

암순응을 고려한 겸용형 비상조명등에 관한 연구

(A Study on the Convertible Emergency Lighting Fixture in Consideration of Dark Adaptation)

염성배* · 윤철구 · 이정은 · 신혜영 · 송영주**

(Sung-Bae Yum · Cheol-Gu Yoon · Jung-Eun Lee · Hye-Young Shin · Young-Joo Song)

Abstract

When an emergency light turns on due to a blackout, the intensity of illumination is drastically changed from hundreds [lx] to 1.0[lx]. This sharp change of illumination intensity not only lowers the darkness adaptation of the eye, it also degrades the obstacle cognitive ability of the evacuees, resulting in secondary critical accidents due to anxiety, and fear. Thus, this study proposed a convertible emergency lighting fixture that controls the rate of speed of light in two stages by time with darkness adaptation of the eye in consideration. In addition, the effect of such emergency light is verified by suggesting an illumination simulation without increasing the number of light or capacity of battery to make it economically feasible.

Key Words : Dark Adaptation, Emergency Lighting Fixture

1. 서 론

비상조명등은 화재 또는 기타 재난으로 인한 정전시에 안전하고 신속하게 대피할 수 있도록 즉시 점등되어야 하며, 비상조명등의 화재안전기준 NFSC 304에 「비상조명등의 조도는 비상조명등이 설치된 장소의 각 부분의 바닥에서 1[lx] 이상이 되도록 하고, 대피시간을 확보하기 위해 비상조명등을 20분 이상 또는

60분 이상 유효하게 작동시킬 수 있는 구조이어야 한다.」라고 명시되어 있다[1]. 그러므로 수많은 사람이 이용하는 지하철 역사공간과 같은 다중 이용시설에는 불특정 다수인이 출입할 뿐만 아니라 피난경로가 길기 때문에 대피에 필요한 비상조도 및 유지시간을 충분히 확보되는 비상조명 시스템이 채용되어야 한다.

일반적인 다중이용시설 건축물의 통상적인 조도기준은 보통 수 백 [lx]의 밝기를 유지하고 있고, 수 백 [lx]의 상태에서 비상시에 순간적으로 1[lx]로 급격히 시야내의 조도가 변하게 된다. 이러한 급격한 조도변화는 눈의 암순응 시간을 증가시키고 대피자의 장애물 인식능력과 시력의 저하를 일으켜 순간적인 어둠으로 인한 불안감과 공포를 증가시킬 수 있으므로 2차 재난으로 이어질 수가 있다[2]. 특히 고령자의 시인식 기능은 청장년에 비하여 떨어지므로

* 주저자 : 홍익대학교 바이오 화학공학과 교수

** 교신저자 : 동신대학교 소방행정학과 교수

Tel : 041-860-2610, Fax : 041-863-7605

E-mail : sungbae@hongik.ac.kr

접수일자 : 2010년 6월 30일

1차심사 : 2010년 7월 25일, 2차심사 : 2010년 10월 31일

3차심사 : 2010년 12월 8일

심사완료 : 2011년 2월 21일

로 그 위험을 더욱 증대 시킬 수 있는 문제점이 있다.

이와 같은 문제점을 해결하기 위해 소방법 기준보다 많은 양의 비상조명등을 설치하거나 비상조명등의 축전지 용량을 증가시켜 광속비율을 높여서 설치하여 비상시 조도를 높여주는 방법이 있다. 하지만 이는 설치비용이 증가하는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 비상조명등의 수와 축전지 용량을 증가시키지 않고 비상시 다단으로 광출력을 제어함으로써 암순응 시간을 단축시키고 대피의 효율을 높일 수 있는 겸용형 비상조명등을 제안하였다.

2. 본 론

2.1 암순응을 고려한 겸용형 비상조명등

2.1.1 겸용형 비상조명등의 구조

암순응을 고려한 겸용형 비상조명등은 비상상황발생으로 인한 정전시 축전지의 부담을 줄이면서 비상등의 광속비율이 초기에는 정상상태의 100% 광출력으로 동작하여 일정시간동안 유지하고 그 후 시간대별로 다단으로 광출력이 경감되는 성능을 가지는 것으로 구성되는 그림 1과 같다.

