제정 기술표준원고시 제2012-849호(2012.12.28)

전기용품안전기준(안)

K 62471-2

[IEC 62471-2, ed 1, 2009-08]

램프와 램프 시스템의 광 생물학적 안전 -

제2부: 광학적 비 레이저 방사선의 안전에 관한 제조 지침

목 차

서문 4
개요 6
1 범위 7
2 참조 규범 7
3 용어 및 정의 7
4 광학적 방사선 안전 평가에 대하여 적용 된 위험 그룹 10
4.1 광학적 방사선 안전 분류에 대한 기초 10
4.2 평가 기준 10
4.3 사용 관련 문제 10
4.3.1 근 적외선 광원 10
4.3.2 "점 광원" 11
4.3.3 수직 기준과 관련 된 사용 조건. 11
5 IEC 62471를 어떻게 적용 할 것인지에 대한 램프 및 램프 시스템 제조업체를 위한 지침 11
5.1 한계 값 11
5.1.1 개요 11
5.1.2 방사 조도/ 광도 노출에 제공 된 한계 12
5.1.3 (시간이 통합 된) 광도에 제공 된 한계 12
5.2 램프/ LED 제조 업체에 대한 지침 12
5.2.1 개요 12
5.2.2 측정 조건 12
5.2.3 사용자 정보 13
5.3 램프 시스템/ 조명 기구 제조업체를 위한 지침 13
5.3.1 개요 13
5.3.2 일반 조명 용 (GLS – General Lighting Service) 광원) 13
5.3.3 다목적 램프 14
5.3.4 위험 거리의 결정 14
5.4 라벨링 15
5.5 기타 정보의 제공 16
6 안전 대책에 대한 분류 17
6.1 개요 17

6.2 허용 가능한 최대 관찰자 위험 18

부록 A (정보 제공용) 확장된 광원으로부터의 광도 및 시각 상의 위험 20

부록 B (정보 제공용) 위험 거리의 결정 26

부록 C (정보 제공용) 일반적인 조명 (GLS – general lighting service)을 위한 광원 .36

부록 D (정보 제공용) 빔을 형성하거나 프로젝션 광학 기구에 통합 및 부착 된 램프 및 램프 시스템 41

참고 문헌 45

그림 1 – 거리와 관련 된 방출 위험 지표에 대한 그래프의 예 15

그림 2 – 다수의 위험 스펙트럼 범위가 있는 램프에 대한 경고 라벨의 예 17

그림 A. 1 – 확장된 광원의 거리에 대한 광도의 불변성 21

그림 A. 2 – 광도 및 시간이 통합 된 광도의 결정을 위한 일반적인 측정 조건 22

그림 A. 3a – FOV 보다 더 큰 광원 (오버필) 23

그림A. 3b – FOV 보다 더 작은 광원 (언더필) 23

그림 A. 3 – 광원의 크기 23

그림 A. 4 – B (λ) – 최첨단 "pc-백색" LED 요소의 편중 된 광도 분포 24

그림 B. 1 – 광원 지름 및 거리의 변화되는 값에 대한 광도 I 과 해당 방사 조도 E 사이의 정상화 된 상관 관계 27

그림 B. 2 – 아크 서치라이트의 직접적인 인트라 빔을 관찰하면 실제 아크 (호)의 확대 된 모양을 볼 수 있다 29

그림 B. 3 – 계산 된 LED의 비치는 거리는 공간적인 방출에 대한 개별적인 빔 각도 Θ 에 따라 다르다 30

그림 B. 4 – 라디에이터의 예에 대한 화학선 UV와 관련 된 안전 사용 조건 32

그림 B. 5 – 광원 크기가 7 mm인 할로겐 램프의 공간적 평균 광도에 대한 거리 의존적인 (스펙트럼 가중치가 적용 된) 위험 면제 그룹의 한계 값 34

그림 C. 1 – 측정 된 공간 평균 광도 37

그림 C. 2 – 몇 가지 광원의 크기와 일부 전형적인 휘도의 거리에 대한 500 룩스의 조도와 광원 휘도 [cd/m^2] 사이의 관계 38

그림 D. 1 – 프로젝션 광학 기구를 사용 한 자외선 및 적외선 필터링 41

그림 D. 2 – 백열전구 프로젝션 램프에서 필라멘트가 확대 된 분명한 광원의 크기 42

그림 D. 3 – 프로젝션 광학 기구의 예 42

그림 D. 4 – 통합 된 렌즈에 의한 가상 LED 칩의 형성 43

그림 D. 5 – 붙박이 식 또는 부착 된 프로젝션 광학 기구가 있는 광원의 평가에 대한 분명한 광원과 측정 조건에 대한 이미지 43

표 1 – 램프 시스템의 위험과 관련된 위험 그룹의 라벨링 16

표 2 – 통제 방법에 있어 라벨링 정보 및 지침에 대한 설명 17

표 3 – 특정 사용 조건 하에서 관찰자와 관련 된 위험에 대한 제품 평가의 최대 허용 가능 위험 그룹 19

표 B. 1 – 공간 평균 광도 35

표 C. 1 – 위험 그룹과 관련 된 역 제곱 법칙과 위험 거리.....37
표 C. 2 – 광원지름이 7 mm이고 휘도가 3 x 10^7 cd/m^2인 할로겐 램프에 대한 위험 그룹과 관련 된 위험 거리.....39

램프 및 램프 시스템의 광 생물학적 안전 –
제2부: 광학적 비 레이저 방사선의 안전에 관한 지침

Photobiological safety of lamps and lamp systems –
Part 2: Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety

서 문

이 규격은 2009년에 1판으로 발행된 IEC 62471-2(2009-08), Photobiological safety of lamps and lamp systems – Part 2: Guidance on manufacturing requirements relating to non-laser optical radiation safety의 내용을 국내 실정에 맞게 수정하여 작성한 전기용품 안전기준이다.

1 적용범위

이 규격은 비 레이저 제품의 광학적 안전요구사항에 대한 기본사항을 제공하는 한편 제품의 수직 기준의 안전요구사항 개발을 위한 지침으로 사용할 수 있다. 또한 램프 제조업체가 제공하는 안전정보의 해석에 있어 램프 시스템 제조업체에 도움이 될 수 있다.

본 보고서는 다음에 대한 지침을 제공한다.

- 광학적 방사선 안전 평가 요구사항
- 안전 측정의 분류
- 제품의 라벨링

본 기준은 적절한 표준을 통하여 특정한 안전사항을 취급하는 선탠용 장비, 안과용 장비 또는 기타 의료/화장용 장비의 광학적 방사선에 대한 의도적 노출에 필요한 안전요구사항은 취급하지 않는다.

LED 제품의 광생물학적 안전성은 K 62471-1, 표6.1에 따라 시험하였을 때, 다음 값 이하이어야 한다.

– 자외선 위험(200 nm ~ 400 nm): 위험그룹1 미만

– 망막 청색광 위험(300 nm ~ 400 nm) : 위험그룹1 이하

– 망막 청색광 또는 열위험(400 nm~ 780 nm): 위험그룹1 이하

– 각막/수정체 적외선 위험(780 nm ~ 3 000 nm): 위험그룹1 미만

– 망막 열위험(780 nm ~ 1 400 nm): 위험그룹1 미만

2 인용규격

다음에 나타내는 규격은 이 규격에 인용됨으로써 이 규격의 규정 일부를 구성한다. 이러한 인용 규격은 그 최신판을 적용한다.

IEC 62471, Photobiological safety of lamps and lamp systems (램프와 램프 시스템의 광 생물학적 안전)

IEC 60825 (모든 부분), Safety of laser products (레이저 제품의 안전)

IEC 60050-845, International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 845: Lighting (국제 전기/ 전자 공학 용어집)

IEC 60417, Graphical symbols for use on equipment (장비의 사용에 대한 그래프로 작성 된 심볼)

3 정의와 기호, 약어

이 규격의 목적상 IEC 62471의 용어 및 정의와 다음의 추가적인 용어 및 정의를 적용한다.

3.1 접근이 통제 된 장소

적절한 안전교육을 통하여 권한 있는 직원 이외에 접근을 제한하는 공학적 및 행정적 통제 방법이 설정되어 있는 장소.

3.2 노출 위험 지표 EHV

다음과 같이 정의 된 값:

EHV (거리, 노출 시간) = 노출 수준 (거리, 노출 시간) / 노출 한계 값

노출 수준 (3.3)이 노출 한계치 (3.4)를 초과할 경우 EHV는 1보다 크다.

3.3 노출 수준 EL

명시한 기간 동안 공간에 위치한 광원으로부터의 노출 수준

3.4 노출 한계 값 ELV

생물학적 역효과의 결과를 기대하지 않는 눈이나 피부에 노출 된 광학적 방사선에 대한 최대 노출 수준. 이러한 ELV는 일반적으로 예상할 수 있는 광 생물학적 효과와 관련 된 위험 거리를 결정하기 위해 사용된다.

3.5 위험 거리 HD

EL이 적절한 노출 한계 값 (ELV)과 동일할 때 광원으로부터의 거리.

3.6 의도된 관찰

광학적 방사선 또는 반사와 같은 가상의 광원을 바라 보는 개인의 의도적 행위

3.7 의도에 따른 사용

제조업체나 공급업체가 제공한 시방서, 지침 및 정보에 따른 제품, 공정 또는 서비스의 사용

3.8 램프

레이저 방사선을 제외한 200 nm ~ 3 000 nm 사이의 파장 범위로 광학적 방사선을 방출하는 전기장비

3.9 램프 시스템

조명기구 및 전기 또는 전자 요소를 포함하여, 일반적으로 제조업체의 의도대로 램프 또는 램프와 함께 작동되는 전기를 사용하는 제품 (조명을 목적으로 – 조명기구).

비고 1 램프 시스템에는 디퓨저 (산광기), 인클로저 및 빔 모디파잉 옵틱이 포함 될 수 있다.

비고 2 본 기준의 목적으로 램프 시스템은 지시 등 또는 냉장고 내부의 조명 등과 같은 제품의 일차적 기능으로서 작동하지 않는 램프와 함께 사용 할 수 있다.

3.10 모디파잉 옵틱

필터, 렌즈 및 반사경 등과 같은 광학 요소. 이를 램프 시스템과 함께 사용 할 경우 광학적 방사선의 특성을 변경시킨다.

3.11 광학적 비 레이저 방사선

유도방출이 아닌 공정에 의해 생성된 일관성 없는 광학적 방사선

3.12 접근이 통제된 장소

작업자, 방문객 및 가까운 위치에 거주하는 주민을 포함하여 공학적 및 행정적 통제방법을 사용하여 일반적인 대중의 접근이 불가능한 장소이지만, 특정 안전교육을 받지 않았을 수도 있는 권한이 있는 직원의 접근은 허용될 수 있다.

3.13 소형 광원

위험 분석 또는 분류에 따라 적용해야 하는 수용 각도 γ보다 작은 투입각 (angular subtence)이 있는 광원 또는 분명한 광원 (apparent source)

비고 적용하는 광원보다 큰 지역의 평균 광원 또는 분명한 광원 (apparent source)에 대하여 공간적으로 평균적인 광도의 결과를 가져 올 수 있다 (3.14).

3.14 광원 광도

광원의 방출 요소에 대한 광도 (IEV 845-01-34 참조). 그러나 적용 가능한 수용 각도는 1.7 mrad보다 작아서는 안 된다.

심볼: L

비고 공간적 평균 광도와 구분하도록 정의한다 (3.15).

3.15 공간 평균 광도

눈의 움직임과 같은 생물학적 요소를 설명하기 위해 주어진 수용각도에 대한 공간적인 평균 광도 (때때로 "생물학적 광도"로 참조 함). 공간 평균광도는 광원 광도보다 낮다 (3.14 참조)
심볼: L_{sa}

3.16 초 발광 다이오드

초 발광 (superluminescence)에 기초한 단면 발광 반도체 광원. 이는 고출력과 레이저 다이오드의 선명도를 기존 발광다이오드의 낮은 간섭성과 조화시킨다. 휘선대의 폭은 20 nm ~ 100 nm이다.

3.17 의도하지 않은 관찰

광학적 방사선에 대하여 눈이 노출 되었을 때의 조건이 의도한 것이 관찰

3.18 의도하지 않은 피부의 노출

광학적 방사선에 대하여 피부가 노출 되었을 때의 조건이 의도한 것이 아닌 때의 노출

3.19 관찰자에 대한 위험

실제적인 특정 사용조건 하에 관찰자에 대한 광원의 의도적인 또는 의도적이지 않은 위험

비고 사용 조건에 대하여 독립적이 되기 위하여 램프 및 램프 시스템의 위험 그룹 분류는 노출기간, 동공의 크기 및 관찰거리에 있어 최악의 경우에 기초한다. 그러나 램프는 종종 발산하고, 램프가 제품과 통합되었을 때 제품의 디자인과 적용에 따라 이러한 평가조건은 부적절하게 된다. 이 경우 제품은 최소거리로 평가될 수 있고 최대 노출시간은 예상 가능한 접촉에 대한 특정 사용조건을 대표한다.

4 광학적 방사선 안전평가에 대하여 적용된 위험그룹

4.1 광학적 방사선 안전분류에 대한 기초

IEC 62471는 램프나 램프와 함께 사용하는 제품의 위험 그룹을 결정하는 방법을 제공한다. IEC 62471의 위험 그룹은 잠재적이고 광학적인 방사선 위험으로부터 위험의 정도를 보여 주고 추가적인 측정에 대한 필요를 최소화한다. 위험 그룹은 수십 년 간의 램프 사용 경험 및 광학적 방사선 방출과 관련된 우연한 사고 (일반적으로 자외선 방출 램프 또는 아크 램프를 제외하고 부상은 매우 드문 일이다) 의 분석에 기초하여 개발된다.네 가지 기본적인 위험 그룹이 있다:

- 면제 그룹 (RG 0), 제한하지 않으면서 연속적으로 사용 할 때 조차도 광학적 위험이 합리적으로 예측 가능하지 않다고 여겨질 경우. 전형적인 예는 국내에서 사용하는 반투명 백열 램프와 형광등이다.
- 위험 그룹 1 (RG 1) 제품은 눈을 사용하여 직접적으로 광원을 보는 노출이 예측 될 경우, 매우 오랫동안 노출 될 때를 제외하고 대부분의 사용에 있어 안전하다. 위험 그룹 1 제품의 예는 국내에서 사용하는 배터리를 사용하여 작동되는 토치 (손전등)이다.
- 위험 그룹 2 (RG 2) 제품은일반적으로 혐오 반응이 노출 기간을 제한하거나 장기간의 노출이 실제적이지 않을 경우 실제적인 광학적 위험이 제기되지 않는다.
- 위험 그룹 3 (RG 3) 제품은잠시 동안의 노출 조차도 잠재적인 위험이 제기되고, 시스템의 안전 요구사항이 절대적으로 필요하다.

IEC 62471는 제조 요구사항이나 제어 방법을 제공하지 않는다. 이러한 문제는 특정 사용 조건에 대한 수직 기준에서 제시돼야 한다 (4.3.3 참조). 그러나 제품 전반에 대한 일관성 있는 접근 방법을 제공하기 위해 기술 보고서에서 (비 규범적) 라벨링 요구사항을 설명한다 (5.4 참조).

4.2 평가 기준

눈이나 피부에 위험한지 결정하기 위해 표준 측정 조건은 위험의 종류에 따라 발광 스펙트럼과 방사 조도 또는 공간적 평균 광도 중 하나를 고려한다. 측정 조건은 잠재적인 위험 관찰 조건과 관련 있고, 조절, 동공의 크기, 혐오 반응 및 눈의 움직임 (단속성 운동) 등과 같은 눈에 대한

생리학적 인자를 고려해야 한다.

IEC 62471는 일반적인 조명 서비스 (GLS)를 위한 의도와 살균, 난방, 신호, 데이터 전송 또는 기타의 다른 용도로 사용할 의도인지를 구분한다. 평가와 측정 조건은 이러한 두 가지 그룹에 대하여 다음과 같은 차이가 있다.

- GLS – 위험 지표는 조도가 500 룩스인 거리에서 방사 조도 또는 공간적 평균 광도 값으로 계산해야 한다.
- 기타 사용 조건 – 위험 지표는 광원으로부터 200 mm의 거리에서 결정한다.

  다른 애플리케이션 그룹은 작동, 유지보수 및 서비스 조건에 대한 범위를 결정한다. 수직 기준에서 다른 애플리케이션 그룹에 적용한 평가가 정당할 경우 IEC 62471의 측정 조건은 특정 애플리케이션 그룹에 대하여 수정할 수 있다.

4.3 사용 관련 문제

4.3.1 근적외선 광원

적외선 (IR) 스펙트럼 영역에 대하여 설정된 한계는 원래 현저한 양의 IR-A 및 IR-B 방사선과 함께 보다 큰 IR 레디에이터에 사용 할 의도였다. 이러한 한계는 눈의 각막이나 수정체를 장기간의 열 효과 (즉, 백내장)로부터 보호한다. 이와 같이 이러한 한계는 1000 초보다 긴 기간 동안 눈의 만성적이고 장시간의 노출 결과를 가져오는 경우 및 매일의 평균 방사 조도가 최소한 100 $W \cdot m^{-2}$ 가 될 것으로 예상 될 경우에 사용한다. 우선적인 목표는 수정체와 각막의 열화를 최소화하는 것이다.

