

방호장치 성능개선에 관한 연구

1997. 12



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 산업재해예방 기술연구 개발 및 보급사업의 일환으로 수행한 “방호장치 성능개선에 관한 연구 I” 사업의 최종보고서로 제출합니다.

1997.12

주관 연구부서 : 산업안전연구원 안전연구실

연구책임자 : 책임연구원 김기식

공동연구자 : 인하대학교 항공우주공학과 김진호

인하대학교 항공우주공학과 대학원 김종래

인하대학교 항공우주공학과 대학원 김인중

인하대학교 항공우주공학과 대학원 박용규

선광전자 심우정

선광전자 김영배

선광전자 임홍천

선광전자 심우철

여 백

요 약 문

1. 과제명 : 방호장치 성능개선에 관한 연구

- 프레스 방호장치 성능비교

2. 연구 기간 : 1997년 1월 1일 ~ 1997년 12월 31일

3. 연구자 : 한국산업안전공단 산업안전연구원 안전연구실 김기식

인하대학교 항공우주공학과 김진호

인하대학교 항공우주공학과 대학원 김종래

인하대학교 항공우주공학과 대학원 김인중

인하대학교 항공우주공학과 대학원 박용규

선광전자 심우정

선광전자 김영배

선광전자 임홍천

선광전자 심우철

4. 연구목적 :

-방호장치 성능개선의 1차 년도로 프레스에 사용하는 팽전자식 및 양수 조작식 방호장치에 대하여 선진국과의 기준 및 제품의 성능을 비교하고 그 개선점을 제시

- 이를 이용, 명년도에 개발방향을 도출하여 안전성능이 우수하고 사용의 편리를 고려한 시제품을 생산

5. 연구내용

- 유럽기준을 중심으로 프레스 방호장치 관련 규정을 우리와 비교
- 인간공학적 설계 및 해석방법 제시
- 국산품의 회로분석 및 선진국제품과의 비교
- 지동시간의 측정, 평가 방법 개발
- 선진국제품과의 지동시간 비교

6. 활용계획

- 프레스 재해예방에 기여
- 국산 프레스 방호장치의 경쟁력확보

7. 연구개요

안전방호장치의 제품 수준은 선진국에 비하여 상대적으로 매우 낙후되어 있으나 이를 개선하기 위한 노력을 기울이지 못하고 있는 실정이다.

프레스 방호 기준의 측면에서 보면 선진국의 경우 프레스 사용상 편의를 위하여 여러 가지 작업환경에 맞추어 사용할 수 있도록 방호장치의 규정이 다양하게 준비되어 있으나 우리는 그러한 다양성이 매우 부족하다.

가장 중요한 안전개념이 제대로 들어간 제품이 설계되어 있지 못하고 있으며, 대표적인 성능기준인 지동시간도 선진국제품에 비하여 떨어지고 제품별 성능편차도 큰 것으로 알려져 있다.

방호장치의 성능을 지배하는 가장 큰 인자 중의 하나는 적용하는 성능 기준이며 전세계의 기준으로 통일되어 가고 있는 유럽기준을 중심으로 프레스 방호장치 관련 규정을 우리와 비교하여 개선점을 도출하였다. 이과정을 통하여 광전자식 방호장치를 기동스위치로 사용할 수 있도록 허용한다던가, 방호장치의 해상도(연속차광폭)를 자유롭게 선택할 수 있도록 한다던가, 일부광축을 무효화할 수 있도록 허용하는 등 작업에 적합하게 방호방법을 다양하게 인정하는 방향의 정책이 필요한 것으로 나타났다.

우리의 안전기준중 안전거리의 계산 방법은 명백히 잘못되어 있고 광전자식 방호장치의 지동시간은 과소평가되고 있어 즉시 개정이 필요하다. 또 방호장치의 시험거리나 해상도는 제조자가 제시한 사양을 근거로 하여 사용자의 요구에 부응할 수 있도록 다양성을 인정하는 것이 중요하며 양수조작식 방호장치의 지동시간 측정이나 충격 시험 등 성능시험의 개정도 고려하는 것이 필요하다.

또 프레스의 안전을 위하여는 사용하는 방호장치의 지동시간보다는 프레스기계 자체의 정지성능을 측정, 유지 관리하는데 힘을 쓰는 것이 더 효과적이다.

다음으로 인간공학적 설계 및 해석방법 제시하였으며 국산품의 회로분석 및 선진국 제품과 비교하여 기능별 모듈화문제, 이상의 자가진단문제, 등 설계개선방향을 제시하였다.

끝으로 가장 대표적인 성능 지표인 지동시간의 측정 및 평가 방법을 개발하고 이를 이용하여 선진국제품과의 지동시간 비교함으로써 릴레이 성능, 회로지연의 문제점을 제시하였다.

여 백

목 차

요약문

제 1 장 서 론	1
1-1 안전방호장치의 현황	1
1-1-1 현 황	1
1-1-2. 연구목적 및 필요성	3
1-2 연구내용 및 범위	7
제 2 장 법, 제도적 측면의 비교	11
2-1. 유럽의 기계방호 법체계	11
2-1-1 European Directive	11
2-1-2 The Machinery Directive	12
2-1-3 The Use of Work Equipment by Workers at Work Directive	14
2-2 유럽 안전 기준	14
2-2-1 Harmonized European Standards	14
2-2-2 안전기준의 형태	15
2-3. 유럽의 프레스 방호 관련 규정	17
2-3-1 일반	17
2-3-2 프레스 방호 규정	18
2-3-3 광전자식 방호장치	27
2-3-4. 양수조작식 방호장치	37
2-4 프레스 방호장치 관련 기준비교 및 개선점	47
2-4-1 안전거리	48
2-4-2. 기동스위치로 사용하는 광선식 안전장치	49
2-4-3. 일부 광축의 무효화 문제	50
2-4-4. 프레스 정지성능 측정관리 및 지동시간규제 완화	51
2-4-5 해상도(연속차광폭)의 정의	52
2-4-6 거울형 광전자식 방호장치 사용제한	53

