

LED 조명 플리커: IEEE PAR1789 권장 지침

김 만고, 정영석, 김 남호
부경대학교

LED Lighting Flicker: IEEE PAR1789 Recommended Practice

Marn-Go Kim, Young-Seok Jung, and Nam-Ho Kim
Pukyong National University

ABSTRACT

본 논문에서는 최근에 관심이 집중되고 있는 LED 조명 플리커의 건강에 대한 잠재적인 영향을 설명하고 IEEE PAR1789 committee에서 권장하는 실무 지침에 대하여 설명한다.

1. 용어 설명

플리커(Flicker): 빛의 밝기에서 시간에 따른 반복적인 빠른 변화.

% 플리커(Flicker percentage): 주기적인 밝기의 변화에 대한 측정값으로 시간에 따른 최대 밝기 (L_{max})와 최소 밝기 (L_{min})에 대하여 다음식으로 나타낸다.

$$\% \text{ 플리커} = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

가시적인 플리커(Visible flicker): 인간 관측자에 의해 의식적으로 인식 가능한 플리커로 3~70 Hz 주파수로 동작하는 주파수의 플리커가 여기에 속한다.

비가시적인 또는 인식 불가능한 플리커(Invisible or Imperceptible flicker): 인간 관측자에 의해 의식적으로 인식할 수 없는 플리커로 100 Hz 이상의 주파수로 동작하는 플리커가 여기에 속한다.

2. 서론

본 논문은 성장하고 있는 LED 조명 기술에서 플리커의 생물학적인 영향을 고찰하는 IEEE 표준 PAR1789에 서술된 보고서를 요약하였다. 보고서는 가시적인 플리커뿐 아니라 비가시적인 플리커가 인간 건강에 미치는 영향에 대하여 기술하여 LED 조명 설계에 대한 암시와 관심을 이끌어 내고자 한다. 특히, 독자들에게 알리고자하는 내용은 다음과 같다.

- 3~70 Hz의 가시적인 주파수 범위의 플리커로 인한 인식의 위험성,
- ~165 Hz 이하의 비가시적인 주파수 범위의 플리커로 인한 인간 생물학적인 영향,
- 가시적인 플리커와 비가시적인 플리커의 차이점 및 인간 건강에 대한 관련성.

3. 플리커

플리커의 건강에 대한 영향은 수초 동안의 노출로 인한 간질 발작(Epileptic seizure)과 같은 즉각적인 결과와 불안감(Malaise), 두통(Headache) 및 손상된 시각 능력 등의 장기간의 노출로 인한 불명확한 결과들로 분류할 수 있다. 전자는 3 Hz ~ 70 Hz 주파수 범위의 가시적인 플리커와 연관이 있고 후자는 70 Hz 이상의 비가시적이거나 인식 가능한 주파수의 플리커와 관련되어 있다. 인간에 대한 생물학적인 영향은 플리커 주파수, 변조 깊이, 밝기, 조명 응용, 및 가타 사항들의 함수이다.

A. 광감수성 간질(Photosensitive epilepsy)

4000 명 중 약 1명이 광감수성 간질을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 반복적인 섬광 불빛과 정적인 반복적인 기하학적인 패턴이 광감수성 간질 소유자의 발작을 일으킬 수 있고, 진단받지 않았거나 자신도 모르는 많은 수의 인간이 위험에 처해 있을 수 있다. 발작은 의식, 몸의 움직임 또는 감각에 영향을 주는 두뇌 세포의 과도기적인 동기화된 행동을 반영한다. 광감수성 간질의 시작은 사춘기의 시기에 발생하고, 7~20 세의 나이에 있어서 일반 인구에 비해 5배나 흔하다. 환자의 3/4은 평생동안 광에 민감하다. 발작에 미치는 여러 가지 요소는 다음과 같다.

