

계절별 · 지역별 등명기 일일소비전력량 비교

정재훈* · 권혁동 · 김종국 · 김현조 · 김종현 · 유충현

향로표지기술협회

요 약 : 해상용 등부표에 사용중인 태양전지시스템의 적절한 용량 설계를 통하여, 오동작 유발 및 과잉투자 손실을 줄이기 위해, 등명기의 실부하를 산정하였다. 향후 용량 설계를 위한 기초자료를 이용될 수 있다.

1. 서 론

선박의 안전한 항해를 위해 해상에 설치하는 등부표는 항로상의 가항수역 및 암초 등의 장애물을 표시하기 위해 사용된다. 이런 등부표는 해상에 설치하기 때문에 일반 상용전원을 이용할 수 없으며, 태양전지 전원공급시스템을 이용하고 있다. 태양전지 전원공급시스템은 태양전지, 축전지, 충방전조절기로 크게 세부분으로 나뉘어진다. 태양전지에서 광기전력 효과에 의해 태양으로부터 받아들인 에너지를 충방전조절기를 거쳐 축전지에 전기에너지로 저장하는 방식이다. 이 방식을 사용함에 있어, 초기 설계 시 적절한 실부하(등명기)의 최소 · 최대 소비전력을 산정하는 것은 실로 중요하다. 설계용량 부족으로 시스템 오동작을 유발할 수도 있으며, 또한 과잉 설계로 투자 손실이 발생할 수 있기 때문이다.

2. 본 론

2-1. 연구방법

등명기별 소비전력량을 산정하기 위하여, 크게 두 부분으로 연구를 진행하였다. 첫째는 IALA Guidelines의 소비전력량 산정 방식에 의해 등명기 점등시간을 계산하였으며, 두 번째로 기존에 사용되고 있는 LED-200 등명기와 250mm 등명기의 최대출력전류를 측정하여 등명기 소비전력을 산정하였다.

2-2. 소비전력량 계산 방법 [IALA 지침]

2-2-1. 태양의 경사각 계산

IALA에서는 아래 식(1)에 의해 태양의 경사각을 계산한다. 식(1)의 변수 n은 율리우스력을 의미하며, 1년을 365일로 계산하여 1월 1일이 n=1이 되며, 날짜를 합산해 가는 방식이다. 이 방식에 의해 대한민국의 하지와 동지날의 n값을 얻었다.

$$\begin{aligned} D &= 23.45 \sin(1.008(n-80)) & \text{for } n=1-80 \\ D &= 23.45 \sin(0.965(n-80)) & \text{for } n=81-266 \\ D &= -23.45 \sin(0.975(n-266)) & \text{for } n=267-365 \end{aligned} \quad \text{식(1)}$$

이때, n은 율리우스력(양력)의 일수를 의미한다.

2-2-2. 위도에 따른 H_{daylight} (주간) 시간 계산

식(2)는 위도에 따른 낮시간을 계산하는 식으로 L값은 위도를, D값은 식(1)에서 얻은 태양의 경사각을 의미한다.

$$H_{\text{daylight}} = \left(\frac{2}{15} \right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \sin(L) \times \sin(D)}{\cos(L) \times \cos(D)} \right] \quad \text{식(2)}$$

여기서, H_{daylight} : 일출과 일몰사이의 시간
L : 위도, 북반구에서는 +값, 남반구는 -값
D : 태양의 경사각(계절별 차이)

표 1. 주 · 야간 시간 산정 [계절별 · 지역별]

대한민국위도		태양의경사		주간[시간 h]		야간[시간 h]	
지역	위도	하지 (6월 21일) 174일	동지 (12월 22일) 355일	하지	동지	하지	동지
고성군 [최고]	38° 38' (38.63°) 0.67rd	23.44° (0.4091rd)	-23.42° (-0.4086rd)	14.85	9.50	9.15	14.50
서귀포시 [최저]	33° 25' (33.42°) 0.58rd	23.44° (0.4091rd)	-23.42° (-0.4086rd)	14.36	9.96	9.64	14.04

2-3. 일일 소비전력량 계산

2-3-1. LED-200 등명기 계산

LED-200 등명기의 일일 소비전력량은 식(3)에 의해 산출된다. 식(3)에서 볼 수 있듯이, 등명기의 점 · 소등시간(등질)에 의해 일일 부하 소비 전력량이 차이가 가진다.

$$E_{DL} = W \times H_{\text{darkness}} \times \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} \quad \text{식(3)}$$

여기서, E_{DL} : 일일 부하 소비 전력량[Wh/day]
W : 등명기 소비전력[W]
 T_{ON} : 등명기 점등시간(등질 한주기내의 명간)
 T_{OFF} : 등명기 소등시간(등질 한주기내의 암간)

2-3-2. 250mm 등명기 계산

250mm 등명기는 LED-200 등명기와 다르게 백열전구를 사용하므로, 등질 동작시 서지전류가 발생한다. 이 서지전류에 대한 소비전력계산이 필요하며, 계산방법은 IALA Guideline에 나온 것처럼 식(4)로 계산할 수 있다.

$$E_{\text{surge}} = 0.1019x^2 + 1.24x - 0.3341 \quad \text{식(4)}$$

식(4)에서 의해 산출되어진 서지전력을 고려하여, 최종적인 250mm 등명기의 일일 부하 소비전력량은 식(5)에 의해 산정된다.

$$E_{DL} = [E_{surge} + W \times T_{flash}] \times \frac{H}{T_{period}} \quad \text{식(5)}$$

여기서, E_{DL} : 일일 부하 소비 전력량[Wh/day]
 W : 등명기 소비전력[W]
 T_{flash} : 등명기 점등시간(등질 한주기내의 명간)
 T_{period} : 등명기 등질주기

2-4. 해상용 등명기 측정 및 통계

LED-200 등명기 최대소비전류 측정은 총 106대의 등명기를 대상으로 실시하였다. 제조사는 총 3개사를 선정했으며, 색상은 백, 황, 홍, 녹색의 4색상을 선정하였다. 실제로 LED-200 등명기를 제작하는 국내회사는 약 7개사 정도가 있으나, 현재까지 감사의뢰 빈도가 적은 업체들은 이번 연구대상에서 제외하였다.