2-4-7 성능검정시험 방법	54
제 3 장 인간 공학	55
3-1. 개 요	55
3-2. 운전자 오류를 고려한 설계	55
3-3. 정량화된 충격의 영향	58
제 4 장 회로 해석	60
4-1. 개 요	60
4-2. Main PCB	62
4-2-1 발진부	66
4-2-2 주파수 분주 회로	68
4-2-3 수감부	69
4-3. Sub PCB	74
4-3-1 직류 전압 입력 회로	77
4-3-2 수광 센서 및 신호 증폭 회로	78
4-3-3 투광 다이오드 및 센서 신호 출력 회로	82
4-4. Control PCB	85
4-4-1 입력 신호 판정 회로	88
4-4-2 릴레이 회로	91
4-4-3 방호 장치 전원 회로	93
4-4-4 Control PCB 회로 동작	95
4-4-5 릴레이 개폐 속도 증가 방안	96
4-5. 회로 해석 결과	97
제 5 장 방호 장치 성능 비교	100
5-1. 국내 규정과 선진국 제도와의 비교	101
5-2. 지동시간 정의	103
5-2-1 지동 시간의 규정상 정의	103
5-2-2 성능 비교 실험 개요	107
5-2-3 지동 시간의 새로운 정의	109
5-3. 성능 비교 실험	110
5-3-1 실험 장치 및 기본 개념	110
5-3-2 실험 장치 지지대	111

5-3-3 포토 인터럽터	113
5-3-4. 포토 인터럽터 위치 설정	119
5-3-5 자동 시간 측정 장치	125
5-3-6 실험 종류	129
5-4. 성능 비교 실험 결과	131
5-4-1 자유 낙하를 이용한 성능 비교 실험	134
5-4-2. 국산 방호 장치의 문제점	144
제 6 장 결 론	149
[참고 문헌]	156

제 1 장 서 론

1-1 안전방호장치의 현황

1-1-1 현 황

현대의 대부분의 국가에서 프레스나 전단기 등과 같이 위험성이 높은 기계에 대해서는 안전 방호를 확실하게 한 상태에서만 유통이 가능하도록 하고 있다. 우리의 경우도 마찬가지이며 특히 가장 위험한 기계로 알려진 프레스 및 전단기에는 가드나 광전자식 등의 방호장치를 하여 안전이 확보된 상태가 아니면 양도, 대여, 설치 및 진열을 할 수 없도록 하고 있다.

그러나 사용할 때 이것이 잘 지켜지지 않는 경향이 있다. 즉 방호장치를 부착하고도 사용을 기피하고 있는 경우가 많다. 이는 사용자의 입장에서 이러한 장치가 불편하거나 생산성의 저해를 가져온다고 믿고 있기 때문이며 이러한 것도 일부는 사실인 것이다.

우리 나라가 OECD 가입을 하고 있는 상태에서 대부분의 산업분야는 어느 정도 국제 경쟁력을 가지고 있다고 볼 수 있겠으나 안전방호장치의 제품 수준은 선진국에 비하여 상대적으로 매우 낙후되어 있으며 방호장치 업체는 대부분 매우 영세하여 이를 개선하기 위한 노력을 기울이지 못하고 있는 실정이다. 선진국의 제품과의 품질의 비교는 거의 생각도 못하고 심지어 선진국에 어떠한 제품이 유통되고 어떠한 기준 하에서 만들어지는가에 대한 정보도 거의 가지고 있지 못한 실정이다. 품질이 열악하다는 것이 단

지 업체가 영세하다는 것에만 기인하는 것은 아니지만 적어도 커다란 이유가 된다.

특히 프레스 방호장치의 경우 프레스 제조 업체와 방호 장치 업체가 독립되어 있는 형편으로 프레스나 방호 장치가 최적의 상태로 호환 설계될 수 없고 프레스 및 방호장치의 시험 평가 역시 독립적으로 시행되고 있다. 이러한 이유로 제작 당시부터 국내 프레스 안전 방호 장치 제품은 체계적인 방호 장치의 시험 평가를 거쳐 제작되는 선진국의 제품보다 질적인 우수성을 확보하지 못하고 있는 현실이다.

프레스 및 전단기는 전수조사가 이루어진 '91년 및 92년도에 연간 약 5,000건 정도의 사고가 보고되고 있으며 산업재해조사표에 의한 조사대상 재해의 약 30%정도를 점유하고 있는 가장 위험한 기계이다.

한편, 프레스 방호 기준의 측면에서 보면 유럽과 미국의 경우에는 프레스 사용상 편의를 위하여 여러 가지 작업환경에 맞추어 사용할 수 있도록 방호장치의 규정이 다양하게 준비되어 있으나 우리와 일본의 경우는 프레스의 방호장치로서의 그러한 다양성이 매우 부족하다.

국내의 방호장치는 방호 장치 제조업체의 영세성 및 프레스 제조업체와의 분리로 인하여 적은 국내 시장만을 대상으로 최소한의 요구조건인 국내의 방호장치의 성능 기준을 겨우 만족하는 정도의 수준을 벗어나지 못하고 있다.

유럽은 유럽의 통합과 함께 통일된 기준을 준비하고 있고 이는 세계적인 기준의 통일로 이어지고 있는 현실에서 국내 방호장치는 이러한 흐름을 따라가지 못할 경우 차츰 그 설자리를 잃을 수밖에 없다.

본 연구의 대상인 광전자식 및 양수조작식 안전장치의 경우에도 위의

범주를 벗어나지 못하여 가장 중요한 안전개념이 제대로 들어간 제품이 설계되어 있지 못하고 있으며, 대표적인 성능기준인 지동시간도 선진국제품에 비하여 떨어지고 제품별 성능편차도 큰 것으로 알려져 있다.

성능검정기준에 있어서도 광전자식 방호장치를 기동스위치로 사용한다던가, 작업에 적합하게 일부 광축을 무효화한다던가, 기계식 조작방식이 아닌 양수조작식 방호장치이라든가 등에 대한 언급이 없거나, 언급이 있는 경우에도 구체적이고 사실적인 기준이라기보다는 선언적 의미가 강한 문장이 많은 부분을 차지하고 있고, 일부는 위험을 초래할 수도 있는 조항을 가지고 있기도 하다. 예컨대 내열성시험은 열처리 후 이상이 없어야 한다고만 되어 있고, 지동시간의 정의는 실제의 방호장치 반응시간보다 적게 평가되는 위험을 가지고 있다.

이와 같이 프레스 방호장치로서의 광전자식 및 양수조작식 방호장치는 기준의 미약함과 제품성능의 상대적인 낙후로 국제시장에서 경쟁력을 확보하기 힘들뿐만 아니라 근로자의 안전에도 위협이 되는 요인으로 작용하고 있다.

