

철도역사 건물 전기용량 분석과 조명부하에 관한 연구

Study on the Railway Station Building's Electrical Capacity Analysis and the Lighting Load

강 옥 구[†] · 장 우 진^{*}
(Og-Goo Kang · Woojin Jang)

Abstract - Energy saving is as important as developments of green energy and alternative energy. The need for development of high-efficiency lighting apparatus further increased. This paper compared with the size of electrical equipment and analyzed the size of electrical capacity for the railway station building. Also discussed energy saving measures that can be achieved by using high-efficacy lighting fixtures, and the percentage of the lighting load capacity of the entire building.

Key Words : Lighting load, High efficacy luminaire, LED, Railway station

1. 서 론

한정된 화석연료의 한계성 속에 전 세계는 에너지 확보에 최선의 노력을 경주하고 있다. 최근 친환경 에너지 개발 및 대체에너지 발굴에 못지않게 중요한 것이 우리의 생활 속에서 기존 에너지 사용량을 감소시킬 수 있는가 온 인류의 큰 관심사라 할 수 있다[1].

최근 고효율 조명기구 개발에 대한 요구가 한층 높아지고 있는 상황에서 조명효율을 25% 향상시키면 약 2500억 kWh의 전력이 절감되고 1억 5천만 톤의 CO₂를 절감할 수 있다. LED 조명장치는 에너지 절감과 친환경 효과로 인해 차세대 조명장치로 각광 받고 있으며 이러한 산업기술의 동향은 고효율 LED 조명시스템을 차세대 고효율 대체 광원으로 인식하고 있다. LED 조명은 반도체 조명(Solid state light, SSL)의 가장 유망한 소재로 이론적으로 입력에너지의 약 43%를 가시광선으로 변화시킨다. 발광효율의 측면에서 볼 때, 가로등의 광원으로 주로 사용하는 고압 나트륨 램프가 35 ~ 65 lm/W이며, 메탈헬라이드 램프가 65 ~ 100 lm/W 인 것을 감안한다면 현재의 고효율 3 W급 LED의 경우 100 ~ 130 lm/W 정도이고, 향후 최대 200 lm/W까지 향상시킬 것으로 기대하고 있다. 한편 LED 조명으로 백색조명을 연속하는 방법에는 UV LED와 RGB 형광체를 이용한 방법,

질화물 청색 LED에 YAG와 같은 단일 형광체를 이용하여 청색광과 YAG 여기광에 의해 백색광을 연출하는 방법 등이 있다. 각각의 적용분야와 제작방식에 따라 장, 단점을 가지고 있으며 UV LED와 RGB 형광체를 이용한 방식은 UV LED의 성능상의 문제로 다른 두 가지 방식이 LED조명장치에 주로 이용되고 있으며, 일반조명과 특수 조명 LED 조명 개발을 위해서는 기초적인 물성 및 전기적·광학적 특성 분석을 정확히 이루어져야 한다.

백색 LED는 표시용 조명에서 최근 들어 일반조명으로 적용되고 있으며, 고효율 백색 LED의 출시와 광효율의 증가는 이를 더욱 가속화 하고 있다[2].

세계 각국 정부는 비효율적인 조명기구의 사용을 금하는 정책을 시행하고 있다. 백열전구는 효율이 낮고 수명도 짧아 경제적으로 매우 비효율적이다. 안정기 내장형 램프는 수은 및 아르곤 가스를 함유하고 있어 환경적 문제점을 내포하고 있으므로 궁극적으로 LED 조명이 기존의 조명을 대체할 것으로 전망된다. 우리나라에서도 2014년부터 백열전구의 생산 및 수입이 전면 금지되며 단계적인 기준 강화와 함께 고효율 조명기구의 전환이 추진되고 있다.

조명 부문의 전력소비는 국가 전체 전력 소비의 17% 이상으로 국가 온실가스 감축목표 달성에 중요한 역할을 할 것으로 기대되므로, 정부에서는 2020년까지 모든 공공시설 및 기관이 LED 조명을 사용하도록 할 계획이며 2015년까지 30%, 2020년까지 60%를 LED조명으로 바꾸겠다는 계획을 가지고 LED 조명의 보급 확대를 위해 관공서 조명과 가로등, 신호등 등을 LED 조명으로 교체하는 사업을 우선 시작하였고, 이를 계속해서 확대 적용해 나아가야 할 방침이다. 또한 LED 조명의 개발과 보급 확대를 위해 다양한 지원정책과 확대방안을 모색 중이다[3,4].

