

레이저 기기의 국제표준 평가 방법 및 안전 관리 방안 연구

박찬근* ** · 김영길*

*아주대학교, **(재)한국기계전기전자시험연구원

Study on Safety Control of The Laser Equipment

Chan-keun Park* · Young-kil Kim**

*Ajou University, **Korea Testing Certification

E-mail : cksrma99@gmail.com

요 약

최근 레이저 기술개발로 레이저 포인터, 레이저 수평계, 거리측정기, 온도계 등 다양한 레이저 제품이 생산되고 있다. 다만 대부분의 소비자들은 그의 위험성에 대해서 인지하지 못하고, 무심코 사용한 레이저 용품에 의해 영구적 망막손상이나, 피부손상 등을 초래하고 있다. 이에 국내외 안전관리 현황 및 국제표준 IEC 60825-1 의 안전 요구사항 분석에 대한 연구이다.

ABSTRACT

Recently, there are a lot of report about the safety accident in laser equipment for example laser pointer, laser level, laser distance meter, temperature measurement equipment and so on. But most of people doesn't care of the safety, and some of the people were damaged by laser in the retina and skin. So in this reaserch So in this thesis, research the safety control rules in global and domestic regulations and international standard IEC 60825-1. From the above research, develop the safety control rules to improve the consumer safety.

키워드

레이저, 안전, 레이저포인터, IEC 60825

I. 서 론

과거 레이저는 특수한 용도에 사용하는 아주 특별한 도구였으며 공상 과학 영화에서나 나오는 기술이었다. 하지만 현재 다양한 레이저 응용기술이 발달하면서 여러 종류의 형태 및 용도로 군용, 산업용, 의료용등 다방면으로 활용되고 있다.

특수한 용도의 레이저 기기 뿐만 아니라 레이저 포인터, 레이저 프린터, 무대조명, 자전거/차량 악세서리, 프로젝터 등 레이저 용품은 이제 우리 일상 생활 용품 중 하나로 자리 잡았다.

하지만 기술 발전 속도와 달리 레이저기기의

위험성에 대해서는 잘 인지하지 못하고 있는 것이 우리 사회 일반적인 모습이다.

본 논문에서는 IEC/EN 60825-1 에 대한 분석 및 글로벌 안전 관리 현황에 대하여 분석하고, 이를 통하여 국내 안전관리에 대한 방향을 제시하고자 한다.

II. 본 론

1.1 레이저 위험성

일반적으로 레이저의 위험에 가장 쉽게 노출되는 부위가 사람의 눈이다. 눈이 레이저에 노출될 경우 시력 손상이 발생할 수 있으며, 사용자가 노출될 수 있는 파장과 출력에 따라 레이저가 시력에 손상을 일으키는 정도의 차이가 발생한다.

가시광선(400 nm~700 nm)와 근적외선(IR-A, 700 nm~1400 nm) 빔은 눈을 통과해서 눈의 망막, 광학 신경, 중심 부분에 돌이킬 수 없는 손상을 초래할 수 있다. 사람의 눈은 1400 nm 이상의 파장도 통과시키기 때문에 망막과 광학 신경에 손상을 줄 수 있는 심각한 위험이 존재한다. 근적외선 외에 육안으로 볼 수 없는 빔은 눈의 바깥 쪽 부분에 손상을 줄 수 있다. 자외선(180 nm~400 nm)은 렌즈에 손상을 일으킬 수 있을 뿐만 아니라 각막에 영향을 줄 수 있다. 중적외선(IR-B, 1400 nm~3000 nm)는 눈 표면을 통과해서 백내장을 일으킬 가능성이 있다. 원적외선(IR-C, 3000 nm~1 mm)은 눈의 바깥 표면이나 각막에 손상을 일으킬 수 있다.

레이저 사용자는 다양한 각도에서 2차 빔을 예측해야만 한다. 2차 빔은 가공물 표면에 있거나 가깝게 존재할 수 있다. 이런 빔은 다양한 표면에서 생기는 원래 빔의 표면 반사 빔이다. 2차 빔은 레이저에서 발전되는 총 출력보다는 훨씬 약하지만 강도는 눈에 손상을 일으킬 수 있을 정도로 충분히 클 수 있다. 레이저 시스템 설치 시에 이런 부분까지 고려해야만 한다.