1-1-2. 연구목적 및 필요성

본 연구의 목적은 선진국에 비하여 안전의 수준이 떨어지고 있는 방호장치의 성능을 개선하는데 있다. 그 중에서도 1차 년도의 연구에서는 프레스에 사용되는 광전자식 및 양수조작식 방호장치의 성능개선을 위해 우선 이러한 성능 차이가 발생하게 되는 여러 요인을 분석하고 이들에 대한 개선 방향을 제시하여 향후 성능이 개선된 제품생산의 기초자료를 생산하는데 있

다.

프레스재해는 재래형 재해로 많은 부분이 적절하고 완전하게 방호를 하면 대부분 방지할 수 있다. 그러나 위에서 언급한 바와 같이 프레스 방호 장치 특히, 광전자식 및 양수조작식 방호장치의 경우 기준의 미비, 제품의 낙후 등으로 근로자의 안전이 위협을 받고 있는 형편이다.

즉 국내 안전 방호 장치의 수준은 선진국에 비하여 열악할 뿐만 아니라 설치된 안전 방호 장치 역시 운전자의 인지도 부족 또는 사용상의 불편함으로 인하여 방호 장치를 제거하고 사용하는 등 안전 환경 개선에 대한 노력이 부족하다. 이에 따라 국내에서는 안전에 대한 인지도를 높이고 안전 사고를 줄이기 위하여 법적으로 프레스나 전단기와 같이 위험 사고가 잦은 기계에 대하여서 안전 방호 장치를 필수적으로 장착하도록 하고 있다.

이미 선진국에서는 표준화된 다양한 성능 검정 실험 방법과 성능 요구조건을 규정으로 명시하여 시행하고 있으며, 특히 유럽의 성능 규정 기준이 미국 및 일본의 성능 기준을 이끌어 나가고 있는 실정이다.

방호장치의 성능개선은 선진국의 것과 국내의 기준 및 제품의 성능을 계량화하여 비교하는 데에서 출발하는 것이 가장 확실한 접근 방법이라 할 수 있는데 이런 비교는 전무한 상태이다.

광전자식 방호장치에 대한 선진국의 제품과 우리제품의 성능차이는 현격하다.

성능검정시험 항목 모두가 방호장치의 성능을 나타내는 것이지만 그 중에서도 가장 큰 부분은 회로상의 안전개념일 것이다. 특히, 이중회로(redundancy), 이상상태에서의 안전확보를 위한 설계 등이 가장 중요한 부분으로 생각된다. 유럽의 제품은 이들 부분이 성능기준에 의하여 강제되어

있으나, 국내제품은 이러한 회로가 거의 무시되어 있는 것이 현실이다. 이를 타개하기 위해서는 회로의 개선이 필요하며, 현생 설계회로의 분석이 이에 우선하여 시행되어야 할 것이다.

또 다른 성능으로 지동시간을 들 수 있다. 이 항목은 일본을 제외한 선진국의 경우 우리보다 낮은 기준을 가지고 있으나, 제품에 있어서 실제의 지동시간은 선진국 제품에 뒤지고 있다. 지동시간의 단축은 특히 자가진단 등 안전회로가 내장될 때 중요한 문제가 된다. 유럽에서는 자가진단이 매 행정마다 이루어져야 한다. 우리는 이러한 규정이 없음에도 지동시간은 이들 제품에 비해 뒤지고 있는 것이다. 따라서 이들에 대한 지동시간의 차이를 계량화하여 비교함으로써 성능차의 원인을 밝히는 기초로 삼을 수 있고 개선이 필요한 부분을 직시해 낼 수 있을 것이다.

우리의 방호장치 생산업체의 영세성 때문에 기술적 난이도를 극복치 못하여 우리제품의 질이 선진국제품에 비하여 떨어진다고 하는 것이 원인의 전부일 수는 없다. 사회 전반의 인식이나 관행, 작업환경 등에 영향을 받는 부분도 무시할 수는 없다.

사용자의 입장에서는 방호장치를 기계의 안전을 위해 반드시 필요한 부분으로 생각하기보다는 부속물 정도로 생각하는 것이 현실이며, 특히 프레스 사용업체의 경우 이런 현상이 두드러진 편이다. 이들은 방호장치를 근로자의 안전을 지키기 위해 부착한다기보다는 법적 책임을 면하기 위한 수단으로 부착하며, 이것이 생산성을 저해하고 있다고 믿고 있는 경우도 많이 있다.

또 한편으로는 많은 사람들이 성능검정기준을 만족하는 방호장치는 최소한의 요구조건이 만족된 제품이 아니라 최상의 품질을 가진 것으로 오해

하고 있는 것이 현실이다.

따라서 이들은 성능검정에 합격한 제품이면 어떤 것이든 가격이 저렴한 것을 요구하고 있고, 이에 따라 방호장치 생산업체도 생산성을 높이고 안전 신뢰도가 검정기준보다 훨씬 상회하는 제품을 만들기보다는 검정기준을 가까스로 만족할 수 있는 최소한의 기능을 가진 제품생산에 급급해 하고 있다.

우리의 성능검정기준은 일본과는 거의 유사하지만 법체계부터 구체적인 검정기준에 이르기까지 유럽의 기준과는 현격한 차이를 보이고 있다.

유럽의 기준은 세계 각국의 기준을 선도해가고 있으며, 일본이나 미국 등도 이를 쫓아가고 있는 상태이며, 우리도 이런 추세를 무시할 수 없고, 또 국산 방호장치의 성능이 검정기준에 의하여 결정되어지는 현실에서 우리의 검정기준이 유럽의 기준에 비하여 현저히 낮은 수준임을 감안하면 검정기준의 상향조정이 방호장치 성능개선의 한가지 방법이 될 것으로 생각한다.

따라서 방호장치의 성능개선은 선진국과 우리의 기준 및 제품을 비교하는데서 출발하여야 할 것이다. 세계의 기준을 이끌어 가는 유럽의 프레스 방호기준을 중심으로 우리의 방호기준과 비교, 차이점을 찾아내고 이의 개선방향을 제시할 필요가 있다. 특히 제품의 질이 많이 낙후되어 있는 광전자식 및 양수조작식 방호장치를 중심으로 프레스 방호 및 방호장치 성능기준에 대한 비교 및 개선이 시급하다.