본 논문에서는 LED 조명으로의 교체에 따른 효과를 분석한다. 여러 종류의 건물 중 철도역사 건물을 선정하여 건물에서 사용되는 여러 가지 전력을 조명, 전열, 냉·난방, 승강기 및 기타분야로 정리하여 구분하고 분야별 전력량을 분

[†] Corresponding Author : Dept. of Rail Road Electrical and Signal Engineering, Graduate School of Rail Road Seoul National University of Science and Technology, Korea

E-mail : k-ok-koo@hanmail.net

^{*} Dept. of Electrical and Information Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Korea

접수일자 : 2014년 5월 6일

수정일자 : 2014년 5월 15일

최종완료 : 2014년 5월 19일

석하여 부하별 용량과 전체설비용량에 대한 각 부하군이 차지하는 비율을 계산한다. 그중에서 조명이 차지하는 전력량이 전체 전기설비에 차지하는 비율을 분석하여 기존 램프를 LED 램프로 교체 시 조명부하에 대한 에너지 절감을 통해 전력량과 전력요금의 절감에 대하여 분석하고자 한다.

2. 전체 설비용량에 대한 분석

2.1 건물 개요

본 건물의 개요는 철도 역사 건물의 설계도서를 참조하였다[5].

- 건물용도 : 철도역사
- 층 수 : 지하 1층
지상 4층
- 연 면 적 : 3,482,17 m²
- 구 조 : 철근 콘크리트

2.2 총 설비 부하 구분

본 건물의 설비부하 산정은 설계 도서를 기준으로 시설된 모든 부하용량을 산정하여 조명부하, 전열부하, 냉·난방동력부하, 승강기 동력부하 및 기타 부하로 구분하였다.

2.2.1 부하별 설비용량

총 설비용량은 1,887,382 W이며 부하별로 구분하면 다음과 같다.

- 조명 : 116,569 W
- 전열 : 307,723 W
- 냉·난방동력 : 냉방 : 82,130 W
난방 : 131,306 W
공용 : 337,507 W
계 : 550,943 W
- 승강기 동력 : 448,344 W
- 기타 : 463,803 W

2.2.2 부하별 설비용량의 비율

총 부하설비에서 각 분야 부하설비가 차지하는 비율을 그림 1과 같이 백분율로 정리 하였다.



그림 1 부하별 설비용량비교

Fig. 1 Comparison of capacities of Electrical Facilities at Load Type

2.3 운전 부하 구분

본 건물의 운전 부하 산정은 조명, 전열, 냉·난방, 승강기 및 기타 부하인 총 설비부하에서 계절부하인 냉·난방부하에 대한 설비용량을 하절기와 동절기로 나누어 산정 하였다.

2.3.1 하절기 운전 부하

하절기 운전 부하에서 냉방동력은 순수냉방 부하와 냉·난방 공용부하를 합산 하였다.

표 1 하절기 운전 부하 구분

Table 1 Classification of Operation Load in Summer

구분	조명	전열	냉방동력	승강기동력	기타	계
설비용량 (VA)	116,569	307,723	419,637	448,344	463,803	1,756,076
부하율 (%)	6.7	17.5	23.9	25.5	26.4	100

2.3.2 동절기 운전 부하

동절기 운전부하에서 난방동력은 순수 난방 부하와 냉·난방 공용부하를 합산하였다.

표 2 동절기 운전 부하 구분

Table 2 Classification of Operation Load in Winter

구분	조명	전열	난방동력	승강기동력	기타	계
설비용량 (VA)	116,569	307,723	468,813	448,344	463,803	1,805,252
부하율 (%)	6.5	17	26	24.8	25.7	100

2.3.3 하절기와 동절기 운전부하의 비교

하절기 운전부하와 동절기 운전부하를 비교할 때 전체 운전부하에서는 하절기 운전부하의 설비용량이 1,756,076 VA이며 동절기 운전부하의 설비용량이 1,805,252 VA이므로 동절기 운전부하의 설비용량이 약 2.8% 많은 것을 알 수 있다. 또한 냉방동력과 난방동력을 비교 했을 때 냉방동력이 419,637 VA이며 난방동력이 468,813 VA로 난방동력이 약 11.72% 많다. 전체 운전부하에서 조명부하가 차지하는 비율이 동절기 6.5%, 하절기 6.7%로 하절기가 동절기보다 0.2% 큼을 알 수 있다.