4.3.2 "점 광원"

인코히어런트 가시 방사선 광원이 거의 단색 "점" 광원으로 보이는 몇 가지 사용 조건이 있을 수 있고 이는 레이저 안전 기준의 범위 내에 있다고 간주해야 한다. 일반적으로 이는 "점" 광원과 유사한 초 발광 다이오드 (SLD) (3.16 참조) 및 광섬유 광원이 매우 작거나 "점" 광원인, 광섬유 통신에서 사용되는 LED 에만 사용된다. 이는 SLD의 경우 IEC 60825-1에서, 광섬유 통신 시스템의 경우 IEC 60825-2에서 취급하고 있다.

4.3.3 수직 기준과 관련 된 사용 조건

수직 기준의 요구사항은 다음과 같을 수도 있다:

– 주어진 조건 하에서 사용 될 수 있는 광원 위험 그룹을 제한한다.

– 위험 그룹 시방서에 기초한 특정 성능 구성을 요구하거나,

– 사용 조건 지향적인 제어 방법의 명시.

직접적인 광원의 관찰에 기초한 기본적인 지침은 제 6 절에서 설명한다.

수직 기준은 합리적이고 실행 가능한 정도만큼 낮은 값까지 광학 방사선에 대한 노출을 감소시킬 필요가 없다는 이론에 근거한 지침이어야 한다. 그러나 일반적인 지침으로서 사람에게 불필요한 노출을 초래 할 수도 있는 필요 없는 방출은 최대한 줄여야 한다. 사용 할 수 있는 안전 대책의 순서는 국제적으로 수용되는 제조업체 안전 대책의 우선 순위를 따라야 한다. 즉, 공학적 통제 (즉, 필터, 체 등)가 최우선 순위가 되고, 그 후로 행정적 대책 (경고 및 라벨 등. 5.4 참조)이며, 그 다음 최종 대책으로서 개인용 보호 장구가 된다. 자세한 내용은 사용 조건에 특화 된 수직 기준에서 확인 할 수 있다.

5 IEC 62471를 어떻게 적용 할 것인지에 대한 램프 및 램프 시스템 제조업체를 위한 지침

5.1 한계 값

5.1.1 개요

IEC 62471의 위험 그룹 분류 시스템은 우선적으로 램프에 적용되는 것으로 알려져 있다. 그러나 제품 안전의 관점에서 램프 시스템 제조 업체는 최종 램프 시스템 제품을 평가 할 책임이 있다. 다른 종류의 기술적 과제 및 필요로 인하여 램프 시스템이나 조명 장비의 제조 업체는 테스트와 측정에 대한 가능성이 제한 될 수도 있고 일반적으로 램프/ LED 제조업체가 제공한 램프/ LED 데이터에 의존하게 된다.

의도한 사용 조건이 잘 알려진 다양한 종류의 램프가 있다. 예를 들면, 일반적으로 전형적인 광원에 대하여 램프 시스템 제조 업체가 포함 된 램프의 안전에 관련된 광학적 구성의 수정은 그리 두드러지지 않다. 대부분의 조명 기구의 경우 하나만의 전통적인 램프 (백열 전구)가 있어 왔고, 램프 시스템의 제조 업체만이 고정식 전등과 파워 서플라이를 추가하였다. 이런 경우, 일반적으로 램프 데이터는 직접적으로 램프 시스템에 사용 될 수 있다. 램프의 평가 및 위험 그룹 분류는 램프 시스템의 분류를 위한 램프 시스템 제조 업체에서 사용 할 수 있다. 그러나 다른 종류의 램프는 세밀한 주의가 필요 할 수도 있다.

안전 기준에 대한 한계 값은 별도로 고려할 필요가 있는 두 가지 다른 수량에 대하여 제공된다.

5.1.2 방사 조도/ 광도 노출에 제공 된 한계

방사 조도 또는 광도 노출에서 IEC 62471의 방출 한계가 200 nm ~ 400 nm 및 1 400 nm ~ 3 000 nm인 스펙트럼 범위인 경우, 시스템 위험 그룹을 결정하기 위해 단순히 단일 램프의 측정 값을 램프 시스템에 직접 사용해서는 안 되고 광학적 가성성을 분석 할 필요가 있다.

추가적으로 통합이나 첨부 된 수정 또는 투사 광학 시스템을 사용하는 램프 시스템의 경우 이는 다른 제품으로 간주해야 하고 이러한 램프 시스템의 제조 업체는 새로운 위험 안전 분류를 제시해야 한다.

비고 추가적인 광학 기구의 광도는 변하지 않을 수도 있는 한편 (즉, 분류가 광도 기준에 기초한 경우 더 적은 충격이 있는 반면), 우선적으로 (분류가 방사 조도 또는 광도 노출 기준에 기초한 현저한 충격이 있을 수도 있는) 광원의 방사 조도를 수정한다.

5.1.3 (시간이 통합 된) 광도에 제공 된 한계

공간 평균 광도 또는 시간이 통합 된 공간 평균 광도의 관점에서 IEC 62471의 방출 한계를 사용 할 경우, 광도의 보존에 대한 원리를 적용 할 때 주의를 기울일 필요가 있다. 즉, 램프나 단일 LED가 (위험 그룹 당) 명시 한 광도 이하를 방출 할 경우 최종 램프 시스템 또는 LED 배열 역시 평가 가능한 방출 한도를 초과 할 수 없다. IEC 62471는 관찰 및 광원 영역 사이의 관계를 싱글 램프나 LED를 조명 기구 (배열) 또는 빔 형 광학 기구의 부착물에 통합함으로 변경될 수 있는 공간적 평균 광도를 측정 할 필요가 있는데, 그 이유는 그 결과가 단일 요소의 특성화에 사용되기 때문이다.

특정 조건 하에서 (5.2.2 참조) 단일 램프 및 LED의 평가를 램프 시스템이나 조명 기구에 직접 적용 할 수 있다. 위험 그룹의 수준은 변화가 없거나 또는 감소 될 수도 있을 것이다 (즉, 필터 등으로 인하여).

비고 추가적인 광학 기구는 광도보다는 광원의 방사 조도를 우선적으로 수정 (증가) 할 것이기 때문에, 평가를 통하여 램프 시스템의 가장 제한적인 분류 기준이 변하지 않음을 입증해야 한다 (광도로부터 방사 조도 기준까지).

5.2 램프/ LED 제조 업체에 대한 지침

5.2.1 개요

램프나 LED 제조 업체에 따른 램프 위험 그룹 분류의 우선적인 목적은 사용자나 최종 제품 제조 업체에게 최종 제품의 안전 설계에 필요 할 수도 있는 잠재적인 위험을 알리기 위함이다. 따라서 램프가 위험 그룹 1, 2 또는 3으로 분류 될 경우 사용자는 어떤 잠재적 위험을 통제 할 필요가 있을 것인가에 대한 정보를 갖는 것이 중요하다. 제조 업체가 램프에 대하여 EHV 또는 HD를 제공 할 경우 (5.3.4 참조) 적절한 통제의 결정은 보다 간단해 질 수 있다.

5.2.2 측정 조건

방사 조도 또는 광도 노출에서 IEC 62471의 방출 한계가 200 nm ~ 400 nm 및 1 400 nm ~ 3 000 nm의 범위인 경우, 측정은 IEC 62471에 따라야 한다.

공간 평균 광도 또는 시간 통합 광도에 대하여 IEC 62471의 한계가 제공 된 경우, IEC 62471에 따라 광원의 광도 데이터 (3.14에 따른)를 결정해야 한다 (LED: 최대 전류와 같은 최대 작동 조건 하에서 작동). 어떤 경우라도 허용 각도는 1,7 mrad여야 한다.

비고 이러한 값은 (다른 허용 각도를 적용하기 보다는) 특정 리스크 그룹의 한계 값과 비교해야 한다. 어떤 경우에서도 이러한 조건 하에서 요소의 리스크 그룹 할당을 직접 사용하고 최종 램프 시스템이 특성화에 유용함을 보장 할 수 있어야 한다.

제품이 잘 알려져 있고 분명하다면 특정 사용 조건의 요구사항(즉, 수직 기준)이 있을 경우 이를 적용하거나 4.2 및 4.3의 하위 조항을 적용해야 한다.

다용도 램프이거나 특정 사용 조건의 요구사항 (즉, 수직 기준)이 없을 경우 단일 램프 및 요소는 200 mm의 거리에서 측정해야 하고 위험 그룹과 그 값은 사용자 정보에 기록해야 한다.

측정 및 위험 그룹의 분류는 이러한 값에 기초해야 한다.

5.2.3 사용자 정보

사용자 정보는 램프 시스템의 위험 그룹 분류를 위해 사용 될 수 있는 램프의 위험 그룹 분류를 포함해야 한다.

사용 용도에 대한 위험 그룹 분류 정보가 있어야 한다. 특정 사용 조건이나 요구사항 (4.3 및 4.3에서 지적한 바와 같이 또는 수직 기준의 요구에 따라)을 적용 할 경우 그에 대한 정보가 있어야 한다. 램프를 다른 용도로 사용 할 경우 이를 분류 할 필요가 있다.

방사 조도 또는 광도 노출에 기초한 200 nm ~ 400 nm 또는 1 400 nm ~ 3 000 nm 분류 범위에서 단일 램프의 평가를 자동으로 최종 램프 시스템에 사용 할 수 없는 것으로 알려져 있다. 그러나 램프를 램프 시스템에 통합하는 것이 램프의 이용 가능한 방출 특성을 변경시키지 않을 경우 램프 시스템의 위험 그룹 분류는 램프의 위험 그룹과 동일하게 된다.

5.3 램프 시스템/ 조명 기구 제조업체를 위한 지침

5.3.1 개요

램프에 대한 위험 그룹의 분류는 수직 기준에서 명시한 바와 같이 적용 범위에 대해 필요한 위험을 감소시키는데 필요한 안전 측정 사항을 보여준다. 램프의 위험 그룹이 사용 조건에 적합한 최대 값 이하일 경우 (표 3 참조) 제조 업체는 위험 그룹을 램프 시스템에 직접 사

용 할 수 있다.

특정 용도에만 사용하는 종류의 램프를 생산하는 램프 제조 업체 (4.2 및 4.3 또는 수직 기준 요구 사항 참조) 및 그러한 제품은 특정 사용 조건 하에서만 (그러한 조건이 존재 할 경우) 제조 업체에 의해 분류돼야 한다. 그러한 광원이 수정하거나 다른 목적으로 사용하기 위해 판매 된다면, 그러한 램프 시스템의 제조 업체는 재 평가를 실시해고 적절한 위험 그룹으로 분류해야 한다.

5.3.2 일반 조명 용 (GLS – General Lighting Service) 광원

IEC 62471는 GLS (일반 조명용)에 사용되는 램프 및 램프 시스템에 대한 위험 지표는 500 룩스의 조도를 방출하는 거리에서 방사 조도 또는 공간 평균 광도 값으로 보고해야 한다고 설명하고 있다. 500 룩스 조도 수준의 위치에서 평가 할 때, 일반적으로 피부 위험에 관한 면제 그룹 (Exempt Group)으로서 분류되는 램프 및 램프 시스템만이 GLS 용도로 사용 될 수 있다. 또한 사용 조건이 조도 500 룩스를 초월하는 광학 방사선에 피부가 1 시간 이상 노출 될 필요가 있을 경우, 사용자는 노출 평가가 필요하다는 경고를 받아야 한다.

비고 상기 내용은 예를 들어, UV (자외선) 방출 한계를 초과 할 수도 있는 경우를 고려한 사용 조건을 보장하기 위함이다. 이는 예를 들어, 방출 한계가 500 룩스를 초과하지 않지만 미세 조정업무를 수행하기 위한 조도에 노출되는 손의 경우 또는 500 룩스의 표면 조도보다 광원에 더 가까운 곳에 머리가 위치하여 보다 높은 조도 수준에 노출되는 경우일 수도 있다.

GLS 램프 시스템에 대하여 필요한 조도 측정은 램프 시스템의 모든 요소로부터의 기여도를 고려해야 한다. 위험 그룹 결정을 위한 방사선 조도의 측정과는 대조적으로 GLS 광원의 조도

측정에 대한 수광각은 제한하지 않는다. 많은 경우 GLS 제품에 다수의 램프나 모디파잉 옵틱을 사용 할 경우 제품의 자외선 및 적외선 방출이 감소 될 수 있고 이와 같이 해당 위험을 감소 시킬 수 있다. 또한, 렌즈나 배열을 통하여 500 룩스 거리를 증가시킬 경우 광원 요소의 투입 각이 감소 (및 공간적 광도가 감소) 하게 되고, 그렇게 함으로 위험은 필연적으로 동일하게 유지될 수 있다.

램프 제조 업체에 따른 분류가 방사선 또는 시간이 통합된 방사선에 기초한 경우 및 방사 조도에 의존적인 위험을 무시 할 수 있을 경우 (LED 또는 적절한 필터를 사용함으로) 램프의 GLS 분류는 램프 시스템/ 조명 기구에 직접 적용 할 수 있다.

5.3.3 다목적 램프

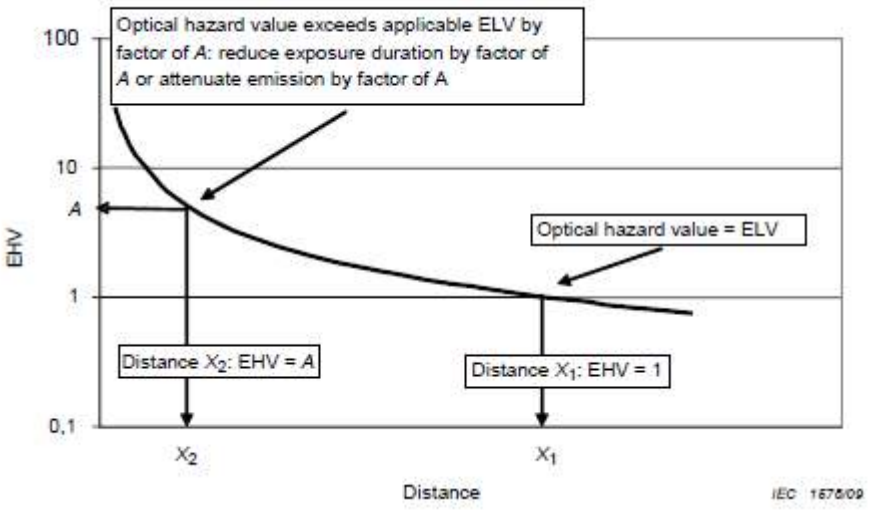
램프 시스템의 위험 그룹 결정 과정 중 다음의 일반적인 접근 방법을 따라야 한다. 램프의 위험 분류가 가장 제한적인 광도 또는 시간이 통합된 광도 기준에 기초한 경우 이러한 값은 램프를 램프 시스템에 통합하거나 광학 요소를 추가함으로 변화되지 않거나 감소시키게 된다. 이와 대조적으로 그러한 측정 값이나 요소는 광원에 의해 발생하는 방사 조도 또는 광도의 노출을 변경시키고, 포함된 램프의 위험 그룹 분류가 그러한 기준에 기초한 경우 이를 고려해야 한다. 그러나 포함된 램프의 방사 조도에 기초한 분류의 경우 가장 제한적인 분류 기준, 즉, 광도로부터 방사 조도까지 가능성 있는 변화를 고려해야 한다.

5.3.4 위험 거리의 결정

사용 조건에 독립적이 되기 위해 램프 및 램프 시스템의 위험 그룹 분류는 최악의 노출 기간, 동공의 크기 및 관찰 거리를 가정하여 그에 기초한다. 그러나 램프의 방출은 종종 분산되고 합리적인 거리에서 관찰자의 위험에 대하여 장비의 위험 분류가 적절히 반영되지 않을 수도 있다 – 즉, 실제 위험은 더 낮을 수도 있다.

노출 위험 지표 (EHV) 즉, 적용 가능한 노출 한계에 대한 과도한 노출 정도는 현저하면서도 실제적인 관련성이 있다 (3.2 참조). 이러한 개념은 노출 기간이나 광원의 접근성을 제한하기 위한 적절한 통제 방법을 고려할 경우 유용 할 수 있다.

EHV는 거리와 관련 된 값으로서 그래프로 표시 할 수 있다 – 램프나 램프 시스템으로부터의 거리가 증가하면 적용 가능한 위험 지표는 감소하게 된다 – 그림 1 참조. 거리 *X*1에서 EHV = 1, 즉, EHV는 적용 가능한 방출 한계 값과 동일하다. 거리 *X*1은 이 램프 시스템에 대한 위험 거리 (HD)이다. 거리 *X*2에서 광학적 방출 위험 지표는 A 의 요소로 인하여 적용 가능한 방출 한계 값을 초과한다. 이 거리에서 광학적 방출에 대한 과도한 노출은 A의 요소를 사용하여 (방출 한계 값이 광도 노출이나 시간이 통합 된 광도로 표현 된 경우) 또는 접근 가능한 방출을 약화시키는 공학적 통제 (필터와 같은) 및 방출 된 에너지에 대한 잠재적 노출을 제한하는 개인용 보호 장구 (안경 류 또는 의복 등과 같은)를 사용하여 감소시킬 수 있다.