따라서 본 연구는 방호장치 성능개선의 1차 년도로 프레스에 사용하는 광전자식 및 양수조작식 방호장치에 대하여 선진국과의 기준 및 제품의 성능을 비교하고 그 개선점을 찾고자 하였다. 이를 통하여 차기 년도의 개발 방향을 도출하여 안전성능이 우수하고 사용의 편리를 고려한 시제품을 생산

할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

1-2 연구내용 및 범위

본 연구는 안전한 작업장 구현 및 가격 및 성능면에서 국제 경쟁력을 갖는 방호 장치 시제품 제작에 그 목적이 있으며 현재 프레스 및 전단기 방호장치인 중 가장 선진국형에 가깝고, 운전자의 미치는 피로가 적으며, 프레스 기계와의 연동이 가장 용이한 광선식 방호장치와 기동스위치로 가장 널리 쓰이는 양수조작식 방호장치를 연구 대상으로 하였다. 1 차 연도의 연구 내용을 주제별로 나열하면 다음과 같다.

가) 법, 제도적인 측면

적어도 우리 나라의 경우에는 방호장치의 성능을 지배하는 가장 큰 인자 중의 하나는 적용하는 성능 기준이다. 전세계의 기준으로 통일되어 가고 있는 유럽기준에 대하여 일반적인 기준 적용 방법을 개괄하여 보았고 프레스에 적용하는 광선식 방호장치 및 양수조작식 방호장치의 성능 기준에 대하여 유럽기준을 중심으로 우리의 기준을 선진국과 비교하였으며 이를 통하여 우리 기준의 개선점을 도출하고자 하였다.

가장 큰 차이로는 광전자식 방호장치를 기동스위치로 사용할 수 있도록 허용한다던가, 방호장치의 해상도(연속차광폭)를 자유롭게 선택할 수 있도록 한다던가, 일부광축을 무효화할 수 있도록 허용하는 등

작업에 적합하게 방호방법을 다양하게 인정하고 있다는 것이다.

또한 우리의 안전기준중 안전거리의 계산 방법은 명백히 잘못되어 있고 광전자식 방호장치의 지동시간은 과소평가되고 있어 즉시 개정이 필요하다.

이외에도 성능시험 중 시험거리나 해상도는 제조자가 제시한 사양을 근거로 하여 사용자의 요구에 부응할 수 있도록 다양성을 인정하는 것이 중요하며 양수조작식 방호장치의 지동시간 측정이나 충격시험도 시행하는 것이 바람직할 것이다.

또 프레스의 안전을 위하여는 사용하는 방호장치의 지동시간보다는 프레스기계 자체의 정지성능을 측정, 유지 관리하는데 힘을 쓰는 것이 더 효과적이다.

나) 인간공학

프레스 기계와 안전 방호 장치의 설계 개발시 초기 설계를 효율적으로 하기 위해서는 프레스, 방호 장치 및 운전자의 반응 특성에 대한 체계적인 접근이 필요하다. 이를 위해서, 프레스, 방호 장치 및 운전자 세 구성 요소를 하나의 시스템으로 통합하여 안전 사고 가능성을 높이는 요인이 무엇이고, 어떤 상호관계에 있는지 계통화 하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 이러한 안전사고 요인을 체계적인 계통화 방법을 이용하여 고찰하였다.

다) 요소 기술의 모듈화

국산 제품의 요소 기술을 분석하기 위한 1 차년도 연구로서, 국내 광선식 방호 장치를 구성하는 전체 회로에 대한 부분 별 기능을 해석하였고, 세부 모듈에 대한 기초 회로 자료를 구축하였다. 이를 기반으로 하여 차기 연도에 방호 장치의 개발 연구시 모듈화된 회로 자료를 이용함으로써 체계적인 제품 개발에 도움이 될 것이다. 또한 요소 기술 모듈화를 통해 얻어진 국내 제품의 회로해석 결과를 국외 안전 장치 제품에 적용하여 국내 제품과 신뢰도 비교를 하였다.

신뢰도 비교는 국내 규정상에서는 명시된 부분이 없고, 국산 제품의 경우 단순히 방호 장치의 오동작에 대비하여 Key Switch 만으로 차단하는 방법을 사용하고 있다.

이에 반하여 미국 제품은 미국 안전 규정에 근거 자기 진단(Self-Test) 기능과 FEMA(Failure More Effects and Analysis) 기능 및 검사를 받았고, 유럽 규정의 경우는 다양한 항목의 이상 상태 요구 조건(Fault Detection Requirement)을 만들어 방호 장치 제품이 그것을 만족하도록 하고 있다.

라) 성능 평가 방법 개발

기존 광선식 방호 장치에 대한 성능 평가 방법을 개선하기 위하여, 지동 시간 측정 방법의 몇 가지 단점을 보완한 새로운 지동 시간을 제시하고 이에 대한 측정 방법을 제시하였다. 제안된 지동 시간 측정 방법을 위해 지지대를 설계 제작하였고, 측정 센서로서 포토 인터럽터를 이용하였다. 또한 실험 방법의 신뢰도 확인의 일환으로 사용된 포토 인터럽터의 성능 평가 실험을 수행하였다.

마) 국내의 제품의 성능 비교 및 개선 방향 자료 제시

현재 국산 제품의 국제적인 기술 경쟁력을 파악하기 위하여, 미국·일본 등과 같은 선진국가의 제품과 국내 제품과의 지동 시간을 설계된 측정 장비를 이용하여 측정한 후에 비교 검토하였다. 또한, 국내 S사 제품에 대해 방호 장치 구성 회로의 부분별 지동 시간 측정을 통해서 지동시간을 효율적으로 줄이기 위해서 어느 부분을 향상 시켜야 하는가를 결정하는 자료를 제시하였다.

제 2 장 법, 제도적 측면의 비교

안전장치의 성능을 지배하는 가장 큰 인자는 적용하는 성능기준이다. 유럽의 성능기준은 유럽의 통합에 맞추어 통합전의 독일 및 영국의 기준을 중심으로 통일되어 가고 있으며 그 수준이 가장 높다. 미국의 기준은 성능의 수준이 유럽보다 약간은 낮은 편이지만 유럽의 기준을 따라올 것이라 한다. 일본은 우리와 거의 유사하여 예컨대 유럽에서 프레스에 사용할 수 없는 정도 수준의 방호장치가 인정될 수 있을 정도이다. 일본도 곧 유럽의 기준을 쫓을 것이라 한다.

유럽의 기준은 세계의 기준이 되고 있으며 따라서 본 연구에서도 유럽의 기준을 중심으로 프레스에 적용하는 광선식 방호장치 및 양수조작식 방호장치의 성능 기준을 비교하고자 한다.