2.4 건물의 기존 광원 사용에 따른 분석

현재 사용하고 있는 건물 조명에 대한 광원의 종류 및 수량과 광원별 소비전력을 산정 후 건물의 각 실별 대비전력에 근무시간을 적용한 부하의 합산을 통해 일 부하 및 년 조명 부하를 산정하여 전체 조명부하에 대한 용량을 분석하였다.

2.4.1 전체 조명 설비 광원 분류에 따른 부하

건물 조명에 사용된 광원을 종류별로 구분하여 조명 부하 용량을 정리하였다.

표 3 조명 설비의 광원 종류별 부하

Table 3 Capacity of Lighting Load at Light Sources

광원종류	구 분	부하 (VA)	소계 (VA)	합계 (VA)
LED	LED	24,854	24,854	116,569
F/L	F/L	42,255	50,912	
	FPL	8,537		
	EL	120		
무전극	무전극	40,803	40,803	

2.4.2 일 조명 부하 산정

일 조명 부하 산정은 건물의 각 실별에 따른 1일 사용시간을 적용하여 부하를 산정한 후 지상층, 지하층, 옥외를 구분하여 사용전력량을 합산하였다. 또한 지상층, 지하층, 옥외부분의 각각에 일 사용전력량을 지상층, 지하층, 옥외부분의 설비용량으로 나누어 평균사용량을 산정하였다.

표 4 기존 광원에 대한 일 조명 부하 산정

Table 4 Calculation of Daily Lighting Load in Existing Light Source

층	설비용량 (VA)	평균 사용시간 (h)	일 전력량 (Wh)
지상 층	58,818	12.8	752,589
지하 층	5,770	8.8	50,776
옥 외	51,981	20	1,039,620
계	116,569	15.8	1,842,985

2.4.3 연 조명 부하 산정

연 조명 부하 산정은 일 사용량 기준으로 하여 365일 사용하는 전력량을 산정하였다.

연 총 사용전력량 (Wh)은

$$1일 사용량 (Wh) \times 365일$$

= 1,842,985 × 365 = 672,689,525 (Wh)이므로 연 총사용 전력량은 672,689.5 (kWh)로 정리한다.

3. 기존 광원을 LED로 교체 사용에 따른 분석

역사건물의 옥내 및 옥외의 기존 광원을 LED 광원으로 교체하되 기존 광원과 동등 또는 그 이상의 조명 환경을 유

표 5 기존 램프 대체용 LED 등기구 [6]

Table 5 LED Luminaire for replacing Existing Lamp [6]

기존램프		LED등기구	
종 류	용 량 (W)	종 류	용 량 (W)
F/L	28/1	평판	25
	28/2	평판	50
FPL	26/2	평판	40
	36/2	평판	50
무전극	85	다운라이트	65
	165	다운라이트	100
EL	30	다운라이트	15

지할 수 있는 LED 광원의 용량을 산정하여 적용하였다.

3.1 대체 램프 선정

본 건물의 기존 램프를 대체하는 LED 등기구는 등기구에서 나오는 총 광속을 기준으로 하되 LED기구 총 광속이 기존 등기구의 광속에 동등이상 되도록 선정하였으며 선정된 결과는 표 5와 같다. 본 형광램프의 광속에서 등기구 효율은 70%를 적용하였다.

3.2 LED 광원으로 교체 후 조명 부하 절전 효과

기존 조명 부하의 설비용량과 LED 광원 교체 후 조명부하 설비 용량을 비교하여 소비전력을 분석한 결과로는 기존 조명부하의 소비전력은 116,569 W이었으며 기존램프를 LED 광원으로 교체 후 조명부하는 83,297 W이다.

LED 광원 교체 후 33,272 W의 소비전력이 절약되어 28.5%의 절전 효과가 있었다.

3.2.1 일 조명 부하 산정

LED 광원으로 교체 후 일 조명 부하 산정은 건물의 각 실별에 따른 1일 사용시간을 적용하여 산정하였다.

