

KOSHA GUIDE

E - 75 - 2011

디스플레이 레이저 설비의 안전성 평가에 관한 기술지침

2011. 12.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

o 작성자 : 서울과학기술대학교 안전공학과 정재희 교수

o 제·개정 경과

- 2011년 11월 전기안전분야 제정위원회 심의(제정)

o 관련규격 및 자료

- KS C 6702 레이저 제품의 방사 안전 기준
- KS C IEC 60825-1 레이저 제품의 안전성 제1부: 장비 등급분류, 요구사항 및 사용자 지침
- KOSHA GUIDE E-69-2011 (디스플레이 레이저 방사 안전에 관한 기술지침)

o 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제3장 제1절(전기기계·기구 등으로 인한 위험방지)

o 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건 기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2011년 12월 26일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

디스플레이 레이저 설비의 안전성 평가에 관한 기술지침

1. 목적

이 지침은 디스플레이 레이저 설비를 사용하기 전에 반드시 행해져야 하는 안전성 평가에 대한 요구조건을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 디스플레이 설비가 정상상태 또는 고장상태에 발생할 수 있는 가시상황에 대해 적용하여야 하며, 특히 가시광선(400~700 nm)과 부차적인 방사에 대한 안전성 평가를 반드시 실시하여야 한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “제조사”라 함은 레이저 제품 및 이것에 부수되는 안전 장치 및 대책의 설계·제조·수리·개조하는 사람을 말한다.

(나) “사용자”라 함은 레이저 제품을 운전(조작) 또는 감시하고 사용하는 사람을 말한다.

(다) “최대 허용 노광량(Maximum Permissible Exposure, 이하 MPE라 한다.)”이라 함은 정상 상태에서 사람에게 피해를 입히지 않을 정도로 노출되는 레이저 방사 레벨을 말한다. MPE 레벨은 눈이나 피부가 즉시 또는 긴 시간 후에 상해 없이 노출될 수 있는 최대 레벨을 나타내며 방사 파장, 펄스 지속시간, 400

~1400 nm 범위에서의 가시 및 근접 적외선 방사에 의한 망막 상의 크기에 관계가 있다.

(라) “정반사(Specular reflection)”라 함은 거울로부터의 반사와 같이 방사의 입사 광선과 반사 광선 사이각의 상관관계를 유지하는 표면반사를 말한다.

(마) “확산반사(Diffuse reflection)”라 함은 표면에 의해 여러 방향으로 흩어지는 광선의 공간적인 분포 변화를 일으키는 반사를 말한다.

(바) “레이저 시스템(Laser system)”이라 함은 추가 구성요소에 상관없이 적절한 레이저 에너지원과 결합된 레이저를 말한다.

(사) “미러볼(Mirror-ball)”이라 함은 분당 수 회전으로 구동될 수 있는 구형태를 띄고 있으며, 구상에 작은 거울들이 배열되어 있는 외부 광학 부품의 한 형태를 말한다.

(아) “레이저 방사(Laser radiation)”라 함은 제어된 유도방출에 의해 레이저 제품에서 방출되는 180 nm~1 mm 파장 범위를 갖는 전자파 방사선을 말한다.

(자) “주사 레이저 방사(Scanning laser radiation)”라 함은 고정 기준 프레임에 대하여 전파의 시변 방향, 원점 및 형태를 갖는 레이저 방사를 말한다.

(차) “방사전력(Radiant power)”이라 함은 방사 형태로 방출, 전달 및 수신되는 전력을 말하며, 단위는 W이다.

(2) 그 밖의 용어의 정의는 이 지침에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 레이저 설비의 위험요소

KOSHA GUIDE
E - 75 - 2011

- (1) 국내 레이저 제품에 대한 노출 기준은 KS C IEC 60825-1(레이저 제품의 안전성 제1부: 장비 등급분류, 요구사항 및 사용자 지침)에 따라 1등급 및 1M등급, 2등급 및 2M등급, 3R등급, 3B등급, 4등급으로 구분되며, 눈에 대한 노출 기준은 4등급 기준에 따른다.
- (2) 눈 손상은 출력밀도뿐만 아니라 노출 지속시간과 가시조건 모두에 영향을 받는다.
- (3) 눈이 직접적으로 정반사에 노출되면 모든 형태의 가시상황에서 눈 손상을 유발할 수 있다.
- (4) 출력밀도가 낮은 디스플레이 레이저 설비라 할지라도 반사가 일어나지 않는 정적인 광선인 경우에는 수백 미터까지 위험을 유발할 수 있다.