-섬광 주파수(Flash frequency) : 3 Hz ~ 70 Hz 주파수 범위에서 시각적인 자극의 반복적인 변화는 잠재적으로 위험하다. 15 Hz ~ 20 Hz 주파수 범위에서 발작의 가능성이 가장 크다.

-밝기(Bright): 밝은 빛보다 어두운 빛이 덜 위험하다.

-밝기의 차이(Contrast): 밝기의 차이가 클수록 더 위험하다. 10 % 이상의 밝기 차이는 잠재적으로 위험하다.

-빛의 파장(Wavelength of the light): 붉은 빛은 푸른 빛보다 더 위험하다. 붉은 빛과 푸른 빛의 교류 섬광은 특히 위험하다.

-자극이 일어나는 망막의 위치: 망막의 주변부가 플리커를 더 잘 인지하지만, 망막의 중앙에서의 인식되지 않은 플리커의 영향은 두뇌의 시각 피질(Visual cortex)의 더 큰 면적에 전달되기 때문에 더 위험하다. 따라서 섬광이 일어났을 때, 눈을 감는 것은 위험하고 손바닥으로 눈을 가리는게 필요하다.

-눈의 상태: 눈이 닫혀 있을 때 밝은 플리커는 더 위험한데, 부분적인 이유는 망막의 전체가 자극을 받기 때문이다. 대부분의 환자에 있어서 플리커 빛의 영향은 눈을 손바닥으로 가림으로써 빛이 망막에 도달하는 것을 방지하면 크게 줄일 수 있다.

B. 감지할 수 없는 플리커(Imperceptible flicker)

전 세계적으로 사용되는 교류 전원 주파수는 지역에 따라 미국에서는 60 Hz 유럽에서는 50 Hz를 사용하고 있다. 정상적으로 동작하는 자자식 안정기를 갖는 형광등은 공급 전원의 2 배 주파수인 100~120Hz 로 광을 낸다. 정상적으로 동작할 때 플리커 주파수는 감지할 수 없지만 고장이 날 경우 전류가 한 방향으로만 흘러 70 Hz 이하의 플리커를 발생시켜 위험하다. 그럼에도 일부 광에 민감한 환자는 정상적으로 동작하는 주파수인 100~120 Hz의 플리커에 불편해한다.

100 ~ 200 Hz 주파수의 플리커는 빨라서 눈으로 볼 수 없지만, 인간 망막에 의해 감지된다. 좋은 시력과 건강을 가진 정상적인 사람은 인지할 수 있는 주파수 이상의 플리커에 의한 민감성 영향이 관찰된다.

플리커의 영향은 플리커 주파수 뿐 아니라 변조 깊이에도 의존한다. 변조 깊이에 대한 현재의 정의는 저주파수와 고주파수 사이의 차이는 없다. 그러나 1250 Hz 이상의 충분히 높은 주파수의 플리커에 대해서는 인간 생물학적 영향이 제한적이다.

4. IEEE PAR 1789

플리커가 인식할 수 있는 주파수의 범위는 여러 논점들 중 하나이다. 1 kHz 이상의 주파수에 해당하는 플리커는 관심의 대상이 아니라는 데는 모두 동의한다. 실제로 관심의 대상이 되는 주파수는 200 Hz 이하이다. 하지만 200 ~ 500 Hz 범위 주파수에 해당하는 플리커가 얼마나 중요한지는 의견이 다르다. 몇몇 연구자들은 160 Hz 이상의 주파수에 대해 무시할 수 있다고 말하고 다른 연구자들은 훨씬 높은 주파수도 문제가 될 수 있다고 주장한다.