광학적 위험 요소는 A의 요소로 인하여 적용 가능한 ELV를 초과한다: A의 요소를 사용한 노출 기간의 감소 또는 A의 요소를 사용한 방출의 약화

Optical hazard value = 광학적 위험 지표

그림 1 – 거리와 관련 된 방출 위험 지표에 대한 그래프의 예

램프 및 램프 시스템의 위험 그룹 할당과 유사하게 이러한 위험 거리 지표는 현실적인 사용 조건 하에 효과적으로 관찰자와 관련 된 위험 (3.19)을 결정하기 위해 분류 할 수 있다. 예를 들어, 위험 그룹 3 램프 시스템으로부터 거리를 증가시킴으로 (200 mm의 측정 거리 에서 분류 된 대로) 방사 조도가 적용 가능한 특정 위험 그룹 방출 한계 이하로 떨어지는 거리에서 또는 측정된 광도로부터 관찰자에 대한 위험은 위험 그룹 2 (즉, 그림 1의 *X*2 에서)에서 위험 그룹 1 및 면제 그룹 (즉, 그림 1의 *X*1 에서)으로 단계적으로 감소하게 된다.

따라서 램프 제조 업체는 램프 시스템을 위험 그룹에 할당하는 일 이외에 그러한 데이터를 제공해야 한다. 램프 시스템이 면제 그룹 이상의 위험 그룹으로 할당되는 경우 제조 업체는 할당 된 그룹 이하의 모든 위험 그룹에 대하여 최소한 위험 거리 (HD)를 제공해야 한다. 위험 거리와 관련 된 이러한 위험 그룹은 적용 가능한 안전 측정을 결정하는 데 사용된다 – 표 3 참조.

비고 위의 예와 그림 1은 하나의 한계 (위험)과 특정 노출 기간에 적용된다. 다른 노출 기간 뿐 아니라 관련 한계 (위험) 에 대하여도 유사한 데이터가 필요하다.

5.4 라벨링

일반적으로 제품에 대하여 "설계에 의한 안전"을 성취하기 위해 제조 업체가 1차적인 공학적 통제 방법을 사용 할 필요가 있다. 명시 한 세부 사항은 사용 조건에 따르고 특정 사용 조건에 대한 수직 기준에 명시해야 한다. 사용 조건에 대한 일반적인 접근 방법을 제공하기 위해 본 기술 문서는 이차적인(행적적) 통제 방법의 일환으로서 라벨링 요구사항을 설명한다. 제조 업체는 표 1의 요구 사항에 따라 램프 시스템에 마킹을 해야 한다.

다음의 지침은 기존 특정 사용 조건에 대한 수직 기준이 커버하지 않는 제품에 대하여 설명한다. 위험 면제 그룹 및 400 nm ~ 780 nm 범위의 파장만을 방출하는 위험 그룹 1 램프 시스템을 제외한 나머지 위험 그룹 제품에는 마킹을 해야 한다. 제품의 크기나 설계로 인하여 라벨링이 비 현실적일 경우 라벨은 포장 및 사용자 매뉴얼에 포함돼야 한다. 경고 심볼은 IEC 60417-1에 따라야 한다.

하우징에 있는 라벨은 영구적으로 고정하여 읽을 수 있어야 하고 유지보수 및 사용 중 분명하게 볼 수 있어야 한다. 이는 적용 가능한 ELV를 초과한 광학적 방사선에 사람들이 노출되지 않으면서도 읽을 수 있는 장소에 위치해야 한다. 문자와 가장자리는 노랑색 바탕에 검은색을 사용해야 한다. 라벨의 크기는 제품의 크기에 적합해야 한다. 모든 필요한 라벨의 복제는 사용자 매뉴얼에 포함돼야 한다.

표 1 – 램프 시스템의 위험과 관련된 위험 그룹의 라벨링

위험	위험 면제 그룹	위험 그룹 1	위험 그룹 2	위험 그룹 3
자외선 위험 200 nm ~ 400 nm	필요 없음	알림 본 제품에서 자외선이 방출 됨	주의 본 제품에서 자외선이 방출 됨	경고 본 제품에서 자외선이 방출 됨
망막 청색광 위험 300 nm ~ 400 nm	필요 없음	필요 없음	주의 본 제품에서 위험할 수도 있는 광학적 방사선이 방출 됨	경고 본 제품에서 위험할 수도 있는 광학적 방사선이 방출 됨
망막 청색광 또는 열 위험 400 nm ~ 780 nm	필요 없음	필요 없음	주의 본 제품에서 위험할 수도 있는 광학적 방사선이 방출 됨	경고 본 제품에서 위험할 수도 있는 광학적 방사선이 방출 됨
각막/ 수정체 적외선 위험 780 nm ~ 3 000 nm	필요 없음	주의 본 제품에서 IR이 방출 됨	주의 본 제품에서 IR이 방출 됨	경고 본 제품에서 IR이 방출 됨

망막 열 위험, 약한 가시적 자극 780 nm ~ 1 400 nm	필요 없음	경고 본 제품에서 IR이 방출 됨	경고 본 제품에서 IR이 방출 됨	본 제품에서 IR이 방출 됨

5.5 기타 정보의 제공

위험 면제 그룹의 범위를 초과하는 램프 및 램프 시스템에 대하여 사용자 정보에 다음의 정보를 제공해야 한다.

a) 램프 및 램프 시스템이 면제 그룹의 범위를 초과하고, 관찰자에 대한 위험은 사용자가 어떻게 제품을 설치하고 사용하는지에 따른다는 분명한 설명,

b) 면제 그룹 (표 1 참조)의 범위를 초과하는 가장 엄격한 광학적 방사선 위험 및 기타 광학적 방사선 위험,

c) 노출 위험 지표 (EHV) 및 거리 의존적인 EHV의 그래픽 프레젠테이션이 있는 (옵션) 위험 거리,

d) 할당 된 위험 거리 이하의 모든 관찰자와 관련 된 위험 그룹의 위험 거리 (HD) (관련 사항은 표 1 및 2 참조)

e) 위험한 광학적 방사선에 대한 가능성 있는 노출을 피하기 위해 사전 경고에 대한 분명한 경고를 포함한 올바른 조립, 설치, 유지보수 및 안전한 사용에 대한 적절한 지침

f) 합리적으로 예측 가능한 의료 과실, 고장 및 위험한 실패 모드에 대한 안전한 적업 절차 및 경고에 대한 충고. 유지보수 절차를 상세하게 설명한 경우 가능하면 언제나 차후의 안전 절차에 대한 명쾌한 지침을 포함시켜야 한다.

g) 5.4에서 필요한 라벨링의 복제 및 표 2의 의미에 대한 설명 및

h) 어떤 종류의 사용자 통제에 대한 정보를 고려해야 할 지에 대한 정보

비고 필요한 정보는 국가 제정법에 따를 수도 있다.

표 2 – 통제 방법에 있어 라벨링 정보 및 지침에 대한 설명

위험	위험 면제 그룹	위험 그룹 1	위험 그룹 2	위험 그룹 3
자외선 위험 200 nm ~ 400 nm	필요 없음	눈과 피부에 대한 노출을 최소화 한다. 적절한 차폐물 사용	노출로 인하여 눈 또는 피부를 자극할 수 있음. 적절한 차폐물 사용	차폐물이 없는 제품에 대하여 눈이나 피부의 노출을 피할 것.
망막 청색광 위험 300 nm ~ 400 nm	필요 없음	필요 없음	작동 램프를 바라보면 안 됨. 눈에 해로울 수도 있음.	작동 램프를 바라보면 안 됨. 눈이 부상 할 수도 있음.
망막 청색광 또는 열	필요 없음	필요 없음	작동 램프를 바라	작동 램프를 바라

위험 400 nm ~ 780 nm			보면 안 됨. 눈에 해로울 수도 있음.	보면 안 됨. 눈에 해로울 수도 있음.
각막/ 수정체 적외선 위험 780 nm ~ 3 000 nm	필요 없음	적절한 차폐물 및 눈 보호구 사용	눈의 노출을 피할 것. 적절한 차폐물 및 눈 보호구 사용.	눈의 노출을 피할 것. 적절한 차폐물 및 눈 보호구 사용.
망막열위험, 약한 가시적 자극 780 nm ~ 1 400 nm	필요 없음	작동 램프를 바라보면 안 됨	작동 램프를 바라보면 안 됨	작동 램프를 바라보면 안 됨

램프 및 램프 시스템이 하나 이상의 위험 스펙트럼 범위에서 광학적 방사선을 방출 할 경우 램프 및 램프 시스템은 보다 제한적 경우에 대하여 분류해야 한다. 모든 스펙트럼 범위에서 광학적 방사선이 위험 면제 그룹에 대한 제한을 초과 할 경우 제품 라벨에 적절한 경고가 있어야 한다. 예를 들어, 망막 IR 위험에 기초하여 위험 그룹 3으로 분류되고, 위험 그룹 2 수준의 자외선을 방출하는 램프에 대한 라벨의 범례는 적절한 "경고 문구"를 사용하여 위험 그룹 3를 표시해야 하고, 자외선에대한 위험 그룹 2에 대한 "주의" 문구가 있어야 하지만, 그림 2의 설명과 같이 위험 그룹 2라고 분명하게 언급하지는 말아야 한다.

위험 그룹 3
경고 – 제품으로부터 IR이 방출 됨. 작동 램프를 직접 바라보면 안 됨. **주의 – 제품으로부터 자외선이 방출 됨. 노출로 인하여 눈이나 피부가 자극 받을 수 있음. 적절한 차폐물을 사용 할 것.**

그림 2 – 다수의 위험 스펙트럼 범위가 있는 램프에 대한 경고 라벨의 예

6 안전 대책에 대한 분류

6.1 개요

램프 및 램프 시스템 제조 업체는 필요한 안전 대책과 사용자에게 존재하는 위험, 필요한 경고 및 제안 된 사용자 안전 예방 대책을 결정하기 위해 위험 분석을 수행해야 한다. 위험 그룹 분류는 램프 및 램프 시스템 안전에 대하여 허용 할 수 있는 수준을 달성 함에 있어 제조 업체의 공학적 통제 설계 분야에 도움이 된다. 제품의 종류와 그 사용 용도는 허용 할 수 있는 방출 수준, 예측 가능한 노출 기간 및 예측 가능한 접속 가능 거리를 결정한다.

광학적 방사선에 대한 노출은 원하지 않는 방사선을 광원에서 통제 함으로 – 즉, 스펙트럼 필터링 또는 차폐 함으로 – 감소시킬 수 있다. 원하지 않는 위험한 UV 및 IR 방사선은 가능할 경우 피하거나 적절한 필터를 사용하여 감소시켜야 한다.

비고 가시적인 스펙트럼 범위에서 의도하지 않은 스펙트럼 요소의 선택적 통제는 보다 도전적일 수 있는데 왜냐하면 스펙트럼 필터링은 필수적인 컬러 또는 램프 시스템의 강도를 변화시키는 원인이 될 수 있기 때문이다.

제조 업체는 사용자에게 안전 정보를 제공해야 하고 고려해야 할 사용자 통제 사항의 종류를 설명해야 한다. 제품 사용 조건에 따라 필요한 통제 대책은 접근 제한 및 통제 된 지역을 포함 할 수 있다.

실내 접근 제한 지역의 예는 다음과 같다.

- 전용실에 있는 잠긴 장비 캐비닛
- 서비스/ 유지보수 요원이 점유하고 있는 위치, 및
- 전문가 접근 타워와 같은 장비가 필요한 지역 (즉, 가로등, 경기장 용 조명 등)

제한 된 접근 지역의 분류는 제품에 특화되어야 하고 제품의 수직 기준을 사용하여 제시해야 한다.

접근 통제된 지역의 예는 엄격하게 접근이 통제된 잠긴 방, 울타리가 설치 된/ 안전한 지역, 및 접근을 위해 특별한 도구나 키가 필요한 장비가 있는 실내 지역을 포함한다. 통제된 접근 지역에 대한 시방서는 제품에 특화되었고 제품의 수직 기준을 사용하여 제시해야 한다.

일반적으로 교육의 필요, 위험 지역에 대한 접근 제한 및 개인용 안전 장구는 다른 통제 방법이 부적절하고 비 현실적일 경우, 작업장 환경 하에서 사용 할 수 있는 전문 제품만을 고려해야 한다. 특정 제품 종류에 대한 안전 대책은 해당 수직 기준을 사용하여 제시해야 한다.

6.2 허용 가능한 최대 관찰자 위험

램프를 특정 위험 그룹으로 분류하는 일은 200 mm 거리에서의 램프 방출 및 적용 가능한 위험 그룹 노출 시간에 기초한다. 그러나 램프가 제품에 통합 될 경우, 제품의 설계 및 사용 조건에 따라 이러한 평가 조건은 그 제품을 대표 할 수 없게 될 수도 있다. 그럴 경우, 제품은 최소 거리 및 예측 가능한 접근 방법으로 (관찰자와 관련 된 위험) 특정 사용 조건을 대표하는 최대 노출 시간으로 평가 할 수 있다.

사용 조건은 광원에 대한 인트라 빔 관찰의 유사성에 따라 세 그룹으로 분류 할 수 있다.

- 의도하지 않은 짧은 기간 (차량, 스팟, 플래시, 프로젝션)
- 간헐적 및 가끔 (또는 가능한)의 짧은 기간 (아동의 정상적인 집중 시간이 짧은 경우 여러 종류의 장난감, 실험 장비, 가정, 신호 용) ;
- 의도적인 (또는 가능성 있는) 긴 시간 (디스플레이).

제품이 특정 사용 조건 하에서 평가 될 경우 이러한 관찰자와 관련 된 위험 그룹 분류는 제품에 포함 된 램프의 위험 그룹과 다를 수 있다. 표 3은 특정 사용 조건 하에서 평가 할 수 있는 제품의 최대 허용 가능 위험 그룹에 대한 지침을 제공한다.

이와 같이, 위험 그룹 3 램프가 디스플레이에 포함 될 경우 (의도적인 장기간 노출), 이는 디스플레이의 관찰자 관련 위험 그룹이 면제되었을 경우에만 허용 가능하다.

위험 그룹 3 램프가 신호용 장비 (의도적인 단기간 노출)와 함께 사용 될 경우 이는 신호용

장비의 관찰자 관련 위험 그룹이 최대 위험 그룹 1인 경우에만 – 예측 가능한 노출이 접근 거리 및 최대 노출 시간에 의해 통제된 경우에만 – 허용 될 수 있다.

위험 그룹 3 램프가 차량의 헤드라이트에 포함 된 경우 (의도적이지 않은 단기간 노출), 헤드라이트의 관찰자 관련 위험 그룹이 위험 그룹 2일 경우에만 – 예측 가능한 노출이 최소 접근 거리에 의해 통제 된 경우에만 – 허용 될 수 있다.

표 3 – 특정 사용 조건 하에서 관찰자와 관련 된 위험에 대한 제품 평가의 최대 허용 가능 위험 그룹

램프 시스템의 위험 그룹	특정 사용 조건 하에서 평가 된 위험 그룹 - 관찰자와 관련 된 위험		
	의도적이지 않은 단기간	의도적인 단기간	의도적인 (가능성 있는) 장기간
면제 그룹	위험 면제 그룹	위험 면제 그룹	위험 면제 그룹
위험 그룹 1	위험 그룹 1	위험 그룹 1	위험 면제 그룹 - 접근 거리 또는 통제된 접근에 의해 제한 된 노출
위험 그룹 2	위험 그룹 2	위험 그룹 1 - 접근 거리 및 노출 시간, 또는제한 된 위치에서 사용 된 제품에 의해 제한 된 노출	위험 면제 그룹 - 접근 거리 또는 통제된 접근에 의해 제한 된 노출
위험 그룹 3	위험 그룹 2 - 접근 거리 또는 제한 된 위치에서 사용 된 제품에 의해 제한 된 노출	위험 그룹 1 - 접근 거리 및 노출 시간, 또는 제한 된 위치에서 사용 된 제품에 의해 제한 된 노출	위험 면제 그룹 - 접근 거리 또는 통제된 접근에 의해 제한 된 노출

표 3은 지침을 위한 표이다. 사용 조건과 관련 된 수직 기준은 필요한 평가에 대한 보다 상세한 내용을 제공 할 수 있고, 고려 할 필요가 있을 수도 있는 안전 통제 대책을 설명한다.

특정 사용 조건 하에서의 분류는 제품의 사용 용도에 대해서만 적용 할 수 있다. 사용 및 유지보수 요원에 대한 안전 대책은 포함 된 램프의 위험 그룹에 기초해야 하고, 램프 시스템의 사용 조건에 의존적이어서는 안 된다.

부록 A

(정보 제공용)

확장된 광원으로부터의 광도 및 시각 상의 위험

A. 1 개요

망막에 위험한 스펙트럼 범위 (400 nm ~ 1 400 nm) 에서 광학적 방사선을 방출하는 확장된 광원에 대하여, 광도의 개념은 광원을 설명하고 망막에 대한 위험이 존재 – 또는 부재 – 하는지 확인하기 위한 방사선 측정 계산을 관리하는데 유용하다.