2-1. 유럽의 기계방호 법체계

2-1-1 European Directive

유럽의 통합과 관련하여 유럽시장 내에서 자유롭게 상품을 유통시키기 위하여 재정이나 기술 등 여러 분야에서 통일된 법체계를 만들어 가고 있으며 기계장비에 의한 근로자의 안전과 밀접하게 관련이 있는 다음과 같은 부분에 대한 harmonization이 진행되고 있다.

- Machinery Directive : 새로운 장비(또는 EU 외부에서 수입되는 장비) 관련

- The Use of Work Equipment by Workers at Work Directive : 기존
에 사용 중인 장비 관련
- 기타 관련 기준

2-1-2 The Machinery Directive

Machinery Directive는 89년 6월 14일 89/392/EEC를 기초로 출발하여 2차에 걸친 개정(91/368/EEC, 93/44/EEC)이 있었으며 기본적으로 새로운 기계를 설계하고자 하는 자에게 필요한 것이다. 여기에서는 새로운 기계가 만족해야 할 중요한 안전조건에 관하여 정의하여 이 기계가 작업자에게 충분히 안전함을 보장함으로써 EU 회원국내의 시장에서 자유롭게 판매될 수 있도록 한다.

이와 관련된 기준(standards)은 이런 목적을 구현할 수 있는 구체적인 방법과 수단에 대하여 정의한다. 그러나 이 개개의 기준이 강제적인 것이라기보다는 오히려 Machinery Directive에 따라 안전한 결과를 얻도록 하는 것이 의무사항인 것이다. 한편, harmonized standards에 따라 만들어진 기계는 Directive의 중요한 요구조건을 만족한 것으로 본다.

이 Directive는 1995년 1월 1일부터, 안전부분은 1997년 1월 1일부터 시행되었다.

가) 새로운 기계의 제작시

자세한 내용은 Machinery Directive의 Annex VI에 있으며 간단히 설명

하자면 기계의 종류에 따라 2가지로 분류하고 있다.

- 사용상 위험하다고 판단되는 기계나 설비는 특별한 과정, 즉 인증이나 시험(Certification/Examination)을 거쳐 적합성을 인정받아야 한다. Machinery Directive의 Annex IV에는 이와 관련된 기계의 종류와 종합적으로 이용할 안전장치가 자세히 나열되어 있다.
- 사용상 위험하지 않다고 판단되는 기계나 설비는 간단한 과정으로 제작한다.

나) 적합성 공표 (Conformity declaration)

기계의 적합성을 보장받으려면 제작자는 반드시 각각의 기계에 “CE” 마크를 부착하고 “CE” 적합성 공표를 따랐음을 보증하여야 한다.

만일 Machinery Directive의 Annex IV에 나열되지 않은 기계는 제조자가 믿을 만한 경우 기본적으로 자체의 보증에 의한 “CE” 적합성 공표를 할 수 있다. 이때 Machinery Directive의 Annex VI에 의한 Technical Construction File(TCF)를 만들어야 하고 요구가 있으면 열람이 가능하여야 한다.

만일 Annex IV에 나열된 기계라면 다음 2 가지 과정 중 하나를 따라야 한다.

- 1) 제조하고자 하는 기계에 대한 harmonized standard가 있는 경우에는 다음의 세 가지 중 하나를 따른다.
 - 자체인증(self-certification) 과정의 경우로, 제조자는 notified body에 TCF를 보내고 notified body는 이를 접수 보관한다.

- notified body가 적합성을 인정하는 경우로, 제조자는 notified body에 자신의 TCF가 harmonized standard를 따랐는지에 대한 서류 심사를 요구한다.
 - 제조자는 notified body에 현물로 EC type 보증시험을 의뢰한다.
- 2) 제조하고자 하는 기계에 대한 harmonized standard가 없는 경우, 제조자는 자신의 기계 및 관련 기술 서류를 notified body에 보내 EC type 보증시험을 의뢰한다

2-1-3 The Use of Work Equipment by Workers at Work Directive

이 Directive는 유럽 내에서 현재 사용 중인 장비에 대한 안전 수준을 높이기 위한 것으로 최소한의 요구조건을 정하였다.

각 장비는 적합성에 대한 현 상태를 시험하여야 한다. 현재 사용중이거나 중고로 판매되는 것으로써 적합성을 받지 않은 기계는 1997년 1월 1일부터 이 조건을 따라야 한다. 이는 특히 제어 및 정지장치, 경고 및 신호장치 등에 대한 것이다.

이 Directive는 새 기계에 대한 것인 Machine Directive와 같은 정도의 안전을 요구하지 않으며 단지 기본적인 위험을 제한하고 제거하기 위한 최소한의 요구조건이다.

2-2 유럽 안전 기준

2-2-1 Harmonized European Standards

Harmonized European Standards는 EC의 위원회(Commission)의 위임에 의하여 만들어진 기준으로 Directive의 중요한 안전조건을 만족하기 위한 구체적인 기술에 대하여 다루고 있다. 일단 CEN(The European Committee for Standardization) 이나 CENELEC(The European Committee for Electrotechnical Standardization)에 의하여 받아들여지면 기준은 “Official Journal of European Communities”에 번역 출판된다.

이러한 기준이 제정되면 같은 주제에 대한 각국의 기준을 대체하게 된다. 기계나 장치가 Harmonized European Standards에 적합하면 Machine Directive에 정의한 중요한 안전조건 요구조건에 적합한(conformity) 것으로 본다.

2-2-2 안전기준의 형태

유럽안전기준은 표 2-1과 같이 3가지 형태로 존재한다.

Type A standards(기본적인 안전 기준)는 모든 기계에 적용되는 기본적인 개념, 설계원칙, 일반적인 사항을 정의하며 Type B나 Type C standards가 없을 경우 설계자의 지침이 될 수 있다.

Type B standards(group 안전기준)는 개개의 안전방법(Software) 및 안전과 관련되어 기계에 널리 쓰이고 있는 장치(Hardware)를 다룬다. Type B1 standards는 특정한 안전요소(안전거리, 표면온도, 소음 등)를 다루며 Type B2 standards는 안전과 관련된 장치(양수조작식 제어장치, 연동장치, 압력감지장치, 가드, 광전자식 안전장치 등)를 다룬다.