평균사용시간은 기존광원 사용 시 평균사용 시간 산정방식과 동일하게 적용하였다.

표 6 일 조명 부하 산정

Table 6 Calculation of Daily Lighting Load in LED Luminaire

층	설비용량 (VA)	평균 사용시간 (h)	일 전력량 (Wh)
지상 층	43,337	12.9	559,047
지하 층	4,240	8.6	36,464
옥 외	35,720	20	714,400
계	83,297	15.7	1,309,911

3.2.2 연 조명 부하 산정

연 조명 부하 산정은 일 사용량 기준으로 하여 365일 사용하는 전력량을 산정하였다.

연간 총 사용전력량 (Wh)은 1일 사용량 (Wh) × 365일, 즉 1,309,911 × 365 = 478,117,515 (Wh)이므로 연간 총 사용 전력량은 478,117.5 (kWh)로 정리한다.

3.3 조명 부하의 절전에 따른 연간 경제성 분석

본 건물은 산업용 전력(을)에 해당되며 전력요금적용은 계절별 (여름철, 봄·가을철, 겨울철)로 구분하여 적용하였다. 또한 일반 전력 중에서도 수전전압이 22.9 kV-Y이므로 고압 A 에 해당되고 선택Ⅱ를 적용하였다. 단, kWh당 적용 단가는 중간 부하시간대로 적용하였다.

3.3.1 계절 요금 적용기간 산정

1년 동안 계절별 전력요금이 적용되는 기간을 산정하였다.

표 7 계절별 전력 요금표 (산업용 전력(을)) [7]
Table 7 List of Seasonal Electric Rates(Industrial Power)[7]

구 분	전력량 요금(kWh당)		
	여름철	봄·가을철	겨울철
고압A (선택Ⅱ, 원)	106.9	77.1	105.1
기간(월)	7~8	3~6, 9~10	11~익년 2
적용 횟수	2	6	4
연간 전기사용기간	1/6	1/2	1/3

3.3.2 전력요금 계산 시 고려사항

기본 전기요금은 램프 교체전이나 램프 교체 후 에도 변동사항이 없으므로 전기요금 계산에 반영하지 않고 기존 전기요금과 개선 시 전기요금에 대한 경제성 분석만 하였다.

3.3.3 계절별 전력요금 계산 방식

계절별 전력 요금 계산은 연간 소비전력에 표 8의 계절별 연 전기 사용기간과 kWh당 전력요금을 적용하였다.
 · 계절별 전력요금= 연간 소비전력 (kWh) × 계절에 따른 연 전기 사용기간 × kWh당 계절별 전력요금

3.3.4 기존조명설비에 대한 전력요금 계산

- 연간 소비전력 = 672,989.5 kWh
- 계절별 전력요금

여름철 : 106.9 원/kWh
 봄·가을철 : 77.1 원/kWh
 겨울철 : 105.1 원/kWh

- 연 전력 사용 기간

여름철($\frac{1}{6}$ 년)+봄·가을철($\frac{1}{2}$ 년)+겨울철($\frac{1}{3}$ 년) = 1년

(1)여름철 전력요금 : $672,689.5 \text{ (kWh/년)} \times (\frac{1}{6} \text{년}) \times 106.9 \text{ (원/kWh)} = 11,985,084 \text{ (원)}$

(2)봄·가을철 전력요금 : $672,689.5 \text{ (kWh/년)} \times (\frac{1}{2} \text{년}) \times 77.1 \text{ (원/kWh)} = 25,932,180 \text{ (원)}$

(3)겨울철 전력요금 : $672,689.5 \text{ (kWh/년)} \times (\frac{1}{3} \text{년}) \times 105.1 \text{ (원/kWh)} = 23,566,555 \text{ (원)}$

(4)기존 조명설비에 대한 연간 전력요금
 (여름철+봄·가을철전력요금+겨울철전력요금)
 $11,985,084 + 25,932,180 + 23,566,555 = 61,483,819 \text{ (원)}$

3.3.5 개선 조명설비에 대한 전력요금 계산

계절별 전력요금과 연 전기 사용기간은 기존 조명설비와 동일하게 적용 하였다.