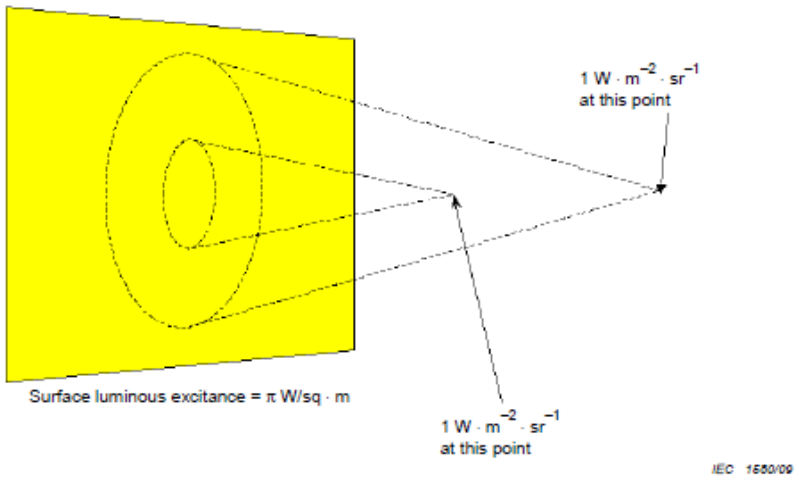
광도의 유용성을 논하기 전에, 광도가 도움이 되지 않을 것 같은 광원의 종류와 노출 상태를 확인하는 일은 가치 있는 일이다. 점 광원은 광도가 정의되지 않았고 따라서 정의 된 거리에서 방사 조도와 같은 다른 방사 측정 량을 측정 및 논하는 것 보다 레이저의 인트라 빔과 1.7 mrad 이하의 시각을 마주하는 광원을 관찰하는 것이 더 유용하다. 질문의 광원을 확대용 광학 기구를 사용하여 관찰 할 수 있다면 광원의 투입각이 1.7 mrad 이상으로 증가 될 가능성이 있기 때문에 확장된 광원이 되는 것이 유의한 일인지 고려해 보아야 한다. 그러나, 광원으로부터의 위험에 대한 전체론적 처리의 경우 동일한 광원의 점 및 더 멀어진 광원 처리 모두를 커버하기 위한 방사 조도 방식의 단위으로서 계속 사용하는 것이 나을 수도 있다.

스펙트럼 출력이 망막 위험 범위를 벗어난 광원은 광도 특성이 별로 좋지 않은 것으로 알려져 있다. 방사 조도나 광도 노출은 그러한 광원에 더 많이 사용한다. 측정 구조 사이의 전환은 까다로운 일이고 잠재적인 오류의 가능성을 내포하고 있다. 따라서 일반적으로 광도는 가시 및 근적외선 광원의 평가에만 사용한다. 조도는 가시 광선 광원에 대한 광도 측정 아날로그이다. 따라서 IEC 62471에는 위험 면제 그룹의 램프 광원을 확인하는 지침으로서 조도의 상한 값이 포함되어 있다.

A. 2 광도의 기하학

관찰자를 광원과 연관 지어 추정한 '기하학'은 광도 및 그 측정 아날로그, 조도 등과 함께 사용한다. 이는 위험 분석 및 광도 측정 모두에 대하여 매우 유용한 특성을 갖고 있는 것으로 밝혀졌다. 조도는 종종 디스플레이와 같은 방출 표면의 휘도'를 설명하는데 사용된다. 동일한 이유로 광도는 방출 표면으로부터의 위험을 정의하는데 사용 될 수 있다. 광도는 입체각 당 면적으로 나눈 거듭제곱 (W ● m^{-2} ● sr^{-1}) 으로 표현된다. 확장된 광원으로부터의

거리에 대한 광도가 불변인 광도 기하학의 주요 결과 중 하나를 그림 A. 1에서 볼 수 있다. 확장된 광원으로부터 관찰자나 감지 장치가 멀어질수록 역 제곱 되는 손실은 샘플의 광원 면적의 증가로 보상된다.



Surface luminous excitance – 표면 조도 발산도

그림 A. 1 – 확장된 광원의 거리에 대한 광도의 불변성

확장 된 광원과 관찰자 사이에 굴절 또는 반사용 확대 또는 축소용 광학 기구를 끼워 넣은 경우 광도가 보존됨을 보여주기 위해 이와 유사한 주장을 사용 할 수 있다 (흡수에 기인한 손실을 조건으로). 다시 말하면, 비록 확대 또는 축소용 광학 기구가 광원의 분명한 시각을 변경시킨다 할 지라도 이를 보상하기 위해 단위 면적 당 광력 (light power)을 명백하게 변경시킨다. 이와 같이 광도는 광학 기구에서 흡수됨으로만 영향을 받게 되고 동공과 관련 된 문제로부터 벗어나게 된다.

A. 3 망막 기준 값 및 광원 파라미터 사이의 관계

실험에 의한 기준 값의 결정에서 망막 손상 기준 값은 일반적으로 망막으로부터의 방사 조도, 즉, W ● m^{-2} 로 측정된다. 광원의 특성을 망막 손상 기준 값과 비교하는 일은 복잡한 방사 조도 변환을 포함하게 되고 확장 된 광원의 경우 거리 의존적인 고찰을 유도하게 된다. 광도의 단위로 망막 기준 값을 다시 표현하는 일은 눈의 광학적 처리 및 삽입용 광학 기구를 의미하고, 위험 평가를 매우 간소화 할 수 있게 된다.

A. 4 위험 평가 시 광도의 사용에 대한 제한 사항

광원을 특징 짓기 위해 광도를 사용하는 것에 대한 일부 제한 사항은 이미 위의 A. 1에서 설명하였다.

추가적으로, 램프 및 조명 산업과 관련하여 특정 캡슐 속에 들어 있거나 폐쇄된 위치에 있는 광원의 경우 그 특성을 정의하기 위해 광도를 측정하는 것이 어려울 수도 있다. 문제는 광원의 면적을 정의 할 때 – 광도 W ● m^{-2} ● sr^{-1}에서 m^{-2} 으로 표시되는 – 발생한다. 방사속의 측정은 일반적으로 복잡하지 않은 반면 광원 입체각의 정의는 중간 정도의 도전이 된다. 광원 면적 또는 측정 도구에 의한 샘플 면적의 계산은 극도로 어려울 수도 있다. 한 가지 가능한 해법은 광학 시스템 내에 있는 광원의 실제 또는 가상 이미지를 사용하여 – 존재 할 경우 – 입체 각과 면적 모두를 정의하는 것이다. 제공 된 입체각과 면적은 모두 동일 평면 상에서 측정 한 것이다. 그 유효성은 "광도의 보존" 원리를 따른다. 그러나 이 경우 광원 면적은 한 평면 상에서 정의하고 입체각은 다른 평면 상에서 정의하는 함정에 빠지지 않도록 주의해야 한다.

A. 5 균일하지 않은 광원

국부 방사 방출량이 변화하는 (즉, 비 균일 광원) 광원의 광도 측정은 IEC 62471에서 명시한 입체각에 통합시켜야 한다. 이는 측정 된 광도가 눈의 움직임과 안구 일탈을 고려하여 경험에 의한 망막 손상 기준 값과 올바로 비교 되었음을 보장한다.

A. 6 광원의 광도와 공간적 평균 광도 사이의 관계

광도 또는 시간 통합 광도에 제공 된 노출 제한 값은 광도의 보존 원리에 따라 램프가 명시한 광도의 수준보다 낮은 량을 방출 할 경우 (주어진 위험 그룹에서), 최종 조명 기구 역시 허용 가능한 방출 한계를 초과하지 않을 것이라는 가정으로 인도 할 수 있다. 따라서 반복적으로 측정하지 않기 위해 램프 제조 업체는 자신의 장치 (단일 램프)의 안전 요소를 특징짓고 관련 위험 그룹을 분류할 필요가 있다.

일반적으로 광도 L (W • m^{-2} • sr^{-1})는 정의된 측정 거리 r 에서 정의된 측정 구경 조리개를 통과하는 방사속 P (W)를 측정함으로 정의 할 수 있다 (예를 들어, 그림 A. 2 참조). 구경의 지름 d 는 입체 수집각 (solid collection angle) Ω (sr) 및 감지 장치의 전면에 있는 원형 시야 조리개에 의해 사전에 결정 된 수광각 γ에 해당하는 측정 면적 AFOV (여기서는 "관찰 영역" FOV (m²)에서 면적으로 정의 됨)를 정의한다. 일반적으로 광원은 그림 A. 2와 같이 FOV를 초월하여 확장 된다 (즉, $\alpha > \gamma$). 광원의 광도는 측정 구경, 측정 면적 FOV 및 입체각 Ω 를 통과하는 방사속 P 로부터 다음과 같이 계산할 수 있다.

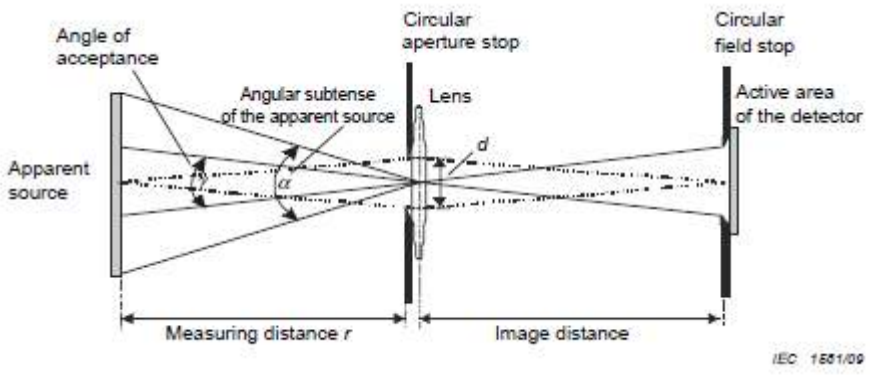
L (W • m^{-2} • sr^{-1}) = P [W] / Ω (sr) x AFOV (m²)

시간이 통합 된 광도는 동일한 방법으로 측정 된다. 그러나 광출력 P 의 측정은 방사선 에너지 Q 를 측정하여 대체한다.

비고 1 광도 L 은 다르게 정의 된 용어에 따른다

$$L_e = \frac{d\phi_e}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega}$$

따라서 위에서 사용한 FOV 라는 용어와 입체각은 이미 광도에 통합되었고 위에 주어진 출력에 대한 공식은 이미 통합된 값이다 (IEV 845-01-34 참조)



Angle of acceptance – 수광각

Angular subtense of the apparent source – 분명한 광원의 투입각

Circular aperture stop – 구경 조리개

Circular field stop – 원형 시야 조리개

Active area of the detector – 감지 장치의 활동 영역

Apparent source – 분명한 광원

Measuring distance – 측정 거리

Image distance – 이미지 거리

그림 A. 2 – 광도 및 시간이 통합 된 광도의 결정을 위한 일반적인 측정 조건

IEC 62471는 눈의 물리적인 움직임과 영상 특성을 고려한 공간적 평균 광도의 측정을 필요로 한다. 이러한 측정 방법은 광도의 전형적인 측정 결과와는 다른 결과를 가져 오지만, 광원으로부터의 동공에 대한 위험 결과를 더 잘 나타내 준다. 공간적 평균 광도의 측정은 노출 시간에 크게 의존적인 특정 수광각 γ를 필요로 한다. 이와 같이 측정을 위한 해당 FOV는 각각의 광원의 크기와 위험 그룹에 의해 결정 된 적용 노출 시간에 따라 광원보다 작거나 (오버필 – 과도하게 큼, 그림 A. 3a 참조) 광원보다 클 (언더필 – 모자람, A. 3b 참조) 수도 있다. 이는 광원이 항상 측정 면적 이상으로 확장돼야 했던 기존의 광도 측정 결과와는 매우 차이가 있을 수도 있다. 실제 광원의 크기와 상관없이 광도 한계는 FOV가 정의 된 면적과 관계가 있다.

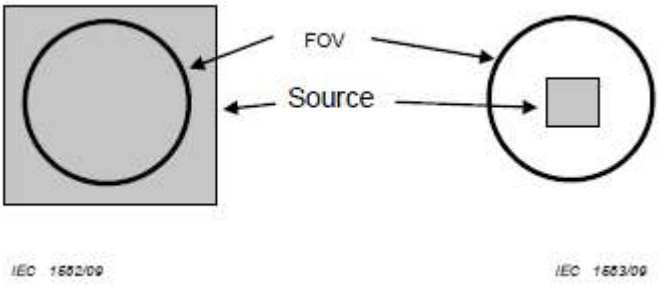


그림 A. 3a – FOV 보다 더 큰 광원 광원 (오버필) **그림 A. 3b – FOV 보다 더 작은 광원 (언더필)**

그림 A. 3 – 광원의 크기

투입각 α 가 적용 가능한 수광각 (및 "실제" 광원 광도, 그림 A. 3a 참조) 보다 큰 경우 단일 광원 광도의 보존을 적용 할 수 있다. 광원의 확장이 FOV보다 작을 경우 시야와 광원 면적 사이의 관계가 변경되지 않는 한 광도의 보존에 기초한 안전 사항은 유효하다. 이러한 관계는 단일 램프 또는 조명 장치 (배열)에 포함 된 LED의 통합 또는 확대용 광학 기구의 사용으로 변화되는 것 같다 (부록 D 참조).

비고 2 FOV 보다 큰 광원의 투입각에 대한 광도의 보존은 광원이 균일하다고. 즉, 광원의 광도는 광원 전체에 걸쳐 일정하다고 가정한다. 광원이 균일하지 않을 경우 FOV는 최악의 경우를 결정하기 위해 광원 주위를 스캔해야 한다.

특별히 위험 면제 그룹으로 분류 된 장치와 가장 제한적인 청색광 위험에 대하여 수광각은 최대 100 mrad이다. 200 mm 의 최악의 평가 거리로부터, 100 mrad 의 해당 평균 FOV 지름은 20 mm에 달하게 된다. LED 칩, 단일 LED 또는 일반적인 램프 필라멘트의 규격은 일반적으로 더 작다. 공간적 평균 광도를 사용한 위험 면제 그룹의 한계 값에 순응하여, 작은 요소의 "실제" 광도는 이론적으로 요소 $(Y/\alpha)^2$에 의해 더 높게 된다. 따라서, 그러한 다수의 요소가 램프 시스템 – 즉, 고밀도 LED 배열 – 과 결합 될 경우 이러한 위험 면제 그룹의 한계 값은 초과될 수 있다.

또 다른 경우는 요소에 대한 빔 형태의 광학 기구의 부착이다. 이러한 경우 작고 분명한 광원 (apparent source)은 일반적으로 확대 및 확장 되고 (부록 D 참조), FOV를 과도하게 채우며, 따라서 처음 근사치에서 "실제" 광원의 광도는 변하지 않고 더 높아지게 된다.

일반적으로 10 000초의 노출 시간에 대하여 안전한 위험 면제 그룹의 광원은 더 짧은 노출이나 관찰 시간에 대하여도 안전해야 한다 – 즉, 위험 그룹 1 및 위험 그룹 2의 기준을 만족시켜야 한다. 이와 같이, 최소한의 요소에 대하여 램프 안전 기준 분류 요구사항에 엄격하게 집착하는 것은 적절하지 않다.

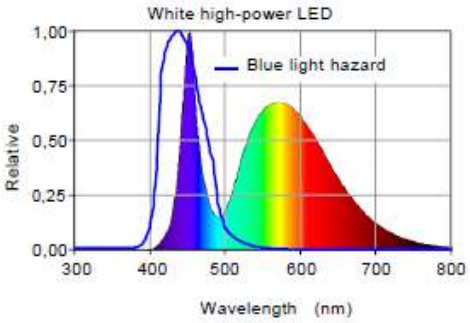
비고 3 FOV는 위험 그룹에 따르고, 이는 요소가 위험 그룹 1 및 2의 요구 사항이 아닌 위험 면제 그룹에 대한 요구 사항을 만족한다는 의미이다.

램프나 LED 제조 업체는 한계 값과 분류를 비교하기 위해 "실제" 광원의 광도를 결정해야 하고, 이때 1.7 mrad의 최소 수광각을 적용해야 한다.

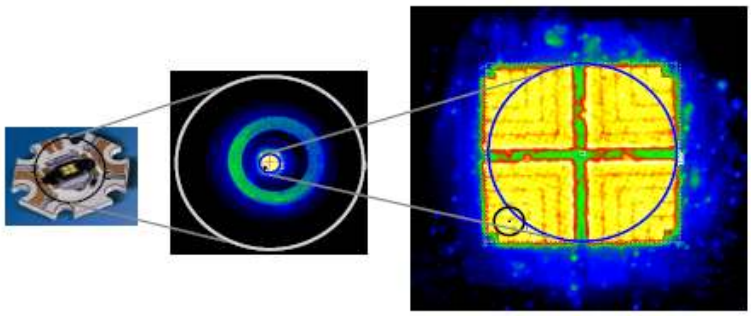
FOV가 항상 오버필 된 큰 광원의 경우 (그림 A. 3a), 광도 값의 결과는 FOV에 독립적이어야 한다.