Type C standards(기계별 안전기준)는 특정기계나 종류별로 안전요구조

표 2-1 안전기준의 예

Types of Standards	Number	Title
Type A	EN 292-1 and 2	Safety of Machinery - Basic concepts and general principles for design
	En 1050	Risk Assessment
Type B	IEC61496(prEN 61496)	Electro-sensitive protective equipment
	Part 1	General requirements and test
	Part 2	Particular requirements for equipment using AOPD
	Part 3	Active optical area protection
	prEN 999	The Positioning of Protective equipment in respect of approach speeds of parts of the human body
	EN 294	Safety distances to prevent danger zones from being reached by the upper limbs
	EN 954-1 and 2	Safety related parts of control system
	EN 60204	Electrical equipment of machines
	EN 1088	Interlocking devices Associated with guards
	prEN 574	Two-hand control
Type C	EN 418	Emergency stop
	⋮	⋮
	⋮	⋮
	⋮	⋮
	⋮	⋮
	⋮	⋮
Type C	EN 692	Mechanical press
	prEN 693	Hydraulic press
	EN 617 to 620	Handling Equipment
	prEN 415-1 to 7	Packing Machinery
	⋮	⋮

주) EN으로 시작되는 기준은 공포된 것이며 prEN으로 시작되는 기준은 공표과정에 있는 것임.

건을 자세히 다룬다. 이 기준이 있으면 이는 Type A나 Type B에 우선한다. Type C standards는 Type A나 Type B를 인용할 수도 있다.

Type C standards에 포함되지 않은 기계는 Type A 및 Type B기준을 기초로 적합성을 받는다.

표2-1에 Type에 따른 몇 가지의 기준을 나열하였다.

프레스를 방호하기 위하여 취하는 방호장치 관련 규정을 살펴보면 Type C에 해당하는 EN692, prEN693에 의하여 사용이 가능한 방호법이나 방호장치가 주어지는데 광전자식 방호장치에 대한 것은 Type A에 해당하는 EN292-1의 원칙 및 개념을 인용하면서 Type B1에 해당하는 EN954-1의 안전 category 4에 해당하는 것을 사용하도록 하고 있고, 이러한 광전자식 안전장치에 대한 자세한 내용은 Type B2에 해당하는 prEN61496에 주어진다.

2-3. 유럽의 프레스 방호 관련 규정

2-3-1 일반

기계를 설계할 경우 반드시 잠재적인 위험성을 평가하여야 하며 필요한 경우 근로자를 보호하기 위한 부가적인 안전방호조치가 있어야 한다. 대부분의 현대 국가에서 위험성이 있는 기계는 이 기계의 본래 목적을 달성하기 위한 부분만으로는 유통될 수 없고 안전이 확보된 상태에서만 유통이 가능하도록 하고 있다.

그림 2-1은 방호를 정하는 순서를 나타낸 계통도이다.

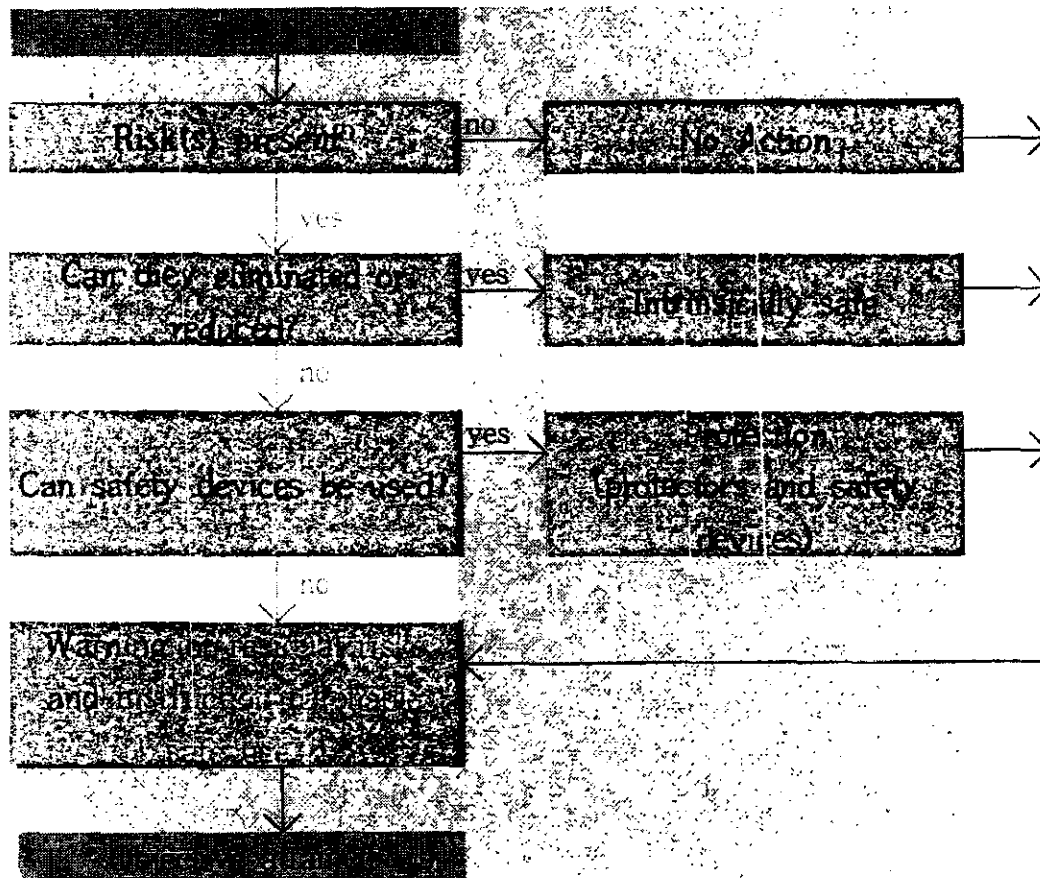


그림 2-1 기계방호 계통도

2-3-2 프레스 방호 규정

프레스는 Machinery Directive의 AnnexIV에 의한 위험기계로 이의 규격은 C Type인 EN692(기계식 프레스), EN693(유압프레스)에 있다.

여기서는 이 두 규격을 중심으로 프레스 방호의 특징과 우리의 현실에서 주의하여야 할 점 및 광전자식 및 양수조작식 방호장치 관련 부분을 살펴보기로 한다.

유럽의 안전기준은 프레스를 기계적 운동에 의한 금속을 가공하는데 이

용되는 부분만을 기계로 간주하지 않고 기계본체의 안전한 설계, 가드, 인터록, 광전자식 방호장치, 양수조작식 방호장치, 보수시의 안전조치 등이 조화롭게 구비되어 안전하게 사용이 가능한 상태를 프레스로 간주하고 있다.

