어 저광도 태양전지식 항공장애등의 램프를 현재의 크세논에서 LED 램프로 변경할 경우 축전지 용량과 태양전지 수량은 표6과 같이 대폭 감소하게 되어 경제성을 확보할 수 있다.

표 6 크세논 및 LED형 항공장애등의 전원공급장치
Table 6 Power supply system of aviation obstacle light between xenon and LED lamp

램프종류	축전지 용량	태양전지 수량
크 세 논	100Ah 1개	2매
LED	60Ah 1개	1매

5.2 항공장애등의 개선 구조

태양전지식 항공장애등의 등구를 그림4와 같이 현재의 크세논 램프에서 LED 램프로 구조를 개선하게 되면 축전지의 용량과 태양전지의 소요수량이 감소하게 되어 시스템의 구조가 작게 될 뿐만 아니라 150여개의 발광다이오드로 구성된 LED 램프의 일부 발광다이오드가 단선되었을 경우에도 항공장애등의 동작에는 영향을 주지 않게 되어 항공기의 안전 운항에도 기여할 수 있다.



(a) 개선전 (Xenon) (b) 개선후 (LED)

그림 4 항공장애등의 구조 개선
Fig. 4 Improvement of structure

6. 결 론

송전철탑에 설치하고 있는 항공장애등의 램프를 크세논 램프 대신 발광다이오드를 사용한 LED 램프로 개선한 시제품을 제작하여 성능·특성시험 결과 크세논 램프 방식에 비하여 축전지의 용량은 40%, 태양전지(48W solar cell module) 소요수량은 1/2로 감소시킬 수 있어 시스템의 규모를 작게 할 수 있을 뿐만 아니라 크세논 램프의 단점인 램프수명의 한계, 고전압 방전방식에 따른 불안전성, 높은 소비전력으로 인한 전원공급장치의 과다 소요 등에 대한 문제점을 개선할 수 있다.

또한 현재의 항공장애등은 크세논 램프가 단선되면 항공장애등의 동작이 정지되지만 수많은 발광다이오드로 구성된 LED 램프 방식은 일부 발광다이오드가 단선되어도 항공장애등이 동작에는 커다란 영향이 없다.

그러나 발광다이오드의 소재특성의 한계로 인하여 LED 램프방식은 저광도 항공장애등에만 제한적으로 적용이 가능하므로 향후 LED의 발광특성이 향상되면 중광도와 고광도 항공장애등의 적용방안에 대하여도 연구되어야 할 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 항공법, 제665호, 2002.2.
- [2] 항공법시행규칙, 건설교통부령 제297호, 2001.9.
- [3] 송전설비현황, 한국전력공사, 2003.5.
- [4] 한전표준구매시방서, 한국전력공사, pp.1~9, 2001.6.
- [5] 항공장애등의 LED 광도 및 소비전력량, 한국에너지연구소, 2003.5.
- [6] 태양전지와 그 응용, 일본 Power사
- [7] 지평삼, 엄영창, "태양전지 항공장애등 연구", 한전 기술연구원, pp.184~200, 1990.3.
- [8] Obstruction Marking and Lighting, US. Department of Transportation Federal Aviation Administration, pp.55, 1985.10.
- [9] 이동일, 신구용, "태양전지식 항공장애등 성능특성시험 중간보고서", 전력연구원, 2003.5.