작은 광원의 경우 (그림 A. 3b), 요소에 대한 최악의 시나리오는 이동 가능하고 최종 램프 시스템의 분류에 유용하다. 그러나 이러한 평가는 최종 제품/ 램프 시스템/ 조명 장치를 과도하게 제한 할 수도 있고 그러한 경우 제조 업체는 다른 FOV를 사용하여 평가 할 것을 고려해야 한다.

그림 A. 4는 "pc-백색" LED 요소를 보여주고 이때 $B(\lambda)$ – 편중 된 광도는 이미징 광도계를 사용하여 측정된다.



γ_{FOV} [mrad]	Measured [W·m^{-2}·sr^{-1}]	Limit [W·m^{-2}·sr^{-1}]
100 (Exempt Risk Group)	250	100
11 (Risk Group 1)	$7,5 \times 10^{3}$	1×10^{4}
1,7 (Risk Group 2)	$1,1 \times 10^{4}$	4×10^{6}



γ_{FOV}: 100 and 11 mrad 1,7 and 11 mrad

IEC 1554/09

White high-power LED – 고 출력 백색 LED,

Blue light hazard – 청색광 위험,

Measured – 측정된 값,

Limit – 한계

Exempt Risk Group – 위험 면제 그룹

200 mm의 거리로부터 세 가지 적용 가능한 FOV 측정 (즉, 미래 적용 조건이 알려지지 않음)

광원 – 광도 측정 및 색 측정법의 발전에 대한 W. Halbritter e.a. Proc. CIE 전문가 심포지움 2008

그림 A. 4 – B (λ) – 최첨단 "pc-백색" LED 요소의 편중 된 광도 분포

위험 그룹 시방서에 따라 하나 및 동일한 장비에 세 가지 수광각을 적용한다. 그림 A. 4에 있는 표는 적용 가능한 한계뿐 아니라 각 γOV 에 대하여 측정 된 광도 값을 보여 준다.

위에서 논한 것처럼 차후에 복합 시스템에 통합된 요소로서 평가 될 경우 및 1.7 mrad의 수광각이 적용 될 경우, 이는 이러한 조건 하에서 위험 그룹 1 (1 x 10^4 W ● m^{-2} ● sr^{-1})을

초과하기 때문에 위험 그룹 2로 분류돼야 한다. 이는 매우 보수적 측면에서 최악의 분류 상태를 보여주고 램프 시스템 제조 업체는 어떠한 경우라도 이러한 분류 등급을 증가시킬 수 없다.

그러나 이러한 장비가 최종 제품으로 간주되고, 위험 그룹 분류가 매우 엄격할 경우 (최종 제품이 동일한 안전 대책에 이미 포함될 가능성이 있으므로), IEC 62471에 따라 철저하게 분석해야 한다. 적절한 FOV를 사용하여 측정할 경우, B (λ) – 편중 된 광도는 위험 면제 그룹의 한계 만을 초과하기 때문에 이 경우 최종 제품은 위험 그룹 1으로 분류된다.

부록 B

(정보 제공용)

위험 거리의 결정

B. 1 개요

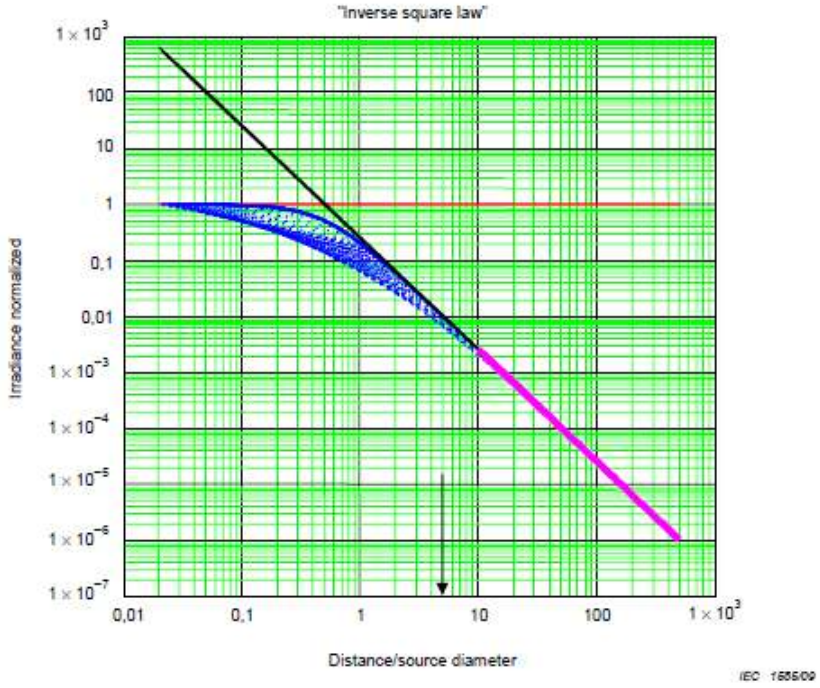
일반적으로 사용 조건에 독립적이기 위해 광학적 광원을 위험 그룹으로 분류하는 일은 최악의 경우, 즉, 노출 시간, 동공의 크기 및 관찰 거리를 가정하여 시행한다. 이와 같이, 램프 안전 기준에서 필요한 측정 거리는 일반적으로 200 mm이고, 이는 사람의 합리적인 최하 관찰 거리에 해당한다. 그러나 램프의 공간에 대한 방출은 종종 발산하고, 합리적인 거리에서 의도적인 또는 우연한 관찰자에 대한 실제 위험은 램프의 최악의 경우를 고려한 분류에 적절히 반영되지 않을 수도 있다. 따라서 램프 시스템의 최소 안전 관찰 거리 (HD)의 값은 중요하다. 여기에서 HD는 광원으로부터의 거리로 정의 되는데, 여기서 측정된 광원 방출 값은 적절하고 접근 가능한 노출 한계 값 (ELV)과 동일하다. 다른 위험 그룹에 대하여 ELV가 제공되기 때문에 해당 위험 거리를 사용하여 각 위험 그룹에 대한 의도적인/ 우연한 관찰자 위험을 결정 할 수 있다. 제 6절의 사용 조건과 관련 있는 수직 기준의 개발에 대한 간략한 지침은 필수적으로 이러한 개념에 기초한다. 이와 같이, 이는 사용 조건에 따라 다르고 (즉, 직접적인 광원 관찰의 가능성), 관찰자와 관련 된 위험 (각각의 HD)이 특정 경우에 허용 될 수 있다 (기술 보고서 표 3 참조). 해당 HD는 적절한 안전 대책의 분류에 사용 될 수 있다 – 예를 들어, 광원에 더 가까이 접근하는 것을 방지함으로.

IEC 62471의 한계 값은 별도의 고려 사항이 필요한 두 개의 다른 용어를 제공한다. 방사 조도로 제공된 한계에 대하여 (망막 위험 범위 밖의) 측정된 값과 광원까지의 거리 사이의 역 제곱 (거리의 제곱에 반비례) 관계는 첫 근사치로 추정되었다. 이는 결과적인 광도 값이 다른 거리에서 측정 하였을 때 변화해서는 안되기 때문에 일반적으로 시간과 통합된 광원 광도로서 제시 된 망막 한계에 적용할 수 없다.

B. 2 방사 조도에 제공 된 한계

B. 2.1 일반적인 관계

망막 위험 파장 범위 밖에서 (400 nm ~ 1 400 nm) 램프 안전 기준에 대한 ELV는 방사 조도로서 제공된다 (W ● m^{-2}). 이러한 방사 조도의 한계에 대하여 기본적인 방사선 분석의 역 제곱 법칙은 안전한 관찰 거리를 결정하는데 사용 될 수 있다. 그러나 이는 원 거리 장의 발산 광원에만 적용 할 수 있고, 광원의 크기는 평가 거리에 비교하여 작다. 주어진 광원의 광도와 몇 가지 거리의 광원에 의한 및 다른 광원 규격에 대한 해당 방사 조도 사이의 일반적인 관계는 그림 B. 1에서 볼 수 있다.



Inverse square law – 역 제곱 법칙

Irradiance normalized – 정상화 된 방사 조도

Distance/ source diameter – 거리/ 광원 지름

x-축 – 거리와 광원 지름 사이의 관계 즉, ~1/α.

청색 – *L* 과 *E* 사이의 일반적인 관계 (광원 크기 및 거리의 보다 큰 범위에 대한 – 따라서 "청색 라인"의 수가 많다).

적색 – "광도 보존" (*E*는 *L*에 비례한다).

검은색 – 역 제곱 법칙 (*E*는 L/r^2 에 비례한다).

자홍색 – 고려 대상의 투입각에 대한 해당 범위

그림 B. 1 – 광원 지름 및 거리의 변화되는 값에 대한 광도 *L* 과 해당 방사 조도 *E* 사이의 정상화 된 상관 관계

그림 B. 1 (화살표)에서 표시한대로 광원 거리 및 광원 지름 (x – 축) 사이의 관계가 5보다 클 경우, *L* 과 *E* 사이의 엄격한 관계 (청색 라인) 및 (간단한) 역 제곱 관계 (검은색 라인) 사이의 편차는 1% 이하이다. 자홍색 라인은 고려 대상인 투입각에 대한 해당 범위를 나타내는데 (αmin 및 αmax 사이) 이는 IEC 62471에 따른 위험 분석과 일반적으로 적용하는 원거리 장의 조건을 보여준다. 이와 같이, 위험 거리 (HD)를 결정하기 위해 기본적인 방사 분석 및 광도 측정의 역 제곱 법칙을 사용 할 수 있다.

그런 경우, 광원 거리 *r*1에서 방사 조도 *E*1과 광원 거리 *r*2 에서 방사 조도 *E*2 사이의 관계는 다음의 관계를 유지한다.

$$E_1 r_1^2 = E_2 r_2^2$$

이는 스펙트럼 상으로 편중 된 방사 조도 – ELV가 측정 거리 *r*1에서의 값 *E*1 에 의해 초

과 될 경우 해당 HD *r*2 는 다음과 같이 계산 된다.

$$HD = \sqrt{\frac{E_1 \times r_1^2}{ELV}}$$

따라서 *r*1 = 200 mm 일 경우

$$HD = \sqrt{\frac{E_1 \times 0.04}{ELV}}$$, in m 가 된다.

위의 방정식에서 방사 조도 – ELV는 각 위험 그룹에 대하여 계산 할 수 있다.

B. 2.2 빔 형성 광학 기구의 영향

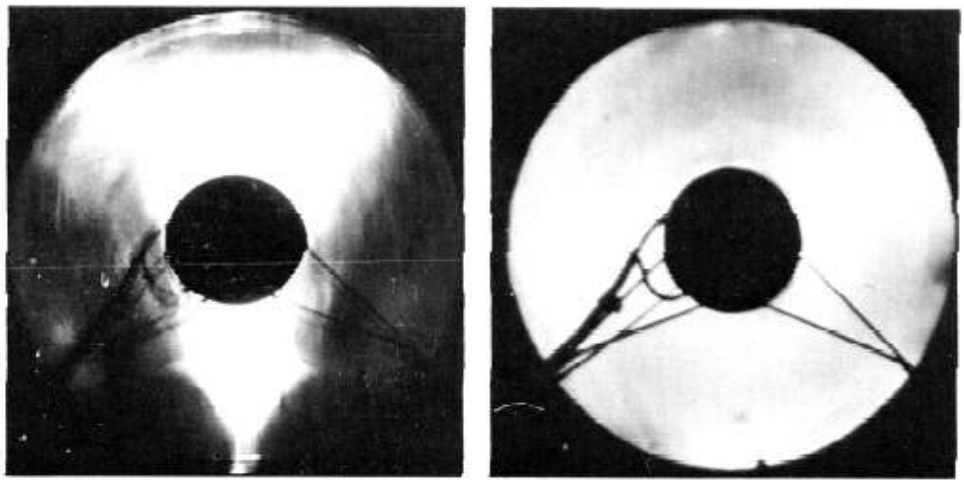
B. 2.2.1 프로젝션 시스템이 있는 램프

빔 형성 광학 기구가 있는 광원을 고려 할 경우 주의를 기울여야 한다 – 부록 D 참조. 비록 그림 B. 1 에서의 일반적인 관계가 유효 할지라도 그러한 경우에는 광원을 확대해야 한다 – 그림 B. 2 참조 (한편 방사 조도는 증가한다). 이는 보다 큰 광원 거리 (때로는 "플래시 (비치는) 거리"라고도 부른다) 로부터 광도 *L* 과 방사 조도 *E* (적색 라인) 사이의 선형 관계가 보다 큰 광원 거리 및 원거리 장 조건까지 확장되는 한편 역 제곱 법칙이 적용 된다.

프로젝션 시스템에서 리플렉터 또는 렌즈 *f* 의 초점 거리, 광원 *D* 의 지름 및 리플렉터 (또는 렌즈) 구경 지름 *a*를 알고 있을 경우 이러한 플래시 거리 *r*f는 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$r_f \approx a \times f / D$$

실제로, 구경의 값은 일반적으로 전체 리플렉터 지름의 50 ~ 70 %이다.



IEC 1555/09

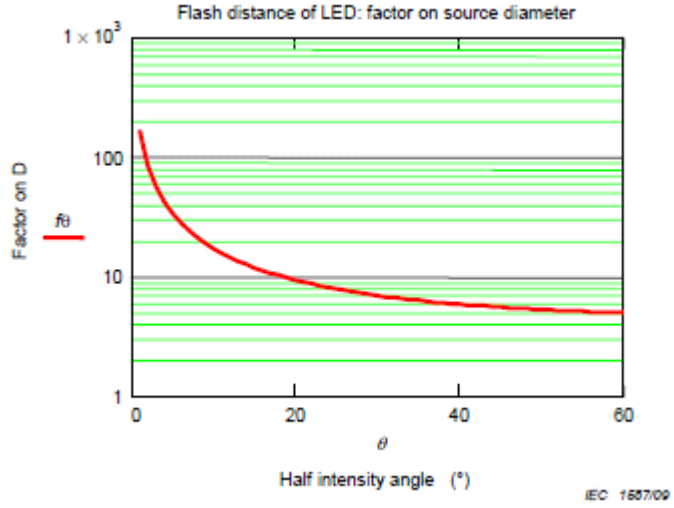
상대적으로 가까운 관찰 거리에서는 삼각형 모양의 호를 볼 수 있지만 먼 거리에서는 리플렉터가 완전히 비치게 되고 (채워지고) 빔 방사 조도는 거리의 제곱에 반비례하여 낮아지게 된다 (광원: Sliney and Wolbarsht, Safety with Lasers and Other Optical Sources, New York, Plenum, 1980).

그림 B. 2 – 아크 서치라이트의 직접적인 인트라 빔을 관찰하면 실제 아크 (호)의 확대된 모양을 볼 수 있다

B. 2.2.2 통합 된 광학 기구가 있는 플라스틱 캡슐 안에 있는 LED

다소간 지향성이 있는 LED의 방사선에서 비치는 거리는 공간적 방출 분포의 빔 각도 (Θ)에 따라 광원 지름의 60배까지 될 수 있다.

이상적인 랑베르 코사인이 분산 된 LED 칩에서, "경험에 근거한 규칙 (rule of thumb)"을 참조 할 경우 광원까지의 거리는 광원의 사이즈보다 5배 더 커야 한다. 그러나 캡슐 속에 들어 있는 LED의 방출의 방향을 빔 각도에 따라 리플렉터나 렌즈를 사용하여 결정 할 경우, 광원의 인자 f 는 증가하게 된다 (데이터 시트에서 사용 할 수 있다). 이는 계산 할 수 있고 그림 B. 3은 LED의 빔 각도에 따른 광원 지름 D에 대한 요소의 범위를 보여준다.



Flash distance of LED: factor on source diameter – LED의 비치는 거리: 광원 지름에 대한 요소

Half intensity angle (°) – 빔 각도 (°)

Factor on D – D에 대한 요소

y-axis: factors on the source diameter D – y 축: 광원 지름 D에 대한 요소

그림 B. 3 – 계산 된 LED의 비치는 거리는 공간적인 방출에 대한 개별적인 빔 각도 Θ에 따라 다르다.

그림 B. 3에서 볼 수 있는 바와 같이, Θ = 60°인 이상적인 랑베르 광원에 대하여 위에서 말한 "경험에 근거한 규칙 (rule of thumb)"에 대하여 말하자면, 인자 *f* 는 5에 달한다.

예: Θ = 5, *f* ≥ 34; 지름 *D* = 10 mm인 광원 중 역 제곱 법칙이 적용 되는 곳에서 최소 거리 r_f 는 200 mm인 표준 측정 거리보다 큰 340 mm 에 달하게 된다.

빛이 미치는 거리가 측정 거리보다 클 경우, 위험 거리 HD는 r_1을 적용 가능한 "플래시 거리" r_f로 대체함으로 위의 방정식을 사용 할 수 있다.

B. 2.3 예: 최대 허용 가능 노출 시간 vs 안전 대책 도출을 위한 최소 안전 거리의 그래프

IEC 62471를 따라 화학선 UV 위험에 대한 노출 한계 값 (ELV)은 30 J ● m^{-2} 또는 방사조도에서 t가 초로 표시한 노출 시간일 때 *ELV* (*t*) = 30/t W ● m^{-2}가 된다.

이를 사용하여 위험 그룹과 관련 된 방사 조도 한계 (W ● m^{-2}로 표시 된 ELV)를 유도할 수 있다.