교류 상용전원에 연결되어 형광램프를 구동시키는 안정기와 교류 상용전원을 직류전원으로 변환하는 정류부, 정류부에 연결되어 직류전원을 저장하는 축전지, 그리고 정전시 축전지 전원으로 형광램프를 구동시키는 직류안정기로 구성되는 것은 일반적으로 사용되는 것과 동일하다.

정전시 축전지 전원을 공급받아 각각으로 초기 제정된 소정시간 간격의 제어신호를 출력하는 마이컴과 이 마이컴의 복수 출력단에서 발생하는 제어신호로 동작되는 다수의 릴레이가 구비되고 릴레이가 동작될 때 다단으로 램프의 광출력을 경감시키는 조도 설정부를 포함하여 구성된다.

조도 설정부는 광출력을 단계별로 경감시키도록 직류안정기의 출력단과 램프 사이에 Capacitor가 병렬로 연결되어 3개의 릴레이가 지정된 시간으로 여자되면 각각의 Capacitor의 정전용량이 증가하면서 다단으로 광출력을 경감시키도록 구성하였다.

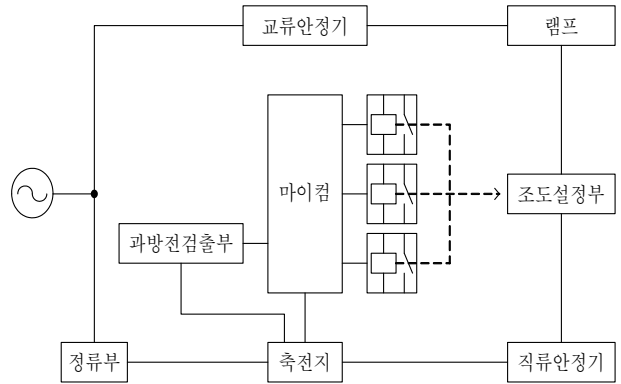


그림 1. 암순응을 고려한 겸용형 비상조명등의 구성도
Fig. 1. Diagram of Convertible Emergency lighting fixture in consideration of Darkness Adaptation

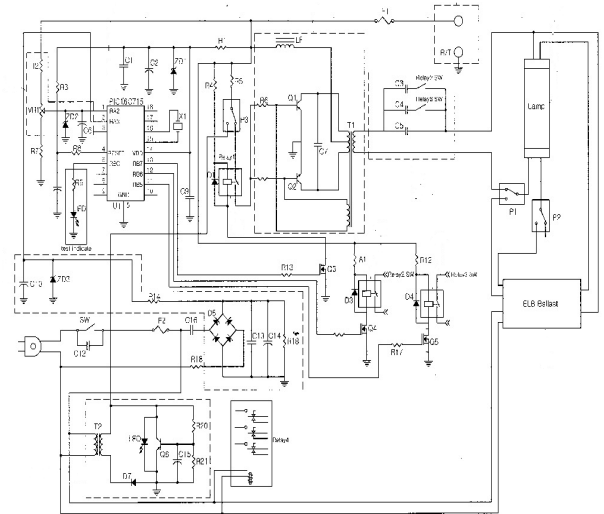


그림 2. 암순응을 고려한 겸용형 비상조명등의 회로도
Fig. 2. Circuit Diagram of Convertible Emergency Lighting fixture in consideration of Darkness Adaptation

2.1.2 축전지 설계

겸용형 비상조명등에 채용되는 축전지로는 일반적으로 니켈·카드뮴 전지나 리튬이온 전지를 사용한다. 이는 소형이면서 효율이 높은 것이 가장 큰 이유이다. 리튬이온 전지의 경우 폭발의 위험성이 있어 비상조명등용 전원으로 적용하는데 어려움이 있으므로 니켈·카드뮴 전지가 가장 많이 사용된다.