레이저로 인해 피부 화상도 발생할 수 있다. 손상의 가능성 및 정도는 파장과 출력에 따라 변할 수 있다. 레이저 사용자와 작업 영역에 있는 모든 사람들은 세심한 주의를 기울여야 한다. 레이저는 옷이나 종이를 태우거나 용제와 다른 가연성 물질을 발화시킬 수 있을 정도로 강력하다. 레이저 시스템 사용 시에 이런 점에도 고려해야 한다. 고출력 레이저 사용 시에는 뜨겁거나 녹은 금속 물질이 있을 수 있으며, 작업 중에 파편 같은 것이 발생된다면 주의해야 한다.

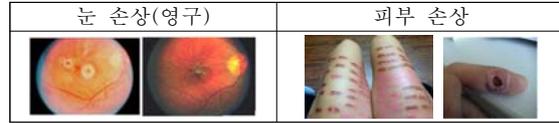
이러한 레이저 기기의 위험성에도 불구하고, 잘못된 시민 인식 및 안전 불감증으로 인한 안전 사고가 지속적으로 발생 하고 있다.

레이저 방사 에너지에 노출시 영구적 시력 손상, 피부 손상, 화재까지 발생 할 수 있으며 특히 Class 2 이상의 기기는 눈손상을 초래 할 수있으며, Class 3B의 기기의 경우 심각한 피부 손상을 초래 할 수 있다.

순번	사례(예)	일시
1	육군35사단 선임병이 쏜 레이저포인터에 시신경 영구 손상	2012.07.10
2	여객기 조종사 레이저 빔공격 당해 시력 상실. 항공기 회항	2016.02.16
3	야구 경기장, 축구 경기장 레이저 공격	2012.09.23
4	뉴스보도, 위험한 레이저 시력손상에 화상까지 유발	2016.02.21
5	레이저 장난감 설명 위험	2004.11.26

6	호주 14세 소년 레이저 포인터 때문에 시력 75% 잃는 사고 발생	2016.01.26
---	---------------------------------------	------------

※ 매년 유럽의 경우 30건 이상의 레이저 위험제품이 보고되고 있음



2.2 레이저 안전 기준 및 안전 등급

레이저 안전등급 기준은 국가별, 단체별로 여러 가지 종류가 있으나, 일반적으로 많이 통용되는 대표적인 표준은 아래와 같은 것들이 있다.

- IEC 60825-1 (Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements):
- EN 60825-1 (Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements)
- ANSI Z136.1 (Safe Use of Lasers):
- 21CFR 1040.10 (PERFORMANCE STANDARDS FOR LIGHT-EMITTING PRODUCTS - Laser products)

IEC 80825-1, EN 60825-1, ANSI Z 136.1 기준은 안전 요구사항 및 시험평가 방법에 대하여 명시하고 있다.

위의 레이저 안전등급 표준은 모두 크게 두 부분으로 구성된다고 볼 수 있다. 하나는 레이저 제품의 안전등급을 산출하는 부분이고, 나머지 하나는 등급에 따라 레이저 제품이 갖추어야 할 안전 요구사항에 대한 부분이다.

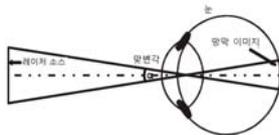
첫 번째 부분인 안전등급 산출 부분은, 레이저 출력의 파워·에너지를 측정하기 위한 측정 방법에 대한 내용과 등급별 기준값에 대한 내용으로 구성된다. 측정 방법에 대해서는 뒤에서 알아보기로 하고, 우선은 등급이 어떻게 나뉘고 각 등급별로 어떤 의미가 있는지 간략히 살펴본다.

IEC 60825-1과 ANSI Z136.1 의 경우 안전등급별 허용한계치 AEL(Accessible Emission Limit, 접근가능 방출한계)은 MPE(Maximum Permissible Exposure, 최대허용노출)로부터 유도된다. MPE는 신체 단위면적당 최대로 노출이 허용되는 단위면적당 에너지·파워를 의미하며, 피부에 대한 MPE와 눈에 대한 MPE가 있다. 신체에 입사된 레이저 에너지·파워가 위험한 정도인지 아닌지는 그 값이 MPE보다 큰지 아닌지를 비교하여 판단할 수 있다.

AEL은 MPE로부터 유도 되는데, 가장 안전한 등급인 Class 1에 대한 AEL은 MPE에 노출된 신체면적을 곱함으로써 구할 수 있으며, Class 3R에 대한 AEL은 파장 범위에 따라 Class 1 또는 Class 2 AEL 값에 5를 곱함으로써 얻을 수 있다.