250mm 등명기의 최대소비전류 측정은 총 20대의 등명기를 대상으로 실시하였다. 250mm 등명기는 소비전류가 색상과 무관하며, 또한 현재 제조사도 1개사이다.

2-5. 소비전력 계산

등명기 소비전력 계산시 입력전압(V)은 10[V]를 입력하였으며, 이유는 LED-200 등명기와 250mm 등명기의 최대소비전류가 입력전압 10[V]에서 발생되기 때문이다.

표 2. 등명기별 최대출력전류 통계표

등명기	색상	최대출력전류 [A]			
		A사	B사	C사	평균
LED-200	백색	2.17	1.71	2.09	1.99
	황색	1.44	1.39	2.27	1.70
	홍색	1.98	1.58	2.14	1.90
	녹색	2.11	1.68	2.18	1.99
250mm	무관	3.08			3.08

2-6. 연구 결과

표 3. 하지 일일 소비전력량 산정표

최저부하 산정 (하지)					일일 소비전력량 [Wh/day]			
지역	등명기	색상	사용등질	일일 소비전력량 [Wh/day]				
				A사	B사	C사	평균	
고성군	LED-200	백색	단섬광[F1 4s]	49.64	39.12	47.81	45.52	
			군섬광[F1(2) 6s]	33.09	26.08	31.87	30.35	
			급섬광[Q]	99.28	78.23	95.62	91.04	
		황색	단섬광[F1 4s]	32.94	31.80	51.93	38.89	
			군섬광[F1(2) 6s]	21.96	21.20	34.62	25.93	
			급섬광[Q]	65.88	63.59	103.85	77.78	
	홍색	단섬광[F1 4s]	45.29	36.14	48.95	43.46		
		군섬광[F1(2) 6s]	30.20	24.10	32.64	28.98		
		급섬광[Q]	90.59	72.29	97.91	86.93		
	녹색	단섬광[F1 4s]	48.27	38.43	49.87	45.52		
		군섬광[F1(2) 6s]	32.18	25.62	33.25	30.35		
		급섬광[Q]	96.53	76.86	99.74	91.04		
250mm	무관	단섬광[F1 4s]	80.75			80.75		
		군섬광[F1(2) 6s]	55.83			55.83		
		급섬광[Q]	181.9			181.9		

표 4. 동지 일일 소비전력량 산정표

최고부하 산정 (동지)					일일 소비전력량 [Wh/day]			
지역	등명기	색상	사용등질	일일 소비전력량 [Wh/day]				
				A사	B사	C사	평균	
고성군	LED-200	백색	단섬광[F1 4s]	78.66	61.99	75.76	72.14	
			군섬광[F1(2) 6s]	52.44	41.33	50.51	48.09	
			급섬광[Q]	157.33	123.98	151.53	144.28	
		황색	단섬광[F1 4s]	52.20	50.39	82.29	61.63	
			군섬광[F1(2) 6s]	34.80	33.59	54.86	41.08	
			급섬광[Q]	104.40	100.78	164.58	123.25	
	홍색	단섬광[F1 4s]	71.78	57.28	77.58	68.88		
		군섬광[F1(2) 6s]	47.85	38.18	51.72	45.92		
		급섬광[Q]	143.55	114.55	155.15	137.75		
	녹색	단섬광[F1 4s]	76.49	60.90	79.03	72.14		
		군섬광[F1(2) 6s]	50.99	40.60	52.68	48.09		
		급섬광[Q]	152.98	121.80	158.05	144.28		
250mm	무관	단섬광[F1 4s]	127.96			127.96		
		군섬광[F1(2) 6s]	85.31			85.31		
		급섬광[Q]	288.25			288.25		

3. 결론

본 논문의 연구결과 계절별·지역별·등명기 종류별 최저부하는 하지에 고성군에서 LED-200 황색등명기를 군섬광[F1(2) 6s]로 점등시이며, 최고부하는 동지에 고성군에서 250mm 등명기를 급섬광[Q]로 점등하였을 때이다. 차이는 최저부하가 21.20[Wh/day], 최고부하가 288.25[Wh/day]로 약13.6배로 나타났다. 같은 종류의 LED-200 등명기만을 비교해 보더라도, LED-200 최고부하가 황색등명기를 급섬광[Q]으로 운영시 164.58[wh/day]인 점을 고려해 볼 때, 그 차이는 실로 크다 할 수 있다.

이상 본 논문에서는 두 종류의 등명기만을 대상으로 산정하여 일일 소비전력량을 비교하였으나, 실제로는 더 많은 종류의 등명기들이 사용되고 있으므로, 이 들을 고려한다면, 그 차이는 더욱 클 것으로 보인다. 향후 적절한 용량 산정을 위해 이것들에 대한 조사 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] IALA Guideline, "On a standard method for defining and calculating the load profile of aids navigation", December 1999.
- [2] 국토해양부, "항로표지 업무편람", 2006.