5. 반사광

- (1) 정반사는 거울과 같이 매끈하고 빛나는 표면에서 발생하며, 1차 레이저 광선과 같은 정도의 위험을 가지고 있다.
- (2) 확산반사는 석조와 같은 거친 표면, 연기 및 먼지, 오염된 공기 상태에서 발생하며, 이 경우에 눈은 본래의 출력값보다 낮은 출력값이 망막에 노출되므로 확산반사는 정반사에 비해 위험하지 않다.

6. 방사 주사

- (1) 서로 직각으로 진동하는 검류계를 탑재한 한 쌍의 거울에 의해 발생하며, 주사 장비는 대부분 프로그램에 의해 제어된다.
- (2) 광선 이동으로 노출 시간이 줄어들기 때문에 주사된 방사는 고정된 상태에서 방

출되는 광선보다 눈 손상의 위험성이 적다.

- (3) 방사범위에 대한 평가가 잘못되었거나, 특히 고장 난 상태에서 주사 패턴이 바뀐다면 눈 손상을 초래할 위험이 있다.
- (4) 연속과 방사는 방사지역 전체가 고주파로 주사될 수 있기 때문에 안전하다고 가정해서는 안 된다.
- (5) 주사 빈도는 상해 임계값을 결정하는데 중요한 요소이므로 이에 대한 신중한 평가가 필요하다.

7. 설치장소

- (1) 레이저 방사 시 광선에 직접 노출되거나 거울과 같은 주변 광학부품에 의해 노출이 되는 등 예상 밖의 반사면에 의해 노출되는 경우에 대해서도 주의하여야 한다.
- (2) 옥내에 디스플레이 설비가 설치된 경우, 장식거울, 타일 또는 조명 장치로부터 발생하는 레이저 반사에 의해 위험이 발생할 수 있다.
- (3) 옥외에 디스플레이 설비가 설치된 경우, 레이저 방사가 적용 가능한 MPE 수치 이하인 경우라 할지라도 레이저 방사에 대해 인지하지 못한 사람에게는 혼란을 야기할 수 있음을 인지하여야 한다.
 - (가) 예상외의 레이저 방사는 자동차 운전자와 비행사의 눈을 부시게 하여 방향 감각을 잃게 할 수도 있다.
 - (나) 도로와 철도에서는 항공교통제어와 운행, 교통신호에 대한 간섭 등의 위험성이 존재한다.
 - (다) 레이저 설비는 방사가 수평위치 아래의 각도로 투사되고, 조작자가 통제하는

지역내에 설치되어야 한다.

8. 안전성 평가

(1) 안전성 평가 목적은 디스플레이 동안 생길 수 있는 방출이 정상운전 및 고장상황 모두에서 적용 가능한 MPE 수치 이상의 노출을 피하는 것으로 MPE 수치를 중요시하는 이유는 아래와 같다.

(가) 규모가 큰 고가의 디스플레이 레이저 설비에 대한 노출 위험요소를 찾아내는 데에는 한계가 있다.

(나) 설비를 기준으로 레이저 방출 기준은 장소에 따라 제한적이거나, 설치자 또는 사용자에 의해 MPE 수치가 크게 변경될 가능성이 있다.

(2) 보조 가시장치를 사용하지 않는 것이 좋지만, 사용하는 경우에는 직경이 최대 50 mm인 광학 장치에 대한 안전성 평가를 통해 MPE 수치를 결정하여야 한다.

(3) 안전성 평가는 정상운전 및 고장운전 시 걱정 MPE를 초과하지 않도록 하기 위한 것으로 아래의 사항을 준수해야 한다.

(가) 보는 것을 목적으로 하는 방사는 안전보건상의 위험이 없어야 한다.

(나) MPE가 접근할 가능성이 남아 있는 방사에 대하여 개인 노출 최대 시간을 넘어서는 안 된다.

(다) 바라보는 것을 목적으로 하지 않는 방사, 즉 잠재적으로 위험한 모든 방사는 설비의 조작자에 의한 경고문과 경계 울타리를 하는 등 물리적으로 접근이 불가능하게 해야 한다.

(라) 고장상황에서 MPE 수치를 초과하는 노출을 초래해서는 안 되며, 다음의 설비에 대해서는 고장 예측이 가능해야 한다.