EN692에는 프레스 방호방법을 8가지로 제시하고 있으며 그중 a)~e)까지는 물리적 방책이며, f)는 광전자식 방호장치, g)는 양수조작식 방호장치, h)는 유지작동제어(hold-to-run control) 방호장치 이다. 이와 같이 프레스 방호의 기본은 물리적 방책이 최우선이다.

그림 2-2는 기계방호의 한 예로 유압프레스 방호를 하는데 필요한 기준 및 방법, 순서를 나타낸 것이다.

다음에는 프레스 방호와 관련하여 중요한 사항을 정리 기술하였다.

가) 기계제어시스템의 안전관련 Category

프레스에 수동으로 재료를 송급하는 사람과 최대의 위험이 단지 손가락으로 가리키는 것인 사람의 방호방법이나 수준이 같을 수는 없다.

또한, 한 대의 기계라도 접근 방향에 따라 위험의 정도가 다르게 마련이다. 따라서 기계안전관련 제어 시스템의 각 부분에 따라 각기 다른 방법을 취하게 된다.

EN 954-1은 이를 염두에 두고, 설계자가 다음 세 가지를 고려하여 기계의 안전 관련 제어 시스템 각 부의 Category를 정하도록 도와준다. (그림 2-3 참조)

- 상해의 잠재강도
- 위험에 노출되는 회수 또는 기간

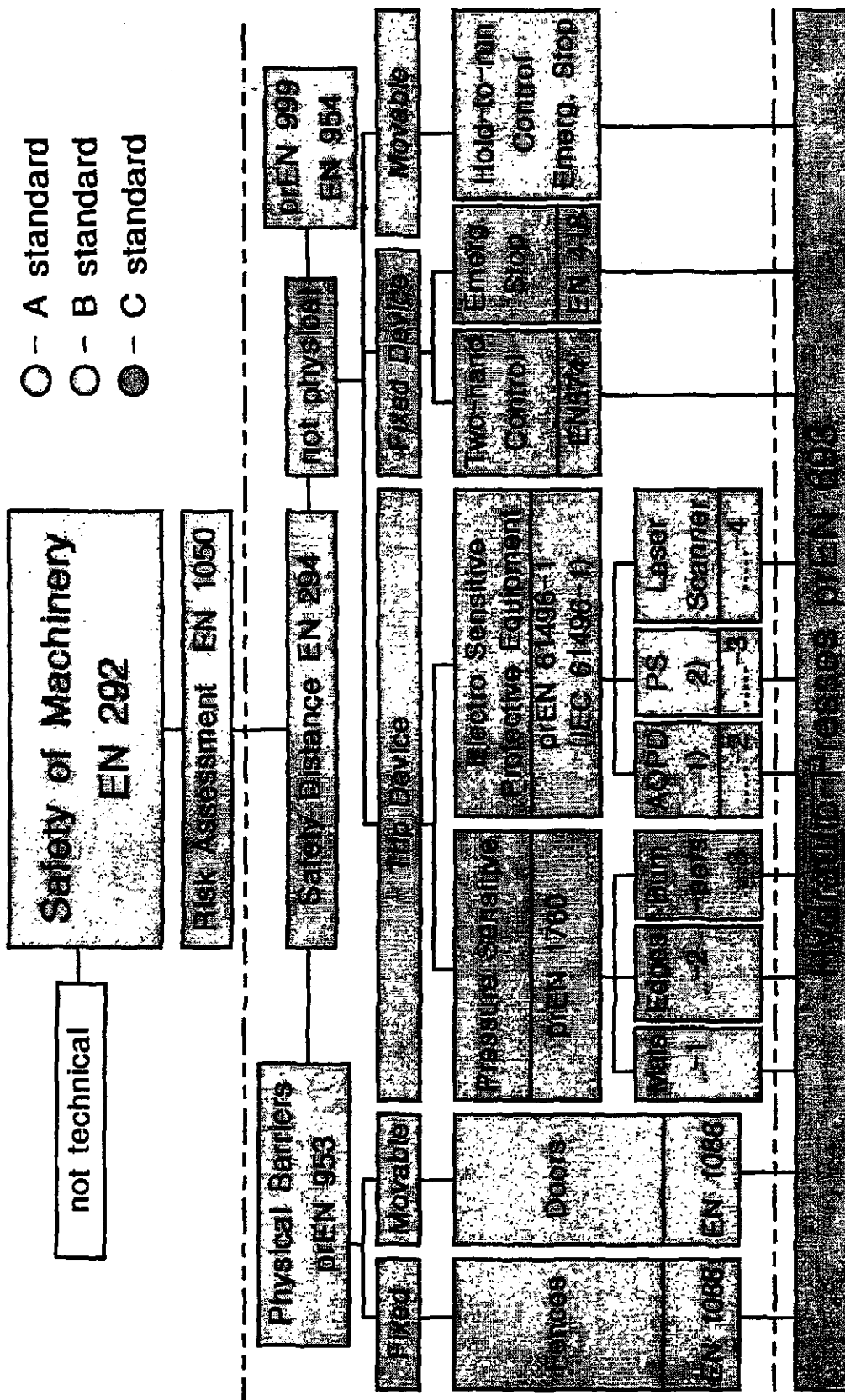


그림 2-2 유압프레스 방호관련 기준

Risk Estimation(EN 954) : Catagory Selection

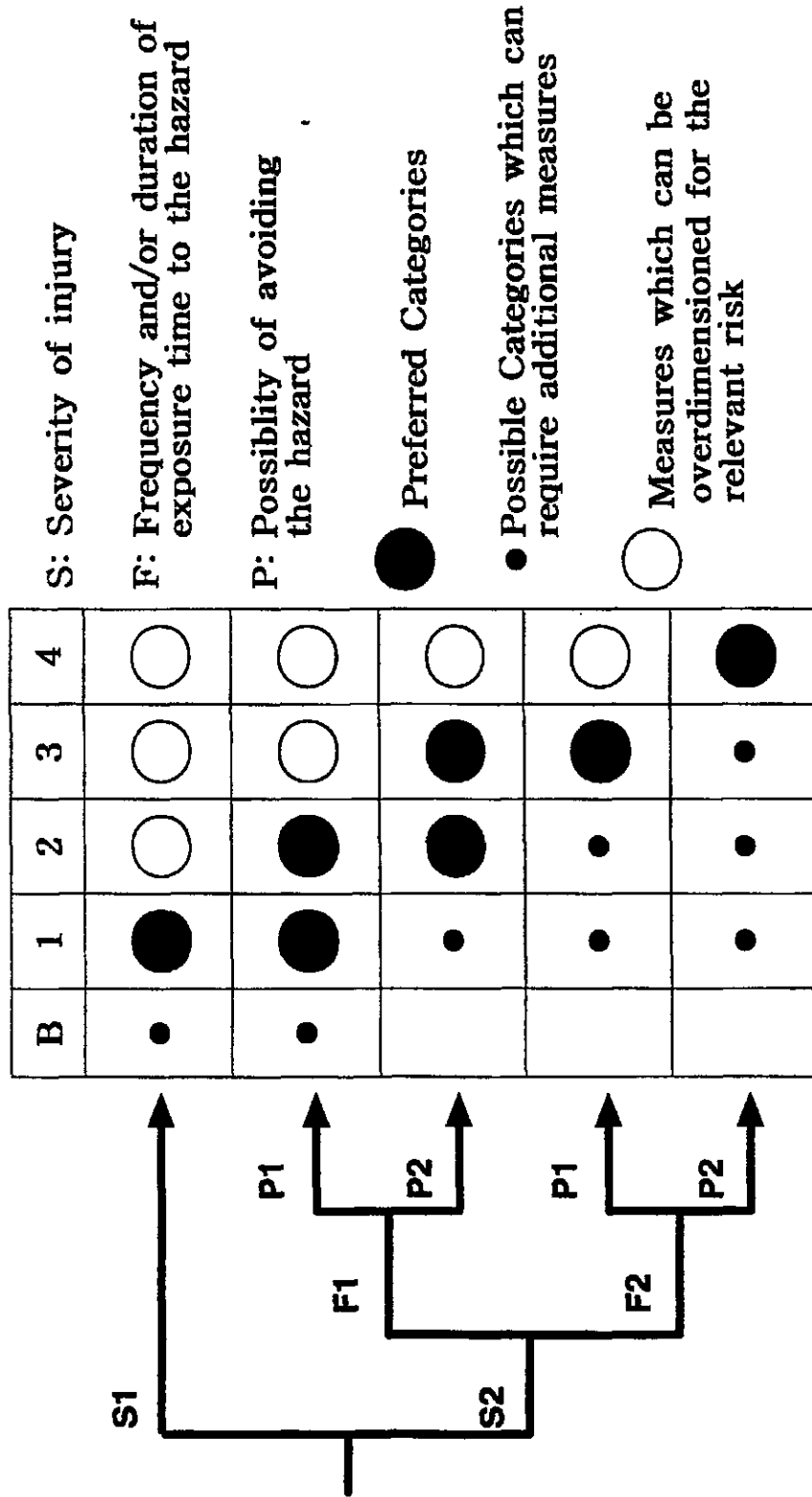


그림 2-3 위험 category의 결정

표 2-2 제어장치의 안전 category

Cate- gories	요 구 조 건	시스템 거동	특성
B	기계의 안전 관련 제어 시스템이나 그 방호장치 및 부품은 예측 가능한 범위에서 견딜 수 있도록 관련 기준에 적합하게 설계, 제작, 선정, 조립 및 조합되어야 함.	고장 발생시 안전기능 상실.	주로 부품의 정에 따른 특성
1	B의 조건을 만족. 부품 및 안전 원칙을 주의 깊게 이용.	고장 발생시 안전기능 상실. 다만, 발생확률은 B보다 낮을 것.	
2	B의 조건을 만족하고 주의 깊게 안전 원칙을 이용. 안전기능이 기계제어 시스템에 의해 적당한 주기로 점검될 것.	고장 발생시 점검 주기 내에서 안전기능 상실. 안전기능의 상실은 점검에 의하여 감지.	주로 구조에 의한 특성