축전지로 동작될 때 직류전원을 고주파로 스위칭 시

키는 직류안정기에 의해 램프를 점등시키는데 이때 직류안정기의 전력소모량이 많아 램프를 장시간 점등시키기 위해서는 큰 용량의 축전지가 필요하다.

하지만 비상등내에 축전지를 설치할 수 있는 공간이 한정되므로 축전지 용량을 무한정 늘리는 데에는 한계가 있고 용량증가에 따른 경제적인 측면도 무시할 수 없다. 그러므로 축전지는 여유율이 가장 높고 제 성능을 만족하면서 구입의 편리성, 경제성, 보편성에서 우수한 셀을 적용해야 한다. 따라서 표 1과 같이 안전성, 용량, 여유율 등을 고려해 3번 축전지를 선정하였다.

표 1. 축전지 특성
Table 1. The characteristic of the battery

항 목	1	2	3
축전지 종류	니켈-카드뮴	니켈-카드뮴	니켈-카드뮴
축전지 용량	2000[mA]	1800[mA]	1800[mA]
셀	12[셀]	12[셀]	14[셀]
정격전압	14.4[V]	14.4[V]	16.8[V]
요구전력	20.7[W]	20.7[W]	20.7[W]
요구전류	$20.7 \div 14.4 = 1,438$ [mA]	$20.7 \div 14.4 = 1,438$ [mA]	$20.7 \div 16.8 = 1,232$ [mA]
여유전류	$2000 - 1438 = 562$ [mA]	$1800 - 1438 = 362$ [mA]	$1800 - 1232 = 568$ [mA]
여유율	39.1[%]	25.2[%]	46.1[%]

표 1에서 요구전력은 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{요구전력[W]} &= \text{램프전력[W]} \times \text{광속비율[%]} \\ &+ \text{DC안정기손실[W]} \\ &= 32[W] \times 60[\%] + 1.5[W] = 20.7[W] \quad (1) \end{aligned}$$

2.1.3 비상시 광출력 설계

비상조명등의 광출력은 「비상조명등의 형식승인 및 검정기술기준 제 14조」에 따라 비상시 정상광속 값의

36[%]이상이어야 하고, NFSC 304에 따라 최대 60[분] 동안 유지해야 한다[1,3]. 현재 비상조명등의 경우 60분 후에 50[%]이상의 출력을 유지하도록 설계하고 있다. 그러나 초기 광속을 50[%]로 설계할 경우 축전지의 특성상 초기광속을 지속적으로 유지하지 못하고 감소하는 현상 때문에 방전 말기의 광속이 감소하여 50[%]이하가 되므로 초기 광속비율을 70[%]로 설계한다.

본 논문에서 제안한 암순응을 고려한 겸용형 비상조명등은 단계별 광속 감소 제어방식으로 시간에 따라 2단계로 제어된다. 1단계는 20[분]동안 정상광속의 100[%]로 유지하고, 2단계는 1단계 이후 40[분]동안 정상광속의 50[%]이상으로 유지하는 방식이다.

암순응을 고려한 겸용형 비상조명등은 기존방식에 비해 비상발생 초기의 밝기를 높여 시야내의 급격한 조도감소로 인한 공포감 해소 및 암순응 시간을 단축하여 장애물의 인식을 도와주고 대피의 효율성을 높임으로써 더 큰 피해를 예방할 수 있다. 그림 3은 비상조명등의 기존의 제어방식과 2단계 제어방식의 차이를 나타내었다.

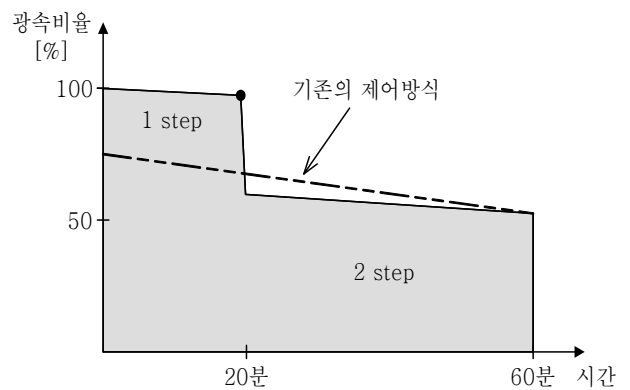


그림 3. 비상조명등의 기존 제어방식과 2단계 제어방식의 광출력 비교 그래프

Fig. 3. Light Output Comparison Graph of Emergency Light between Existing Control System and Two-stage Control System