- ① 광선 주사장치
- ② 전원장치
- ③ 프로그램 제어기
- ④ 단일 구성부품

(마) 방사된 레이저의 가시장소에 출입하는 외부인, 관람객에 대한 잠재적 위험상황에 대해서는 사전에 충분한 대비가 필요하다.

(바) 사용할 가능성이 있는 보조 가시 장치의 효과는 MPE 수치에 반영되어야 한다.

(사) 렌즈의 직경이 7 mm를 초과한 경우, 방사광선에 대한 평가는 광선 범위 내에서 위치에 따른 강도변화를 고려하여야 한다,

(아) 특정 방출에 대한 위험도는 설비의 제조자에 의해 보증되어야 하며, 전체 각도를 고려하여 위험도를 계산하여야 한다.

9. 주사된 방사

(1) 사람에게 주사되는 방사를 포함하는 디스플레이 모드에 대한 최소한의 안전 요구 조건은 아래와 같은 상황에 대해 유의해야 한다.

(가) 레이저를 방사하기 위한 디스플레이의 정상운전 동안에는 KS C IEC 60825-1에서 설명하는 눈 노출에 관한 사항을 준수하여야 한다.

(나) 디스플레이 내에 있는 검류계에 탑재된 거울이 기계적 또는 전기적 오류가 발생하면 고장운전으로 인해 눈 노출이 발생할 수 있으므로 아래와 같은 상황에 대해 고려하여야 한다.

- ① 눈 노출이 발생하면 0.25 초 이내에 노출이 차단되어야 한다.
- ② 만약 0.25 초 내에 풀린다면 이와 같은 노출에 대해서는 보호하지 않아도 된다.
- ③ 설비의 고장으로 인해 MPE의 수치가 초과방출이 발생할 수 있다면 사람에게

직접적인 주사가 허용되지 않아야 한다.

(2) 사람을 주사하는 것을 목적으로 하는 디스플레이 설비는 다음과 같은 특징이 있어야 한다.

(가) 시스템 내에 다른 부품의 연속적인 동작으로 사용할 수 있는 다중 주사 부품

(나) 작동상의 결함이 일어날 때, 위험한 방출을 일으키지 않는 제어 시스템

(다) 가장 짧은 시간 내에 시스템을 자동으로 정지하는 주사 실패 검출 장치. 이때, 정지 속도는 수 mm초 이내

10. 동시 노출

(1) 디스플레이 레이저 설비의 안전성 평가는 분리된 광원을 동시에 볼 수 있을 수 있는 상황을 고려하여야 한다.

(2) 가시 지점에 대하여 각각 적용할 수 있는 MPE 수치는 KS C 6702(레이저 제품의 방사 안전 기준)에서 명시하는 기준을 초과해서는 안 된다.

11. 그 밖의 중요사항

(1) 1 mW 방사전력을 초과하는 정적레이저 광선을 보거나 계산 또는 측정에 의해 안전이 확보되지 않은 주사된 광선을 직접 본다면 눈 손상의 위험이 있다.

(2) 위험성에 영향을 미치는 인자는 다음과 같다.

(가) 위험한 레이저 광선의 접근성

- (나) 접근 가능한 레이저 광선의 출력 밀도
 - (다) 레이저 광선 투사(주사 또는 정적)의 형태
 - (라) 눈 깜빡임에 대한 반사운동 및 레이저 광선의 맹목적 응시가 없다는 가정이 합리적인지 여부
- (3) 잠재적인 위험이 있는 디스플레이 레이저 설비는 사용되기 전에 아래와 같은 내용을 적용하여 안전성 평가를 받아야 한다.
- (가) 레이저 광선을 의도적으로 보는지에 대한 여부, 우연하게 보일수도 있는지에 대한 여부 또는 설비 오동작을 초래하는지 여부
 - (나) 의도적으로 보는 레이저 광선(주사 방출)의 안전에 대한 평가
 - (다) 잠재적으로 위험한 광선에 사람 접근의 제한
 - (라) 설비의 오작동이 발생할 경우의 가시안전과 노출 위험성의 중요성
- (4) 디스플레이 레이저 시설은 시설 보정 또는 임무를 수행하고 있는 사용자에게 위험할 수 있다.
- (5) 사용자와 설치자는 어떤 위험이 있는지 알고 있어야 하며, 위험을 평가하여야 한다.
- (6) 안전성 평가시 교육, 감독, 작업 안전시스템과 보안경의 공급을 중요하게 고려되어야 한다.