위험 면제 그룹 (t = 30 000 s): *ELV*Ex = 0,001 W ● m^{-2}

위험 그룹 1 (*t* = 10 000 s): *ELV*RG1 = 0,003 W ● m^{-2}

위험 그룹 2 (*t* = 1 000 s): *ELV*RG2 = 0,03 W ● m^{-2}

UV 위험에 대하여 S(λ)가 있는 스펙트럼 가중치 함수가 필요하다. 이러한 가중치는 스펙트럼 방식으로 측정 한 후 적용한다. 그 반대로 작용 함수와 함께 스펙트럼 가중치에 의한 특정 광원 스펙트럼 한계 값과 관련 된 계산 역시 가능하다.

이러한 값은 통합 즉, 스펙트럼으로 미 해결 된 측정에 상응한다.

5 800 K의 컬러 온도와 함께 흑체 복사체의 광원의 예 (example source)을 고려한다. 작용 함수 S(λ)을 사용하여 가충치를 적용 한 후 화학선 UV 위험에 대한 특정 광원에 적용 가능한 한계 값은 30 J ● m^{-2} (효과적)으로부터 250 J ● m^{-2} (가중치 없는)으로 변화된다. 따라서 예를 들어,

위험 면제 그룹 (t = 30 000 s): *ELV*Ex = 0, 008 W ● m^{-2}

위험 그룹 1 (t = 10 000 s): ELV_{RG1} = 0, 025 W ● m^{-2}

위험 그룹 2 (t = 1 000 s): ELV_{RG2} = 0, 25 W ● m^{-2}

가 된다.

이 예에서, 거리가 r_1 = 200 mm이고, 그에 해당하는 파장 범위가 200 nm ~ 400 nm인 방사 조도의 측정 값은 E_S = 10 W ● m^{-2} (위험 그룹 3)이 된다.

이 방사 조도에 대한 최소 안전 관찰 거리 (HD)는 다음과 같이 계산 할 수 있다:

$$HD = \sqrt{\frac{E_1 \times 0.04}{ELV}}$$

여기에서 각 위험 그룹에 대한 다음의 거리를 다음과 같이 유도할 수 있다.

위험 면제 그룹: HD_{Ex} = 7 m

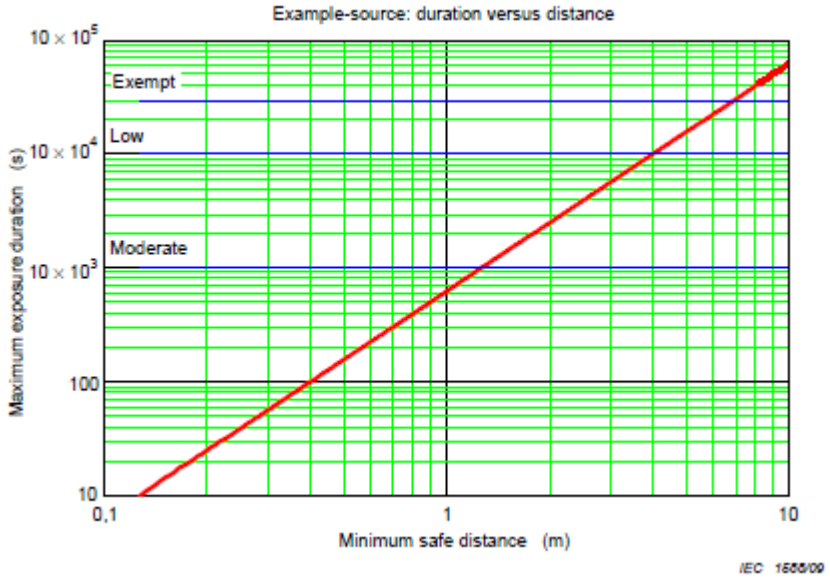
위험 그룹 1: HD_{RG1} = 4 m

위험 그룹 2: HD_{RG2} = 1,3 m

시간 의존적인 ELV 를 사용하여 유사한 계산을 보다 일반적으로 할 수 있다.

$$HD(t) = \sqrt{\frac{E_1 \times 0.04}{ELV(t)}}$$

이 계산에서 최대 허용 가능한 노출 시간 vs HD에 대한 간단한 그래프를 그릴 수 있다 (그림 B. 4):



Example-source: duration versus distance – 광원의 예: 시간 vs 거리

minimum safe distance [m] – 최소 안전 거리

maximum exposure duration [s] – 최대 노출 시간

Minimum safe distance (m) – 최소 안전 거리

이는 노출 시간에 대한 파라미터 조합 및 HD가 적색 라인 이하에 존재하는 한 안전 사용 조건을 대표한다. 그림에서와 같이 적절한 안전 파라미터 세트는 선택 한 위험 그룹이 될 수도 있다.

그림 B. 4 – 라디에이터의 예에 대한 화학선 UV와 관련 된 안전 사용 조건

사용 가능한 HD는 관찰자와 관련 된 위험 그룹에 따라 다르고, 이는 램프 시스템의 사용에 따라 다르다 (직접적인 광원을 보는 것과 유사하다). 예를 들어 램프 시스템이 신호를 보내는 데에 사용 된다면 (가끔 쳐다 봄), 의도한 관찰자에 대한 최대 위험 그룹은 위험 그룹 1 (표 3 참조)가 된다. 그러나, 이러한 분류는 어떻게 사용자가 제품을 설치 및 사용하는가에 따라 다르다. 어떠한 경우에도 적절한 위험 그룹에 대한 조건은 의도적인 관찰자가 위험 그룹 1의 위험 거리인 4 m 보다 가까워지는 것을 방지하는 통제 방법 (즉, 적절한 설치 위치)을 사용하여 보장해야 한다.

어떤 경우에는 그림 B. 4와 같은 다른 가능성이 있을 수도 있다. 화학선 UV 위험의 예에서 위험 그룹 1에 대한 기본적인 시간은 10 000 초이다. 노출 시간 또는 실제적인 직접 관찰 시간이 더 짧을 경우 (안내판의 제한 스위치로 인하여), 그에 따라 HD는 더 짧아 질 수 있다. 일반적으로 신호나 안내판을 장시간 직접 관찰하는 것은 현실적이지 않고, 정보를 취하는데 필요한 시간은 제한되어 있다. 그러한 접근에서 HD 및 노출 시간에 대한 그래프가 도움이 된다. 예를 들어, 이 예의 최대 관찰 시간이 100 초로 제한 될 경우, 그에 해당하는 HD는 40 cm가 된다. 그러나 가능성은 우세한 (가장 제한적인) 위험과 기본적인 관련 시간에 따라 다르다. 보다 많은 상세한 내용은 사용 조건과 관련 된 수직 기준에 제공된다.

B. 3 시간이 통합된 광도에서의 제한 사항

B. 3.1 일반적인 관련 사항

380 nm ~ 1 400 nm의 파장 범위 내에서 노출 한계 값은 광도의 관점 (W ● m^{-2} ● sr^{-1})으로 제시된다. 따라서 망막 노출은 광원 광도에 대하여 선형 의존적이다.

위에서 언급한 바와 같이 방사 조도와는 다르게, 측정 된 광도의 값은 광원 거리가 달라짐에 따라 변화하지 않는다.

그러나 일반적인 광학적 분류법과 비교하였을 때 IEC 62471의 주요하고 특징적인 구성은 IEC 62471가 "실제" 광원 광도 대신 공간적 평균 광도를 고려한다는 것이다 (기술 보고서 부록 A 참조). 실제 광원의 투입각과 독립적으로 측정값은 정의 된 수광각 γ에 대한 평균이고 한계 값은 광원 평면에서 정의 된 해당 면적에 대하여 적용 된다. 이와 같이 평가 거리가 HD의 위치까지 증가하는 한편, 투입각 α는 감소하게 되고 수광각은 동일하게 유지된다 (광원 거리에 독립적이다). 다시 말하면, 광원 면적 자체는 변화가 없지만, 광원의 평면에서 해당 FOV는 증가, 즉, 광원의 크기와 평균 FOV 사이의 관계에서 거리가 변한다는 것이다. 이는 광원 면적이 적용 가능한 FOV보다 크다면 실제적인 결과는 없게 된다.

그러나, 특히 위험 면제 그룹의 청색광 위험에 대하여 최대 적용 가능한 허용 각은 100 mrad 이고, 200 mm의 거리에서 FOV는 20 mm의 광원 지름에 해당한다. 이는 대부분의 필라멘트나 단일 LED보다 큰 값이다. 특정 거리에서 광원의 거리가 커지면 투입각은 수광각 보다 작아진다. 이러한 특정 광원 거리에서 r_{is}는 광원과 공간 평균 광도 사이에서 역 제곱 관계가 시작된다. 일반적으로 이러한 문제는 위험 거리를 결정하는데 있어 중요하고, GLS 광원의 경우, 500 룩스의 거리에 대하여 발생 할 수도 있다 (부록 C 참조). 그러한 배열 하에서 변하지 않는 광원의 광도에 대한 공간 평균 광도의 측정 값은 $(\gamma/\alpha)^2$의 관계에 따라 측정 거리가 증가함에 따라 감소하게 된다. 실제 광원 크기는 변하지 않는 반면, 공간적 평균 방사 조도 한계는 확장 및 증가 된 면적에 대하여 평균인 언더필 (부록 A 참조) FOV 면적과 관련이 있다.

특정 거리로부터 광원 거리가 증가함에 따라 투입각이 수광각보다 작아지게 된다. HD 값 역시 방사 조도의 관점에서 망막의 위험 한계가 가장 제한적일 때 결정 될 수 있다. 광원의 크기가 작을수록HD 거리도 짧아진다. 측정 된 공간 평균 방사 조도는 거리가 증가하면서 감소하게 되고, 적용 할 수 있는 특정 위험 그룹 한계 값과 동일해지는 점에서 해당 HD를 결정할 수 있게 된다. 각 한계 값은 특정 수광각의 조합이라는 사실을 알아야 한다. 적용 가능한 한계 값과 함께 γ 가 증가하게 됨을 고려할 경우, 거리가 증가함에 따라 평균 광도는 현저하게 감소 될 수 있다.

필요 할 경우 광원과 공간 평균 광도 관계가 무너지고 역 제곱 관계가 시작 되는 선형 관계의 특정 광원 거리 r_{is}를 계산 할 수 있다. 이와 같이, 방사 조도 한계 값에 대한 방정식과 유사하게 광도 값을 제한하기 위한 HD는 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$HD = \sqrt{\frac{E_1 \cdot r_{is}^2}{ELV}}$$

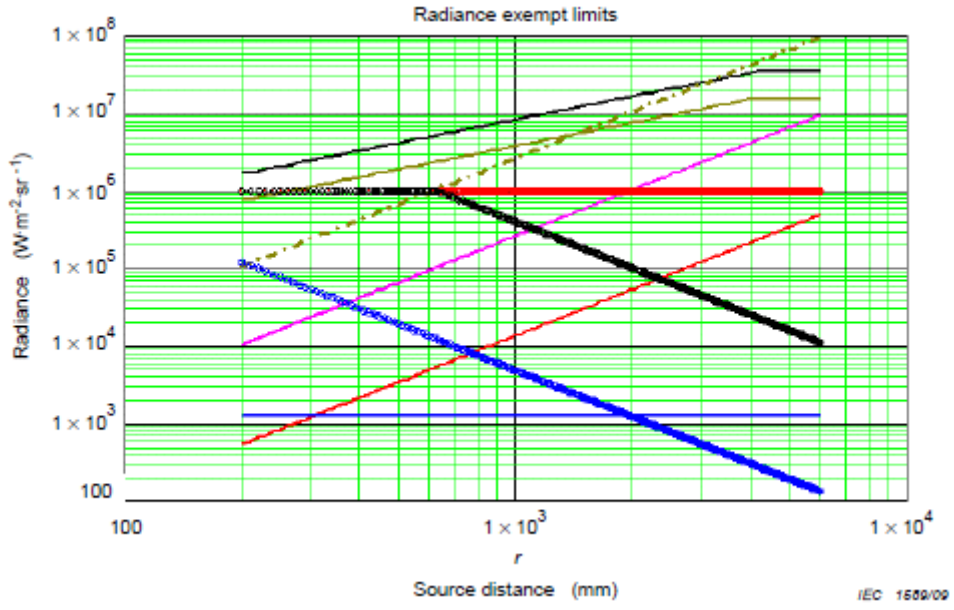
L_s가 광원 광도일 때, ELV는 주어진 위험 그룹 및 위험에 대한 적용 가능한 공간 평균 광도의 노출 한계 값이다.

위의 관계는 HD 값이 r_{is} 보다 클 경우 유효하다. 위험 거리는 각 위험 그룹에 대하여 계산할 수 있다. y 가 위험 그룹에 따라 다르기 때문에 해당 값은 r_{is}을 결정 할 때 사용한다.

B. 3.2 예제

청색광 위험 광도 및 pc 백생광 방출 LED에 대한 한계 값의 예는 부록 C에 있다. 보다 확장 된 스펙트럼을 방출하는 광원의 경우, 위험 거리를 결정 할 때 거리 증가에 따른 가능한 중첩이나 교차뿐 아니라 다른 위험도 고려해야 한다. 그림 B. 5의 이론적 고찰에서 설명한 대로, 이는 도전이 될 수 있다.

이 그림은 광원 지름이 7 mm인 할로겐 램프에 대하여 적용 가능한 모든 위험 면제 그룹의 한계 값을 보여준다. 한 그림 내에서 한계 값이 호환되게 하기 위해 (B. 2 항 참조) 방사 조도 한계를 해당 광도 한계로 이동시켰고 이는 광원의 크기 및 거리에 의존적이 된다 (그림 B. 1 참조). 망막 열 위험에 대한 광도 한계는 투입각이 αmin 가 될 때까지 거리가 증가함에 따라 투입각의 증가로 인하여 거리 의존적이 되었다 – 그림 B. 5의 꼬인 갈색 및 검은색 직선 참조. 이를 완성하기 위해 위험 면제 그룹 요구사항에 따라 측정 할 것이기 때문에, 광원의 휘도를 3 x 10^7 cd ● m^2 로 가정하여 거리를 고려 한 다른 공간 평균 광도의 이론적 모델 역시 보여준다.



Source distance (mm) – 광원 거리

Radiance exempt limits – 광도 면제 한계

Radiance (W.m–2.sr –1) – 광도

키

청색 – 청색광 위험

적색 – 화학선 UV 위험

자홍색 – 눈에 대한 UV 위험

갈색 – 낮은 시각적 자극에서 망막에 대한 열 위험

검은색 – 망막에 대한 열 위험

갈색 대시/ 점 선 – 각막 및 수정체 위험

거리를 증가시키면서 측정 할 수 있기 때문에, 생리학적 광도의 값은 3 x 10^6 W ● m^{-2}● sr^{-1}인 "실제" 광원 광도에 기초하여 다음과 같이 표시 할 수 있다.

- 청색 원 – 청색광 위험 (γ = 100 mrad으로 측정)
- 검은색 원 – 망막에 대한 열 위험 (γ = 100 mrad으로 측정)
- 적색 원 – 방사 조도에서 원래 제공 된 한계 값과 비교하기 위한 (변하지 않은) 해당 광도

그림 B. 5 – 광원 크기가 7 mm인 할로겐 램프의 공간적 평균 광도에 대한 거리 의존적인 (스펙트럼 가중치가 적용 된) 위험 면제 그룹의 한계 값

공간적 평균 광도의 다른 위험 그룹 한계 값과 다른 거리 (다른 또는 적용 할 수 없는 수광각으로 인하여)를 고려 할 경우, 그림은 더 복잡하게 된다.

할로겐 램프의 합리적인 휘도는 3 x 10^7 cd ● m^2이다. 적용 가능한 광도 및 방사 측정 전환 요소를 고려하여, 이 값은 그림 B. 5에서 해당 공간 평균 광도의 계산에 사용하였다. 다음의 위험 거리는 미터로 계산 할 수 있다.

표 B. 1 – 공간 평균 광도

	화학선 UV	UV 눈	청색광	망막 열	낮은 시각적 자극 망막 열	각막, 수정체
위험 그룹 2	0,69	0,27	0,20	0,20	0,20	0,20
위험 그룹 1	2,2	0,47	0,78	0,20	0,20	0,20
위험 면제 그룹 (그림 B. 5 참조)	3,8	0,85	0,86	0,20	0,20	0,27

이 예에서, 각 위험 그룹에 대한 위험 거리가 200 mm보다 크기 때문에 화학선 UV 위험은 가장 제한적 기준을 제공한다. 그러나, 가장제한적인 분류 기준에 해당하는 위험이라고 해서 위험 거리가 가장 크지는 않다.