연간 소비전력 : 478,117.5 (kWh)

(1)여름철 전력요금 : $478,117.5 \text{ (kWh/년)} \times (\frac{1}{6} \text{년}) \times 106.9 \text{ (원/kWh)} = 8,518,460 \text{ (원)}$

(2)봄·가을철 전력요금 : $478,117.5 \text{ (kWh/년)} \times (\frac{1}{2} \text{년}) \times 77.1 \text{ (원/kWh)} = 18,431,429 \text{ (원)}$

(3)겨울철 전력요금 : $478,117.5 \text{ (kWh/년)} \times (\frac{1}{3} \text{년}) \times 105.1 \text{ (원/kWh)} = 16,750,049 \text{ (원)}$

(4)개선 조명설비에 대한 연간 전력요금
 (여름철+봄·가을철전력요금+겨울철전력요금)
 $8,518,460 + 18,431,429 + 16,750,049 = 43,699,938 \text{ (원)}$

3.3.6 연간 전력요금 절감

기존조명 사용 시 연간 전력요금은 61,483,819 원이었다. 기존조명을 LED 조명으로 교체할 경우 조명부하설비 용량 감소에 따른 연간 전력요금은 43,699,938 원으로 17,783,881 원이 연간 전력요금에서 절감되어 28.9%의 연간 전력요금 절감률을 가져왔다.

4. 결 론

본 논문에서는 LED 조명으로의 교체에 따른 효과를 분석하기 위하여 철도역사 건물에 대한 전력 시설물의 분야별 전기설비용량을 분석하였다. 분야별 전기설비용량은 조명 116,569 W, 전열 307,723 W, 냉·난방동력 550,943 W, 승강기동력 448,344 W, 기타 463,803 W로 총 설비용량은 1,887,382 W 이다. 전기설비용량에 따른 분야별 비율을 보면 조명 6.2%, 전열 16.3%, 냉·난방 29.2%, 승강기 동력 23.7%, 기타 24.6%이다. 봄과 가을의 부하는 냉·난방 부하가 적용되지 않으므로 하절기와 동절기 부하만 산정하였다. 또한 조명이 차지하는 소비전력은 전체 용량의 6.7% (하절기 운전 부하 기준)와 6.5% (동절기 운전 부하 기준) 이었다.

기존 광원에 대한 대체 광원으로 소비전력이 적은 LED 광원을 선정하였으며, 기존 조명을 LED 광원으로 교체 할 경우에 조명 부하설비 용량이 28.5% 절감 되었으며 연간 소비전력은 478,117.5 kWh이므로 연간 전력요금이 17,783,881 원 절약되어 개선 전에 비해 28.9%의 절감 효과를 확인 할 수 있었다. 그러므로 본 건물의 조명에 따른 LED 램프로 교체 시 소비전력과 전기요금의 절감에 따른 경제적 효과가 크다는 것을 알 수 있다.

References

[1] Og-goo Kang, and Woojin Jang, "Study on the police station building's Electrical capacity analysis and the lighting load", KIEE Autumn Annual conference, pp.9~11, 2012.

[2] Byeong-Ho Jeong, Nam-Oh Kim, Deog-Goo Kim, Geum-Gon Oh, Geum-Bae Cho, and Kang-Yeon Lee, "Analysis of Property for White and RGB Multichip LED Luminaire" Journal of KIEE, Vol. 23, No. 12, pp. 23~30, 2009

[3] Won-Kuk Son, "LED lighting industry Status and Prospects", The Proceedings of the Korean Institute

of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 24, No. 1, pp.5~13, 2010. 1.

- [4] Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning, *2013-2014 Energy Technology Domestic Market Outlook*, 2013. 12
- [5] Hanual engineering Corporation, "Electric capacity account", Electric design for the railway station building, (7), 2009.
- [6] Sekwang Eneritech Corporation, "QL Lamp", New product, 2012.
- [7] KEPCO, "Industrial power(B)", Power rate, 2013.

저 자 소 개



강 옥 구 (姜 玉 求)

1957년 8월 10일생. 2003년 서울과학기술대학교 전기공학과 졸업. 2005년 한양대학교 공학대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 박사과정. 1993년~현재 (주)하예성엔지니어링 대표이사.



장 우 진 (張 禹 鎭)

1956년 5월 13일생. 1979년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸(공학사). 1981년 동 대학원 전기공학과 졸(공학석사). 1989년 동대학원 박사과정 졸(공학박사). 현 서울과학기술대학교 전기정보공학과 교수