2.2 비상조명등 설치시 조도 시뮬레이션

조도 시뮬레이션은 실제 겸용형 비상등기구를 시설

한 지하철도 승강장을 상용시와 비상시로 구분하여 실행하였다. 현장조건은 길이 125[m], 폭 2.4[m], 높이 3[m]의 승강장에 FL 32[W] 2등용 형광등 매입등 63 [세트]와 암순응이 고려된 검용형 비상조명등을 7[세트]포함한 총 70[세트]를 설치하였다.

LMT GOV -1900 프로그램을 이용하여 비상시 비상조명등 7[세트]가 FL 32[W] * 1 등만 축전지에 의해 동작하도록 하는 조건으로 비상시 조도를 시뮬레이션 하였다.

2.2.1 적용 등기구

적용 등기구는 슬림매입 개방형(비상등)으로 그림 4와 같다.

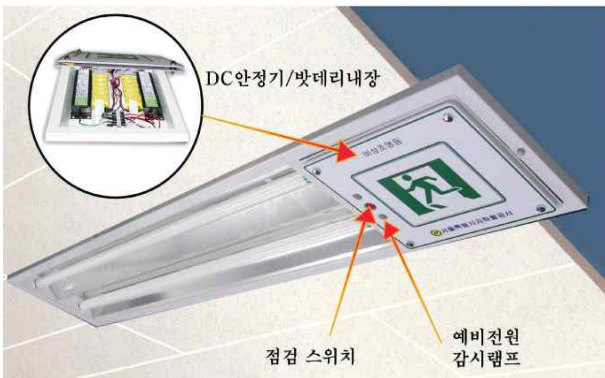


그림 4. 슬림매입 개방형 비상 등기구
Fig. 4. Slim recessed emergency Luminaire

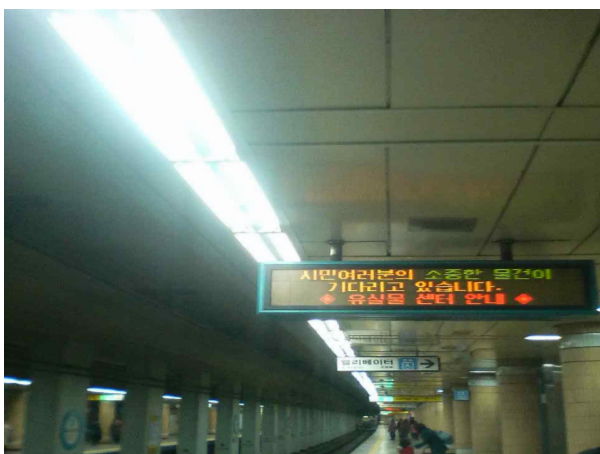


그림 5. 실제 적용사례
Fig. 5. A case of installation

2.2.2 시뮬레이션 공통적용 조건

표 2. 시뮬레이션 공통적용 조건
Table 2. Condition for Common Application of Simulation

Room length	125.00[m]
Room width	2.40[m]
Room height	3.00[m]
Height of working plane	0.00[m]
Maintenance factor	0.70
reflectance(ceiling)	70[%]
reflectance(wall)	30[%]
reflectance(work)	10[%]
Flux correction fact	1.00
Conversion factor	1.00
reflectance(wall west)	30[%]
reflectance(wall north)	30[%]
reflectance(wall east)	30[%]
reflectance(wall south)	30[%]

2.2.3 상용전원에 의한 조도 시뮬레이션

평상시(FL 32[W] * 2) 총 70[세트]를 적용하여 상용전원에 의한 조도 시뮬레이션을 하고 조도 분포도를 그림 6에 나타내었다.

평균조도 422[lx], 최소조도 280[lx], 최대조도 454 [lx]로 그 결과를 표 3에 나타내었다.