이 할로겐 램프는 가장 제한적인 위험으로서 화학선 UV가 있는 위험 그룹 3으로 분류된다. UV 방출을 걸러 내면, 남아 있는 가장 제한적인 기준은 청색광 위험이 되고, 이 경우 위험

거리에 기초하면 위험 그룹 2가 된다. 6.2 절에서 살펴 본 바와 같이 그러한 할로겐 램프는 주로 의도하지 않은 짧은 노출 조건 하에서 사용된다 (차량, 스팟, 플래시, 프로젝션 등). 표 3에서와 같은 경우 최대로 허용 가능한 관찰자와 관련 된 위험 그룹은 보호가 혐오 반응에 기초하는 위험 그룹 2여야 한다. 이와같이, 예에서의 램프는 UV 방출을 걸러낸 상태에서 추가적인 안전 요구 사항 없이 이러한 사용 조건 하에서 사용할 수 있다. 그러나 6.2 절에서 설명한 바와 같이 예에서의 램프가 의도적인 짧은 시간 동안의 노출이 필요할 수도 있는 사용 조건 하에서 (연구소, 집, 신호 보내기 등) 사용될 경우 사용자와 관련 된 최대 허용 가능한 위험 그룹은 위험 그룹 1이 된다. 이와 같이 0,78 m의 최소 허용 가능 관찰 거리는 적절한 제어 방법을 사용하여 보장되어야 한다. 허용 가능한 관찰 거리가 0,86 m보다 더 클 경우, 더 이상의 제한은 필요하지 않다.

심지어 이 할로겐 램프를 일반적인 조명 (GLS – general lighting purposes) 만을 목적으로 사용 할 경우, 청색광에 기초한 위험 그룹의 분류는 RG 0 (면제)로 변경 될 것이고, 평가는 500 룩스의 조명 수준에 해당하는 거리에서 시행 될 것이다. 부록 C 참조.

부록 C

(정보 제공용)

일반적인 조명 (GLS – general lighting service)을 위한 광원

비록 IEC 62471는 일차적으로 수평 기준이지만 이는 사용 조건과 관련 있는 요구 사항을 제공한다. 특별히 일반적인 조명 (GLS)으로만 사용하는 광원은 모든 다른 광원에 대하여 적용 될 것이기 때문에 200 mm의 최악의 측정 거리에 대한 사용 조건으로 평가돼서는 안 된다. 이러한 경우 *"… 위험 값은 500 룩스의 휘도를 방출하는 거리에서 방사 조도 또는 광도 중 하나로 보고해야 한다…" 맥동성 램프 광원을 포함하여 모든 다른 광원이나 램프 시스템에 대한 위험 값은 200 mm의 거리에서 보고해야 한다 …"* (500 룩스는 사무실이나 공장에서 사용하는 전형적인 최소 관찰 조도 수준이다.)

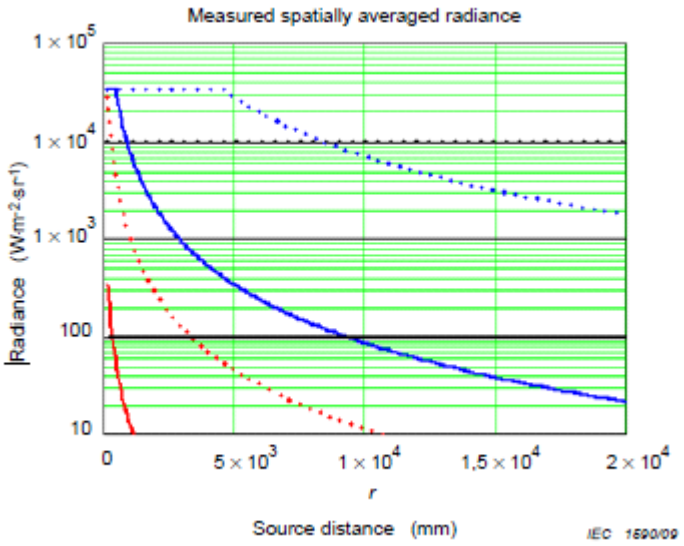
그러나 다양한 경우 램프 생산 업체는 특정 램프가 일반적인 조명을 목적으로 사용하게 될 것인지에 대하여 알 수 없고, 단일 램프나 LED에 대한 분류는 200 mm의 거리에서 실행해야 한다. 500 룩스 요구 사항은 주로 최종 조명과 관련이 있다. 또한, 램프가 다른 램프와 함께 조합 (즉, 배열 한 상태로) 되거나 빔 형태의 광학 기구 등에 부착될 것이기 때문에 단일 램프에 대한 이러한 요구 사항의 사용 조건은 유의하지 않다. 이와 같이, 최종 GLS 광원에 대하여 요구되는 휘도의 측정은 전체 조명의 기여도를 고려해야 한다. 위험 그룹 분류에 대한 측정과 달리, GLS 광원의 조도 측정에 대한 수광각을 제한해서는 안 된다.

200 mm의 평가 거리와 비교하여 확장 된 500 룩스 거리의 가장 중요한 영향력은 광원에 의한 방사 조도에 대한 거리이다. 즉, 분류가 방사 조도 한계에 기초 한 경우 외관은 이득이 있는 것으로 드러난다. ANSI/IESNA RP-27 Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps & Lamp Systems에 따라 이 기준의 도입을 위한 배경은 방사 조도로 표시된 UV 한계와 관련이 있다. 광도는 사실상 변화가 없는 반면, 일반적으로 역 제곱 법칙에 따라 거리가 증가 하면 방사 조도는 감소하게 된다. 따라서 포함 된 램프의 분류가 가장 제한적인 광도 한계에 기초할 경우 증가 된 평가 거리의 이득은 거의 없거나 약간 있을 뿐이다.

IEC 62471는 물리적인 광도 대신에 공간 평균 광도를 고려한다 (부록 A 참조). 광원의 투입각에 대하여 독립적으로 노출 한계 값과 비교하여 노출 수준은 특정 정의된 수광각 γ에 대한 평균 값이고, 한계는 결정 된 시야 (FOV – field of view)에 대하여 적용한다. 이와 같이, 평가 거리는 500 룩스가 될 때까지 증가하고, 광원의 투입각 α는 감소하는 한편, 이 수광각은 동일하게 유지 된다 (광원 거리에 독립적). 특정 거리로부터 광원의 거리가 증가하면서 투입각은 수광각보다 작아지게 된다. 이러한 특정 광원 거리에서 r_{is}는 광원과 공간 평균 광도 사이에서 역 제곱 관계가 시작된다. 이러한 문제는 위험 거리를 결정하는데 중요하고(부록 B 참조) GLS의 경우, 광원 역시 500 룩스 거리에서 발생 할 수 있다.

500 룩스 기준은 광도 한계가 있는 망막 위험이 가장 제한적인 경우 완화될 수도 있다 – 광원의 크기가 작을수록, 더 크게 완화된다. 또 다른 예는 그림 C. 1에서 볼 수 있다 – 단일 요소 및 배열 중 크기가 다른 두 개의 광원이 있는 백색광을 방출하는 LED. UV 방출이 없음으로 인하여 청색광 위험은 감소하게 된다. 200 mm의 거리에서 공간적인 B (λ) – 편중된 광원의 광도는 3.4 x 10^4 W ● m^{-2} ● sr^{-1}에 이르게 된다.

그림 C. 1은 광원으로부터 더 큰 거리에서 공간 평균 광도를 보여준다. 이 예에서 광원의 크기에 대하여 측정 된 광원의 의존도를 강조하기 위해 2 mm (단일 LED: 적색 라인) 및 50 mm (LED – 배열: 청색 라인)의 두 개의 다른 광원의 크기를 고려한다. IEC 62471의 노출 한계 값은 검은색 라인으로 표시하였다 – 위험 면제 그룹은 실선, 위험 그룹 1은 점선.



Measured spatially averaged radiance – 측정 된 공간 평균 광도

Source distance (mm) – 광원 거리 (mm)

Radiance (W ● m^{-2} ● sr^{-1}) – 광도

주어진 "실제" 광도에 대하여 (위험 그룹 2로 분류하여) – 2 mm (적색 라인) 및 50 mm (청색) 크기의 광원으로부터 거리가 증가하면서 공간 평균 광도의 기대 및 측정 된 평균 (11 mrad – 점선, 100 mrad – 실선인 수광각에 대하여) 값의 발달.

그림 C. 1 – 측정 된 공간 평균 광도

이 그림에서 위험 그룹에 적용 할 수 있고 특정 위험 그룹의 위험 거리를 결정하기 위해 두 개의 고정 된 수광각이 사용된다는 사실을 알아야 한다 (부록 B 참조). 각각의 경우에서 위험 그룹과 관련 된 위험 거리는 점선과 실선이 서로 교차하는 거리이다. 적용 가능한 청색광 위험 한계는 위험 면제 그룹에 대하여 100 W ● m^{-2} ● sr^{-1} 및 위험 그룹 1에 대하여 1 x 10^4 W ● m^{-2} ● sr^{-1}이고, 백색 LED 광원은 200 mm의 표준 측정 거리로부터 평가될 경우 위험 그룹 2로 분류된다. 위험 거리 계산은 다음의 거리를 유도하게 되고 또한 그림 C. 1에서 볼 수 있다.

표 C. 1 – 위험 그룹과 관련 된 역 제곱 법칙과 위험 거리

광원의 지름	2 mm		50 mm	
	r_{is}	HD	r_{is}	HD
위험 그룹 1	0,02	0,34	4,5	8,4
위험 면제 그룹	0,18	0,37	0,5	9,2

이 표는 그림 C. 1에서 두 개의 백색 LED (동일한 광도이나 다른 광원 크기)의 위험 그룹과 관련된 역 제곱 법칙 및 위험 거리 (m)를 보여준다.

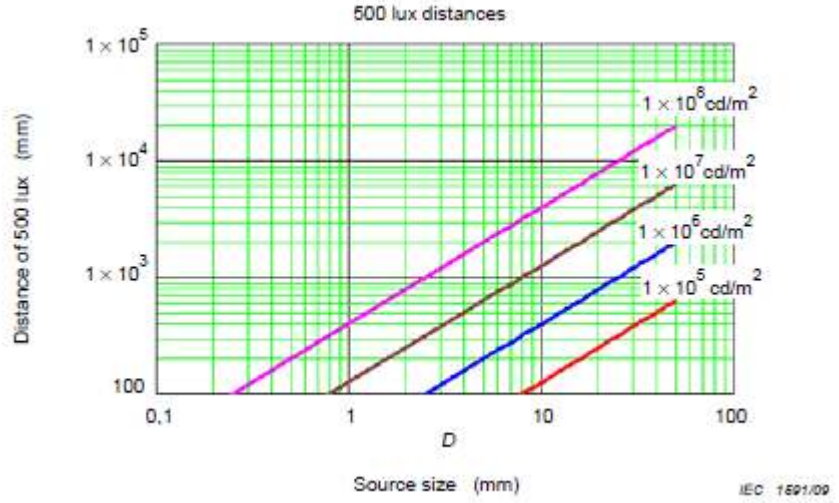
광원의 면적과 정의 된 FOV 면적 사이의 관계로 인하여 확장 된 LED의 위험 거리 (배열)는 커지게 된다. 이 경우 위험 분류는 광원으로부터의 거리가 8 m 이상이 될 때까지 위험 면제 그룹 1로부터 다른 위험 면제 그룹으로 변경되지는 않는다. 그러나, 위험 면제 그룹에 대한 차후의 위험 거리는 FOV의 증가로 인하여 더 짧아지게 된다 (그림 C. 1 참조). GLS 요구 사항의 영향을 확인하기 위하여 이러한 광원의 500 룩스 거리를 계산 할 수 있다. 특정 광원 거리 r에서의 방사 조도 E와 (원형 광원의) 휘도 L 사이의 하나의 단일 광원에 국한되는 일반적인 관계는 다음과 같다.

$$E = \pi \bullet L \frac{D^2}{(D^2 + 4r^2)}$$

이때 D는 광원의 크기이고 r은 통합된 휘도 L의 광원과 방사 조도 E 사이의 거리이다.

재 배열 후 및 E가 500 룩스가 된 후 그림 C. 2에서와 같이 500 룩스에 해당하는 거리는 광원 크기 D 및 휘도 L과 함께 계산 할 수 있다.

크기 D의 단일 광원에 대하여, 500 룩스의 거리는 광원의 휘도에 따라 다르다.



Source size (mm) – 광원의 크기

500 lux distances – 500 룩스 거리

Distance of 500 lux (mm) – 500 룩스 거리

그림 C. 2 – 몇 가지 광원의 크기와 일부 전형적인 휘도의 거리에 대한 500 룩스의 조도와 광원 휘도 [cd/m^2] 사이의 관계

위의 일반적인 관계는 광원의 종류에 독립적이다. 또한 IEC 62471에서의 광도 한계 값 역시

광원의 종류에 독립적이지만 방사 측정 유닛에 제공 된다. 광도 한계 값을 500 룩스 거리의 계산에 적용 할 경우, 특정 광원 방사 측정/ 광도 측정 변환 요소를 적용해야 한다. 몇 가지 광원의 종류에 대한 GLS 기준의 영향은 다른 측정/ 광도 측정 변환 요소 (lm ● W^{-1}) 및 B (λ) 가중치에대한 스펙트럼의 유효성에 기인한다.

그림 C. 2 및 각각의 공식과 백색 LED에 대한 적절한 측정/ 광도 측정 변환 요소를 사용하여 500 룩스 거리는 다음의 두 개의 광원을 고려하여 결정 할 수 있다.

- 2 mm – 광원: 0,42 m ;
- 50 mm – 광원: 10,05 m.

표 C. 1의 데이터를 사용하여 각 광원에 대한 두 가지 값을 비교 할 경우, 두 경우 모두에 대한 500 룩스 거리가 역 제곱 법칙 거리 및 두 가지 더 낮은 위험 그룹에 대한 위험 거리보다 크다. 따라서 원래의 위험 그룹 분류는 GLS 요구 사항을 적용하여 위험 그룹 1로부터 위험 면제 그룹으로 변경된다.

계산 된 500 룩스 거리는 각각의 경우 방사 조도가 단일 광원으로부터만 기인하였을 경우 유효하다. 일반적으로 방사 조도는 FOV가 제한되지 않기 때문에 다른 광원 요소 또는 광원들로부터 영향을 받는다. 이러한 거리는 가장 가까운 500 룩스 거리에 대한 최악의 경우를 보여준다. 이러한 거리가 더욱 더 커지게 되기 때문에 측정 된 공간 평균 및 "실제" 광도 사이의 관계는 보다 유리하게 된다. 그림 C. 1 참조.

위에서 고찰 한 내용은 광 화학적 위험으로 제한되고, 열 망막 위험을 고려할 필요가 있을 경우 주의를 기울여야 한다. 특별히 위험 면제 그룹에 대하여, IEC 62471에 따른 공간 평균 광도의 측정에 대하여 적용 가능한 수광각은 광 화학적 위험에 적용해야 하는 각과 다르다.

청색광 위험과 관련하여, 위의 $(\gamma/\alpha)^2$ 완화 사항을 적용하는 한편, 500 룩스 거리에서 열 위험에 대한 해당 광원 광도를 추가적으로 측정해야 한다. 또한, 망막 열 위험과 관련하여 측정 한 광도가 이러한 조건 하에서 일정하지만, 투입각에 반비례하기 때문에 이 경우 적용 가능한 노출 한계 값은 증가하게 된다. 이는 청색광 기준과 비교하여 불리한 부분을 보상할 수 있고, GLS에 대한 500 룩스 기준과 안전 관찰 거리의 결정을 위해 가장 제한적인 위험에 대한 크로스오버를유도 할 수 있다. 이 문제는 방사 조도 (UV 위험에 대한 경우와 마찬가지로)에서 추가적인 노출 한계 값을 고려해야 할 경우 오히려 더 복잡하게 된다. 이러한 문제는 부록 B에서 일반적인 거리 의존적인 파라미터와 함께 논해야 한다. 표 C. 2는 예제로 사용 한 7 mm 광원 지름의 할로겐 램프에 대하여 합리적으로 측정 한 3 x 10^7 cd/m^2 인 휘도를 사용하여 부록 B의 위험 거리 계산 결과를 반복한다.

표 C. 2 – 광원 지름이 7 mm이고 휘도가 3 x 10^7 cd/m^2인 할로겐 램프에 대한 위험 그룹과 관련 된 위험 거리

	화학선 UV	UV 눈	청색광	망막 열	낮은 시각의 망막 열	각막 수정체
위험 그룹 2	0,69	0,27	0,20	0,20	0,20	0,20
위험 그룹 1	2,2	0,47	0,78	0,20	0,20	0,20
위험 면제 그룹	3,8	0,85	0,86	0,20	0,20	0,27

광범위한 스펙트럼 분포로 인하여 LED 예와 비교하여 보다 광학적인 방사선 위험을 고려해야 한다. (표 C. 1). 이러한 할로겐 램프는 가장 제한적인 위험으로서 화학선 UV가 있는 위험 그룹 3으로 분류된다. UV 방출이 걸러진다면 최고의 제한 기준은 청색광 위험이 된다. 표 C. 2의 위험 거리에 기초하여 이 경우의 분류는 위험 그룹 2가 된다. 그러나 이러한 분류는 200 mm의 표준 평가 거리에 기초한다. GLS에 대하여 이러한 광원이 독점적으로 사용돼야 하고 위험 그룹 평가는 조도가 500 룩스가 되는 보다 먼 거리에서 시행해야 한다.