IEEE 1789에서는 상당히 보수적인 접근법을 채택하여 플리커 주파수는 높게 유지되어야 할 것을 추천하고 있다. IEEE 표준은 허용가능한 플리커에 대한 지표를 다음과 같이 정의한다:

$$\text{Allowable \% Flicker} = 0.08 \times \text{Flicker frequency (1/T)} \quad (1)$$

허용가능한 퍼센티지 플리커를 이해하기 위해 퍼센티지 플리커가 무엇을 의미하는 알아야 한다.그림 1.은 크기에서 주기적인 플리커를 갖는 가상적인 광원을 나타낸다. 매 주기마다 도달하는 최소 밝기(L_{min})와 최대 밝기(L_{max})를 알아야 한다. % 플리커는 다음과 같이 정의된다;

$$\% \text{ 플리커} = 100\% \times \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \quad (2)$$

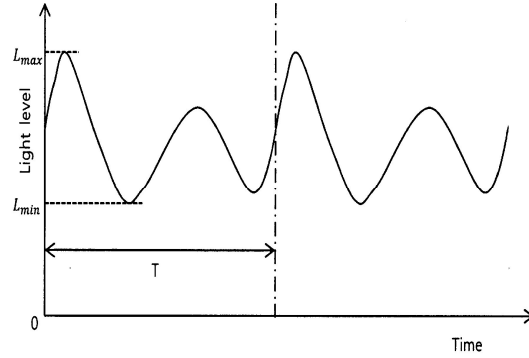


그림 1. Light level change (Flicker)

플리커 퍼센티지는 빛의 밝기 변화가 없는 0 %에서 최소 밝기가 0으로 되는 100 %까지 변한다. % 플리커는 크기의 변화를 나타내는 제한된 정보는 제공하지만, 파형의 모양이나, 시비율, 혹은 주파수 등에 대하여 아무것도 말해 주지 않는다. 새로운 IEEE 메트릭는 % 플리커와 주파수를 결합하여 보다 유용하도록 만듭니다.

몇가지 예를 살펴보자. 이전의 LED 조명에 혼한 120 Hz 플리커 주파수에 대하여, 최대 허용가능한 % 플리커는 $0.08 \times 120 \approx 10\%$ 이다. 이것은 우리나라와 같이 빛의 기본 주파수가 120 Hz일 때 10% 이하의 % 플리커는 허용가능하다. 비슷하게 1250 Hz의 기본 주파수를 갖는 조명의 경우, 허용 가능한 % 플리커는 $0.08 \times 1250 = 100\%$ 로 관심의 대상이 아니다. 즉, 1250 Hz 이상의 주파수 플리커는 영향이 거의 없어 관심의 대상이 아니다.

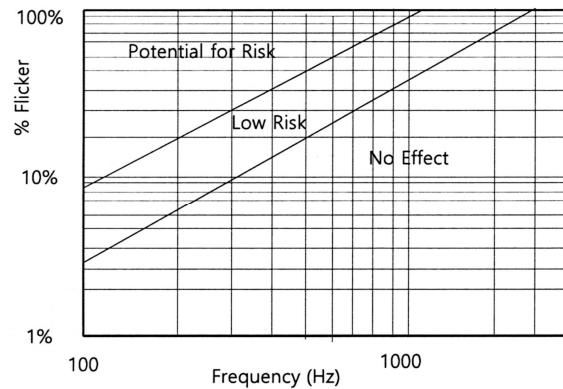


그림 2. IEEE 1789 risk chart.

참고문헌

[1] A. Wilkins, J. Veitch and B. Lehman, "LED lighting and potential health concerns: IEEE standard PAR1789 Update," Energy conversion congress and exposition (ECCE), Atlanta, GA, pp. 171-178, 2010.
 [2] N.J. Miller and B. Lehman, "Flicker: Understanding the new IEEE recommended practice," LightFair 2015, May 2015.

5.응용-플리커가 문제가 되는 장소



Hospitals



Classrooms



Industrial space



Offices

6. 응용-플리커가 중요하지 않은 장소



Roadways/Parking Lots



Sports and industrial light on 3-phase electrical system

7.응용-플리커가 장점인 장소(Please avoid 15-20 Hz)



Warning light



Discotheques