MPE와 AEL 값은 몇 가지 조건에 따라 다르게 주어지는데, 우선 노출시간에 따라 다른 형태로 주어진다. 짧은 노출시간에 대해서는(펄스 레이저) 기준값이 에너지(J)로, 긴 노출시간(10초 이상)에 대해서는 파워(W)로 주어지며 노출시간이 짧을수록 높은 피크파워가 허용되는 것을 기대할 수 있다. 예를 들어, Class 2 등급의 AEL은 Class 1 등급의 기준 노출시간인 100초보다 짧은 0.25초 동안 노출되었을 때(사람의 무의식적으로 반응하여 레이저빔을 피하는 시간) 안전성이 유지되는 파워 값인데, 그 값이 Class 1 AEL보다 2배 이상 높다.

두 번째로 MPE와 AEL 값에 영향을 끼치는 요소는 파장인데, 보통 가시광에 가까운 파장일수록 MPE와 AEL은 낮은 값이 주어진다. 가시광에 가까운 레이저일수록 망막까지 도달하여 눈에 손상을 입힐 수 있기 때문이다. 또 한가지 MPE와 AEL 값에 영향을 끼치는 요소는 맞변각(Angular Subtense)이다. 맞변각이란 눈을 꼭지점으로 하고 레이저 소스 양끝을 밑변으로 했을 때 아래 그림과 같이 눈과 소스가 이루는 각이다.



이 각은 레이저 소스가 망막에 얼마나 큰 크기로 맺히는지를 나타낸다. 맞변각이 크면 망막에 큰 상으로 소스가 맺힌다. 같은 에너지가 눈에 입사되면 소스가 망막에 큰 상으로 맺힐수록 단위면적당 망막에 입사되는 에너지가 작아지므로 더 안전하다. 즉 맞변각이 클수록 MPE와 AEL이 커진다.

마지막으로 고려할 수 있는 것은 반복되는 펄스에 대한 MPE이다. 단일 펄스에 대한 MPE는 펄스폭을 노출시간으로 고려하여 표준에서 주어지는 식으로 계산한다. 그런데 이 펄스가 반복되는 경우 위에서 구한 MPE를 보정해 사용해야 한다. 펄스가 반복되면 각 펄스가 전달하는 충격이 망막 조직에 계속 누적될 수 있다. 충격이 누적되는 것을 완화하기 위해서는 펄스가 반복되는 속도가 느려져, 망막 조직이 충분히 냉각될 시간을 가질 수 있어야 한다. 다시 말하면 펄스가 자주 반복될수록 망막이 손상되는 정도가 심해진다는 것이다. 일반적으로 펄스가 자주 반복될수록 낮은 MPE를 적용해야 한다.

반복 펄스에 대한 보정은 망막에 손상을 줄 수 있는 파장대역(400-1400 nm)에 한정한다. 나머지 파장대역에 대해서는 고려할 필요 없다.

IEC 60825-1과 ANSI Z136.1에서 주어지는 MPE는 위에서 언급한 개념에 따라 거의 동일한 값으로 주어지며, 따라서 등급별 허용치 AEL 역시 거의 동일하게 주어진다. 따라서 같은 제품을 위 두 표준 중 어떤 표준을 적용하여 등급을 산출해도 결과는 거의 동일하게 나올 것이다.

	지속노출		순간노출		반사	피부
	광학장비	맨눈	광학장비	맨눈		
Class 1	안전	안전	안전	안전	안전	안전
Class 1M	위험	안전	위험	안전	안전	안전
Class 2	위험	위험	안전	안전	안전	안전
Class 2M	위험	위험	위험	안전	안전	안전
Class 3R	위험	위험	주의	주의	안전	안전
Class 3B	위험	위험	위험	위험	주의	주의
Class 4	위험	위험	위험	위험	위험	위험

2.3 국가별 레이저 안전관리 현황

유럽 및 미국의 레이저 용품 관리는 GPSD(General Product Safety Directive)의 대상은 일반 소비자가 사용하는 기기를 소비자용품 레이저 안전관리 대상으로 하고 있다. 일반 소비자용 레이저용품(예 레이저 포인터, 레이저 수평계, 레이저 거리측정기, 레이저를 방출하는 적외선 온도계 등등)의 경우의 Class 2 까지 허용한다.

다만 산업용(Construction Product) 절단기 혹은 의료용(Medical device)의 특수한 레이저 용품의 경우 Class의 제한은 없으나, EN 60825-1에 따라 안전 주의사항 및 보호장구 요구사항을 따르도록 하고 있다.