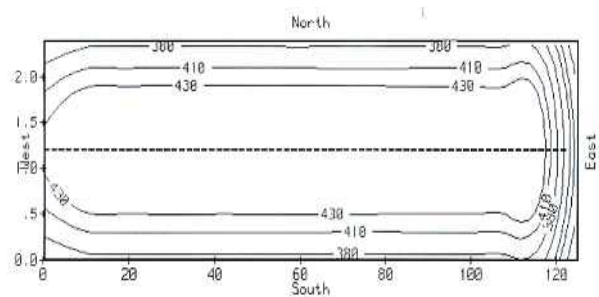


그림 6. 상용전원에 의한 조도 분포도
Fig. 6. Illumination Distribution Chart by Commercial Power

표 3. 상용전원에 의한 시뮬레이션 결과
Table 3. Simulation Result by Commercial Power

Mean illuminance[E _m]	422[lx]
Minimum illuminance[E _{min}]	280[lx]
Maximum illuminance[E _{max}]	454[lx]
Uniformity u1[E _{min} /E _m]	1 : 1.5 (0.66)
Uniformity u2[E _{min} /E _{max}]	1 : 1.6 (0.62)
Total lamp flux	392,000[lm]
Total lamp flux fer area unit	1,307[lm/m ²]
Utilance	46[%]
Total electrical power	4,480[W]
Total electrical power per unit	16.9[W/m ²]

2.2.4 비상전원 동작시 초기상태 조도 시뮬레이션 (1단계)

비상시(FL 32[W]*1) - 7[세트], 초기상태 100[%]인 상태에서 시뮬레이션을 하고 조도 분포도를 그림 7에 나타내었다.

평균조도 15[lx], 최소조도 6[lx], 최대조도 50[lx]로 그 결과를 표 4에 나타내었다.

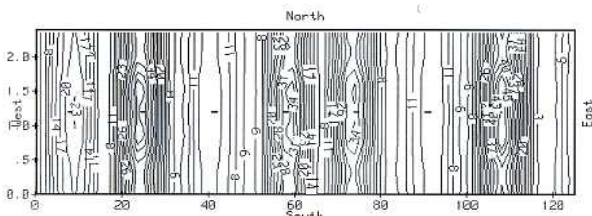


그림 7. 1단계 조도 분포도
Fig. 7. Illumination Distribution Chart of First Stage

표 4. 1단계 조도 시뮬레이션 결과
Table 4. Simulation Result of First Stage
Illumination Intensity

Mean illuminance[E _m]	15[lx]
Minimum illuminance[E _{min}]	6[lx]
Maximum illuminance[E _{max}]	50[lx]
Uniformity u1[E _{min} /E _m]	1 : 2.5 (0.4)
Uniformity u2[E _{min} /E _{max}]	1 : 8.3 (0.12)
Lamp flux	19,600[lm]
Utilance	34[%]

2.2.5 비상전원 동작시 정전 60[분] 경과 후 조도 시뮬레이션

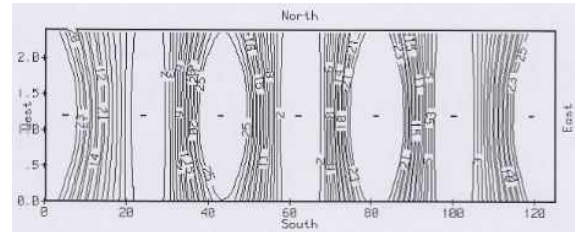


그림 8. 2단계 조도 분포도
Fig. 8. Illumination Distribution Chart of Second Stage

비상시(FL 32[W]*1) - 7[세트]로 정전 60[분] 경과 후 광출력을 60[%]로 감소시킨 상태에서 시뮬레이션을 하고 조도 분포도를 그림 8에 나타내었다.