이러한 조도는 단일 광원으로만 구현돼야 하고 최악의 경우 할로겐 램프의 가장 가까운 500 룩스가 되는 해당 거리는 1.5 m가 된다 (그림 C. 2). 표 C. 2에서 화학선 UV 위험의 경우 RG 1 및 0에 대한 위험 거리보다 짧아지게 된다. 이와 같이 위험 그룹은 RG 3로부터 RG 2로 변경된다. 이러한 관점에서 GLS 평가 요구 사항에 대하여 약간의 이득이 있다. UV 방출을 걸러 낼 경우 청색광 위험이 남게 된다.

500 룩스 거리는 모든 위험 거리보다 더 멀어지게 되고 이로서 위험 면제 그룹으로 분류되게 된다.

이는 계산에 근거 한 최악의 경우를 분석 한 것이다. 실제로 500 룩스 측정 역시 다른 광원 요소나 환경으로부터 영향을 받게 되고, 500 룩스는 심지어 더 먼 거리에서 측정 되는 것 같다.

요약하면, GLS 기준이 보다 강한 완화를 제공하는 경우 광도에 기초한 위험의 경우가 있지만 그렇지 않은 경우도 있다. 이는 B (λ) 가중치뿐 아니라 특정 광원 방사 측정/ 광도 측정 변환에 따라 다르게 된다. 500 룩스 기준은 종종 주장되는 바와 같이 어떠한 경우에서도 위험 면제 그룹 조건을 보장하지 않는다. 그러나, GLS에 대한 pc 백색 LED를 위험 면제 그룹 제품으로서 지속적으로 고려해야 한다는 사실을 알아야 한다.

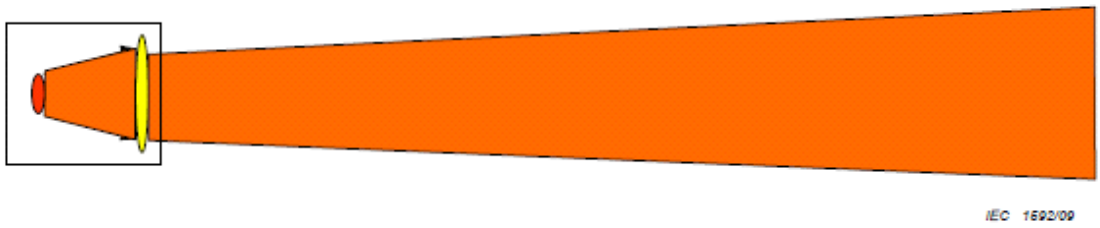
부록D

(정보 제공용)

빔을 형성하거나 프로젝션 광학 기구에 통합 및 부착 된 램프 및 램프 시스템

D.1 배경

인코히런트 광대역 광원 1과 파생 된 램프 안전 기준에 대한 ICNIRP 지침의 디폴트 조건은 "베어 램프 (bare lamp)"이다. 그러나, 프로젝션 시스템에는 많은 램프, 즉, 시청각 애플리케이션, 서치라이트, 무영등 및 시어터 라이트 (theatre light)가 사용 된다. 자외선과 적외선 방사선은 일부 애플리케이션에 대하여 프로젝션 광학 기구를 사용하여 걸러 낼 수도 있지만 (그림 D. 1) 램프 시스템을 사용하여 재평가해야 한다. 또한, 분산 된 랑베르 표면 방출 LED 칩의 복사 강도나 광도를 증가시키는 붙박이 식의 프로젝션 (빔 형성) 광학 기구에는 많은 LED가 있다.



광도는 보존되나 대부분의 프로젝션 광학 기구에서 망막 이미지의 크기는 커지게 된다.

그림 D. 1 – 프로젝션 광학 기구를 사용 한 자외선 및 적외선 필터링

이러한 경우 일반적인 문제는 그러한 광학 기구가 광원의 크기와 위치를 왜곡시키고 직접적인 관찰자에게 가상의 광원 이미지를 형성시킬 수 있다는 것이다. 최소한 지배적인 열 위험의 경우 분명한 광원 (apparent source)의 투입각 α 자체가 적용 가능한 한계 및 망막 위험이 분명한 광원 (apparent source)의 위치를 참조 할 경우, 적용 가능한 측정 거리 (200 mm 또는 500 룩스 거리)를 알고 있어야 한다.

비고 이는 수정체/ 각막 위험에 대한 적외선 평가에 적용 할 수 없다. 그림 D. 2에서 보는 바와 같이 오목 거울의 예에서 분명한 광원의 거리는 200 mm 일 수 있지만 필라멘트는 각막과 직접적인 접촉을 하게 된다.

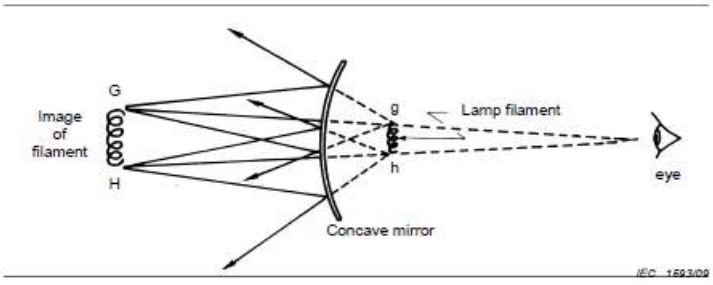


Image of filament – 필라멘트 이미지

Lamp filament – 램프의 필라멘트

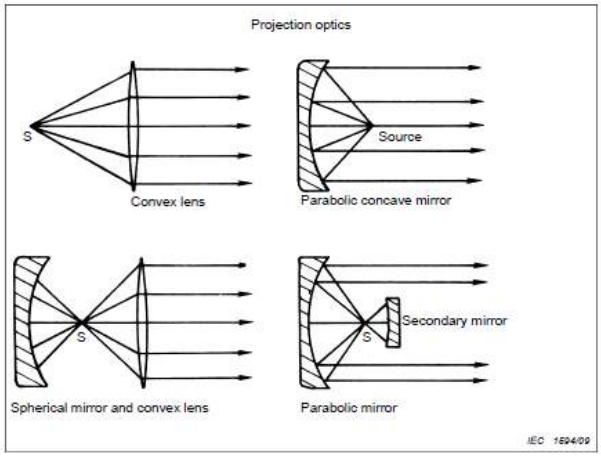
Eye – 눈

Concave mirror – 오목 거울

광도는 보존 되나 망막 이미지의 크기는 증가하게 된다 (소스: Sliney and Wolbarsht, *Safety with Lasers and Other Optical Sources*, New York, Plenum, 1980).

그림 D. 2 – 백열전구 프로젝션 램프에서 필라멘트가 확대 된 분명한 광원의 크기

프로젝션 광학 기구의 예는 그림 D. 3과 같다.



Projection optics – 프로젝션 광학 기구

Convex lens – 볼록 렌즈

Source – 광원

Parabolic concave mirror – 포물면 오목 거울

Spherical mirror and convex lens – 구면 거울 및 볼록 렌즈

Secondary mirror – 이차 거울

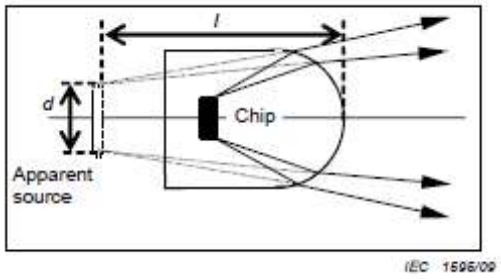
Parabolic mirror – 포물면 거울

다른 프로젝션 광학 기구는 눈에 대한 분명한 광원의 크기를 증가시키지만 각각의 경우 광원은 램프 광원 방출 요소의 광원을 제한한다.

그림 D. 3 – 프로젝션 광학 기구의 예

D. 2 LED

플라스틱 캡슐 안에 들어 있는 LED가 붙박이 식 프로젝션 광학 기구가 있는 일반적인 램프의 예가 될 수 있다. 그러한 LED에 대하여 내장 된 렌즈, 리플렉터 및 산란 재로 인하여 칩의 크기뿐 아니라 하우징에 의해 가상 방출 면적이 결정된다. 플라스틱 캡슐 안에 들어 있는 LED는 분명한 광원을 형성하고, 가능한 망막 위험의 관점에서 평가돼야 한다. IEC 62471에서 요구하는 측정 또는 평가 거리는 분명한 광원의 위치와 관련이 있다. 즉, 크기 d 뿐 아니라 그 관련 위치 l (그림 D.4 참조)을 알고 있어야 한다. 그러한 LED의 빔 집중은 칩에서부터 렌즈까지의 거리와 반구의 반지름에 따라 수정 될 수 있고, 분명한 광원의 크기와 위치는 적절히 변경돼야 한다. 좁은 빔의 경우 분명한 광원 위치의 거리는 변경된다(그림 D. 4). 일부 우세한 열 망막 위험의 경우, 분명한 광원에 의한 투입 각 α는 50% 방출 점의 그림 D. 4 크기와 사용 조건 평가 거리 에 기초하여 결정된다. 이는 일반적으로 일부 이미지와 강도에 대한 자료 수집이 필요하다. 어떠한 경우에라도 상대적 위치 (l) 는 결정돼야 한다. 측정의 예는 그림 D. 5와 같다.

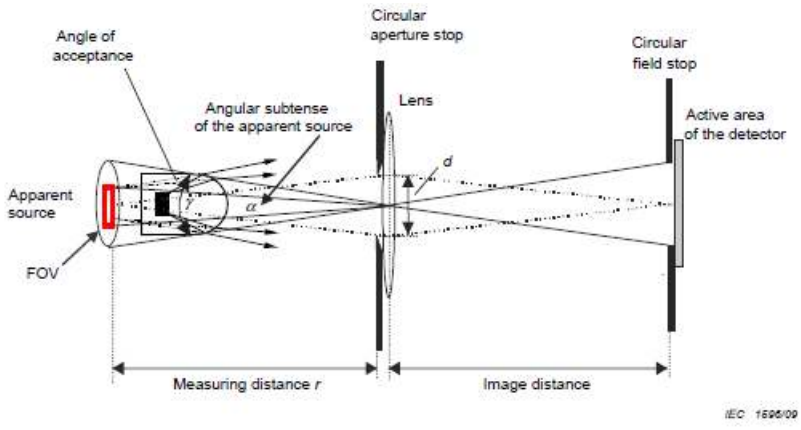


칩의 면적 : AChip

광원의 면적 : ALED

Apparent source – 분명한 광원

그림 D. 4 – 통합 된 렌즈에 의한 가상 LED 칩의 형성



Angle of acceptance – 수광각

Angular subtense of the apparent source – 투입각

Circular aperture stop – 원형 구경 조리개

Lens – 렌즈

Circular field stop – 원형 시야 조리개

Active area of the detector – 감지 장치의 방사선 구역 (활성 영역)

Apparent source – 분명한 광원

Measuring distance r – 측정 거리 r

Image distance – 이미지 거리

이 예에서 공간 평균 방사선 측정에 대한 적용 가능한 FOV (위험 그룹에 따른)는 언더필 상태이다.

그림 D. 5 – 붙박이 식 또는 부착 된 프로젝션 광학 기구가 있는 광원의 평가에 대한 분명한 광원과 측정 조건에 대한 이미지

D. 3 결과

D. 3.1 위험 그룹 분류

대부분의 경우 빔 형상의 광학 기구는 보다 지향성 방출을 만들어 내기 위해 필라멘트 또는 LED 칩의 일부 방출 패턴을 빔에 집중시킨다. 실제 광도는 광원의 특성이고 광학적 요소로 인하여 증가 될 수 (더 밝게 만들 수) 없다. 선택한 방향에서 수정 된 빛의 강도 이외에 이러한 광학적 시스템은 관찰자의 눈에 확대하여 투사된 광원의 크기를 형성시킨다 (그림 D. 4). 그림 D. 4에서 LED를 예로서 취할 경우 이는 실제 칩 면적 AChip 과 투사 된 면적인 ALED 광원 면적 및 원래

빛의 강도인 IChip 과 수정된 강도인 ILED 사이의 관계가 분명한 광원 크기를 각각 수정 또는 결정하기 위해 광도 보존에 대한 법칙을 따른다.

$A\text{LED} / A\text{Chip} = \text{ILED} / \text{IChip}$

주 많은 경우 프로젝션 시스템의 광학 기구는 이미징 시스템에서 광원의 각도 분포의 일부를 제한하고 이러한 손실에 의한 광도는 감소된다.

보다 집중된 / 콜리메이트 광도는 빔 내의 파워 밀도가 증가 되었음을 의미하고, 따라서 해당 방사 조도 또한 증가하게 된다. 베어 소스 또는 램프 (bare source or lamp)의 특성을 비교하면, 이는 IEC 62471에 따른 통합되거나 부착 된 빔 형성 또는 프로젝션 광학 기구가 있는 램프 또는 램프 시스템의 위험 평가에 대한 결과가 나타날 수도 있다.

방사 조도에서 한계가 제공 된 비 망막 위험 (일반적으로 특별히 380 nm ~ 780 nm 범위의 파장 및 스킨 위험을 벗어난)이 우세한 경우, 이러한 한계는 추가적인 광학 기구로 인하여 증가 된 방사 조도와 비교해야 한다. 또한 분명한 또는 투사 된 광원은 광학 기구를 사용하여 가릴 수도 있고 (무한대까지) 측정 거리는 적절히 조정해야 한다. 즉, 측정 조리개는 대부분의 경우 "물리적 광원"과 연관 된 거리가 더 가까워지게 변화시킨다. 이 거리는 0이 되

거나 심지어 음의 거리가 될 수도 있는 것으로 알려져 있다.

광원 광도가 변하지 않기 때문에 우선적으로 추가적인 광학 기구에 의하여 영향을 받지 않는 청색광 위험이 우세한 경우 본 기술 보고서 (공간 평균 광도보다는 광원 광도의 결정)의 지침을 사용하여 평가된다. 위험 그룹은 동일하거나 필터 등을 사용하여 감소된다.

망막 열 위험이 우세한 경우, 한계는 광도를 사용하여 표시한다. 이 경우, 한계는 광원의 투입각에 따라 다르게 된다. 즉, 광원의 광도는 변하지 않는 반면, 확대로 인하여 광원의 크기가 커지면서 한계는 감소하게 된다. 이 때 분류는 추가적인 광학 기구로 인하여 영향을 받게 된다.

추가적인 광학 기구로 인하여 광원의 복사 조도가 수정 될 수 있고, 광도는 변하지 않는 반면 분류가 방사 조도나 광원 노출 기준에 기초하였을 경우 현저한 영향을 받게 되며, 분류가 광원 기준에 기초하였을 경우에는 영향을 덜 받게 된다. 그러나 후자의 경우, 증가 된 방사 조도로 인하여 램프 시스템에 대한 대부분의 제한 된 분류 기준은 변하지 않게 된다 (광도로부터 방사 조도 기준까지).

D. 3.2 위험 거리의 결정

추가적인 광학 기구의 부착 전 및 후 광원의 위험 그룹 분류 즉, 램프 시스템에 대한 베어 램프 (bare lamp) 데이터의 이동성을 고려 할 경우, 상기 내용은 유효하다. 대부분의 실제적인 경우, 위험 거리의 결정을 위하여 다음의 단계를 사용 할 수 있다. 광도와 관련 된 위험 거리에서 빔 형성 광학 기구의 주된 영향력은 그림 C. 1과 같다. 두 개의 동일한 광도의 LED 예는 원래 (2 mm 지름) 및 확대된 (50 mm 지름) 광원으로 간주 할 수 있다. 광원을 확대하는 경우 투입각과 수광각 사이의 수정 된 관계로 인하여 위험 거리는 더 길게 변경된다.

이와 유사하게 우세한 방사 조도 한계의 경우 증가 된 파워의 강도로 인하여 위험 거리는 더 길어진다. HD 결정에 대한 역 제곱 관계를 사용하기 전에 가능한 "플래시 거리"를 고려해야 한다 (부록 B의 B. 12 절 참조)

참고 문헌

IEC 60432-1, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 1: Tungsten filament lamps for domestic and similar general lighting purposes*

IEC 60432-2, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 2: Tungsten-halogen lamps for domestic and similar general lighting purposes*

IEC 60432-3, *Incandescent lamps – Safety specifications – Part 3: Tungsten-halogen lamps (non-vehicle)*

IEC 61199, *Single-capped fluorescent lamps – Safety specifications*

IEC 61195, *Double-capped fluorescent lamps – Safety specifications*

IEC 62031:2008, *LED modules for general lighting – Safety specifications*

IEC 62035:1999, *Discharge lamps (excluding fluorescent lamps) – Safety specifications* Amendment 1 (2003)2

ISO 15004-2:2007, *Ophthalmic instruments – Fundamental requirements and test methods – Part 2: Light hazard protection*

ANSI/IESNA RP-27.1-05, *Photobiological Safety for Lamps and Lamp Systems-General Requirements*

ANSI/IESNA RP-27.2-00, *Photobiological Safety for Lamps and Lamp Systems – Measurement Systems*

ANSI/IESNA RP-27.3-07, *Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamps – Risk Group Classification and Labeling*

ICNIRP, Guidelines on Limits of Exposure to Ultraviolet Radiation of Wavelengths Between 180 nm and 400 nm (Incoherent Optical Radiation). *Health Physics,* 87 (2): 171–186; 2004.

ICNIRP, Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0,38 to 3 μm). *Health Physics,* 73 (3): 539–554; 1997.