일본의 경우 소비생활용품안전법에 따라 “휴대용레이저 응용장치”를 특정특별 대상기기로 분류하고 있으며(PSC 다이아몬드) 소비자가 쉽게 사용할 수 있는 휴대용레이저기에 대하여 레이저 용품이 출력이 Class 2 까지 허용하고 있다.

한편 국내의 레이저 용품은 품질경영 및 공산품 안전관리 법률에 따라 휴대용 레이저 용품으로 관리하고 있으나, 레이저 포인터 및 레이저 장난

감 만을 안전 관리 대상으로 하고 있어 선진국의 안전 관리 현황과는 다소 차이가 있다.

피부 손상 등 심각한 위험을 초래 할 수 있는 것으로 파악 되었다.

2.4 시중 제품의 안전성 조사

소비자의 레이저 용품으로 부터의 위험 노출의 정도를 확인하기 위하여 시중 제품을 무작위로 구매하여 위험 정도를 파악 하였다.

품목	모델명	파장 (nm)	방출량 (mW)	등급
거리측정기	#1	640	0.913	Class 2
	#2	660	0.821	Class 2
	#3	638	0.767	Class 2
	#4	638	0.96	Class 2
	#5	638	0.93	Class 2
골프용품	#6	652	3.55	Class 3R
	#7	637	0.252	Class 1
	#8	637	4.06	Class 3R
	#9	651	5.07	Class 3B
레이저레벨기	#10	653	3.32	Class 3R
	#11	640	0.752	Class 2
	#12	640	1.58	Class 3R
	#13	640	16.6	Class 3B
	#14	639	0.5	Class 1M
	#15	637	1.97	Class 3R
레이저조명기	#16	639	0.57	Class 2
	#17	650	0.65	Class 2
	#18	531	87.3	Class 3B
레이저포인터	#19	531	32.6	Class 3B
	#20	655	2.51	Class 3R
바코드스캐너	#21	533	23.3	Class 3B
	#22	534	0.65	Class 2
	#23	651	0.83	Class 2
별지시기	#24	650	0.11	Class 2
	#25	653	0.14	Class 2
	#26	532	478	Class 3B
빔프로젝터	#27	442	>520	Class 4
	#28	447	90.9	Class 3B
자전거용품	#29	645	0.967	Class 3R
	#30	643	0.871	Class 3R
	#31	658	0.619	Class 2
	#32	652	4.18	Class 3R
	#33	661	0.648	Class 2
차량용액세서리	#34	655	0.57	Class 2
	#35	651	0.92	Class 2
	#36	659	61.3	Class 3B
	#37	660	4.83	Class 3R

골프연습용 레이저기기, 레이저 레벨기, 레이저 조명기기, 레이저 포인터, 별지시기, 빔프로젝터, 자전거용품 및 차량용 액세서리 등 광범위한 제품을 확보하여 제품의 위험성을 파악 하였으며, 전체 37개 제품의 시험결과 19개의 기기, 약 51% 의 기기가 Class 3 이상으로 분류되어 시력 및

III. 결 론

지속적인 기술의 발달로 인해 다양한 레이저 제품들이 실 생활에 이용되고 있다. 이에 따른 제품의 다양성 및 효용성이 증가되고 있는 반면, 시장 조사 결과 소비자의 안전성 확보에 대해서는 우려되는 상황이다. 글로벌 선진국의 안전관리제도와 유사한 수준의 안전 확보를 위하여 정부의 지속적인 시장 관리와 효과적인 법제도 개편으로 소비자의 편리성과 안전성을 동시에 만족할수 있도록 해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] <http://www.sjbnews.com/news/articleView.html?idxno=407109>
- [2] http://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1003418617&plink=ORI&cooper=NAVER
- [3] http://health.chosun.com/site/data/html_dir/2012/09/21/2012092101836.html
- [4] http://imnews.imbc.com/replay/2016/nwdesk/article/3885002_19842.html
- [5] <http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=102&oid=021&aid=0000089749>
- [6] <http://news.topstarnews.net/detail.php?number=175600>
- [7] IEC 60825-1:2014 Safety of laser products - Part 1: Equipment classification and requirements
- [8] ANSI Z136.1-2014 Americal National Standard for Safe Use of Lasers
- [9] Code of Federal Regulation, Title 21, Part 1040, Sec. 1040.10 Laser products (Cite: 21CFR1040.10)
- [10] KS Q ISO/IEC 17025 시험기관 및 교정기관의 자격에 대한 일반 요구사항 - 표준교정절차서, 한국계량측정협회