평균조도 9[lx], 최소조도 3[lx], 최대조도 21[lx]로 그 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5. 2단계 조도 시뮬레이션 결과
Table 5. Simulation Result of Second Stage
Illumination Intensity

Mean illuminance[E _m]	9[lx]
Minimum illuminance[E _{min}]	3[lx]
Maximum illuminance[E _{max}]	21[lx]
Uniformity u1[E _{min} /E _m]	1 : 2.5 (0.39)
Uniformity u2[E _{min} /E _{max}]	1 : 6.2 (0.16)
Lamp flux	11760[lm]
Utilance	10[%]

4. 결 론

화재 또는 기타 재난으로 인해 정전 발생시 안전하고 원활한 피난활동을 할 수 있도록 설치하는 비상조명등은 비상발생 초기 대피에 필요한 비상조도를 일정시간동안 충분히 확보하여 재해시 대피자의 심리적 안정감과 시인성 향상으로 대피효율을 극대화시킬 수 있는 조명이 필요하다. 또한 급격한 조도감소로 인한 심리적 공포와 장애물을 식별하기 위한 순응 시간을

고려하면 평상시 상용조명과 비상조명과 밝기(조도) 차이를 줄이는 것이 좋다. 따라서 본 논문에서는 암순응을 고려된 겸용형 비상조명등을 제안하였다.

일반적으로 건축물의 실내에서 비상시 최저조도가 상용조명의 평균조도의 1/100 이상(최저 1lx)이 되는 것이 필요하다[4-5]. 조도 시뮬레이션 결과를 분석해 보면 통상 상용전원의 조명하에 실내 평균조도가 422lx이고, 암순응이 고려된 겸용형 비상조명등으로 절체된 비상 조명의 발생초기에는 실내면의 평균조도는 15lx이다. 이는 규정해 놓은 비상시 최저조도가 상용조명의 평균조도의 1/100 ($422 \times 1/100 = 4.22lx$)을 초과하고 평균 15lx 이상의 밝기를 유지하므로 기준조건을 만족시켰다.

제안한 겸용형 비상등기구를 사용할 경우 1단계에서 2단계로 변화할 때 광속비율이 15lx에서 9lx로 변화해 한 번의 암순응을 더 겪게 된다. 그러나 그 변화가 6lx로 암순응 시간이 짧을 것으로 생각되고, 20분이 지난 기존 등기구에 의한 조도와 비교할 경우 비슷한 9lx로 유지되므로 시야 확보에 동일한 성능을 가진다.

따라서 제안된 시스템은 동일 용량의 축전지설비로 비상시 정해진 시간동안 피난유도의 효율을 높일 수 있게 광출력을 단계별로 경감시켜 동작하는 비상조명 시스템으로 적용시 암순응의 시간을 단축시킴으로 대피자의 대피효율을 높이고 2차 피해를 예방할 수 있다.

본 연구는 2010학년도 홍익대학교 교내 연구비로 수행되었음.

References

- [1] 비상조명등의 화재안전기준 NFSC 304.
- [2] 최신 알기쉬운 명시론 pp. 47 - 50, (사) 일본조명학회.
- [3] 비상조명등의 형식승인 및 검정기술기준.
- [4] 조명전문강좌 텍스트 pp. 1-4~1-7 , 12-1~12-8, (사) 일본 조명학회.
- [5] JOURNAL OF THE ILLUMINATING ENGINEERING INSTITUTE OF JAPAN VOL.90 NO4 2006 pp. 203 - 207: 특집 Future of Disaster Prevention and Emergency Lighting 조명학회.

◆ 저자소개 ◆



염성배(廉聖培)

1947년 2월 3일생. 1974년 서울대학교 화학공학과 졸업. 1977년 동 대학원 공업화학학과 졸업(석사). 1988년 동 대학원 화학공학과 졸업(박사). 1977~1989년 2월 홍익공업전문대학 교수. 1989년 3월~현재 홍익대학교 교수.



윤철구(尹喆九)

1960년 7월 7일생. 2002년 한양대학교 공학대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 홍익대학교 대학원 전기공학과 박사과정.



이정은(李政垠)

1983년 5월 7일생. 2008년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.



신혜영(申惠英)

1983년 4월 4일생. 2008년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.



송영주(宋榮柱)

1970년 11월 21일생. 1993년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 동신대학교 교수.