3	B의 조건을 만족하고 주의 깊게 안전 원칙을 이용. 안전관련 부품은 다음에 따라 설계 · 이 부품 중 한 개가 고장일 때 안전기능이 상실되지 않을 것. · 가능하면(reasonably practicable) 이 고장이 감지될 것.	한 개가 고장일 때는 안전기능이 계속 유지. 고장의 종류에 따라 감지될 수도 있음. 감지되지 않는 고장이 모이면 안전기능이 상실될 수도 있음.	
4	B의 조건을 만족하고 주의 깊게 안전 원칙을 이용 안전관련 부품은 다음에 따라 설계 · 이 부품 중 한 개라도 고장일 때 안전기능이 상실되지 않을 것. · 이 고장은 즉시 또는 다음에 안전기능이 요구되기 전에 감지될 것. 이것이 불가능한 경우에는 이런 고장이 여러 개 발생하여도 안전기능이 상실되지 않을 것.	고장시에도 안전기능은 항상 유지 고장은 안전기능의 상실을 방지하도록 적합하게 감지	

- 위험을 피할 수 있는 가능성

고장이나 이상이 있을 때 기계의 안전 관련 제어 시스템은 그 거동에 따라 5개의 category(B, 1, 2, 3, 4)로 나누어진다.(표 2-2 참조) 같은 기술을 사용한다고 가정할 때 이는 엄격해지는 순서이다. 예를 들어 category 4는 category 3보다 높은 수준이다. 반면, 서로 다른 기술을 비교하기 위한 것은 아니다.

모든 안전장치는 기계의 제어 시스템에 조합, 연결되어 하나의 부분을 이루게 된다. 따라서 기계의 제어회로 부분과 이와 방호장치가 연결되는 부분 및 방호장치 자체 등 모두가 각각 EN 954-1의 위험평가에 따른 category에 적합하여야 하고, 광전자식 방호장치라면 prEN61496-1의 해당 category에 적합하여야 하는 등 각 부분 또한 해당규격을 만족하여야 한다.

그림 2-4는 광전자식 방호장치와 제어회로에 이상이 발생하였을 때 정지밸브를 포함한 전체시스템의 거동에 대하여 EN954-1에 의한 안전 category별로 설명한 것이다.

만일 안전장치가 정상적으로 작동하는 동안에는 위험구역에 손이 진입하는 등의 위험이 발생하면 category에 상관없이 기계는 정지하지만 이상이 발생하면 이를 인지하는 것은 category 별로 달라지게 된다.

1) Category 2

점검주기에 따라 안전기능이 상실될 수 있다.

점검은 외부 검사에 의하여 이루어진다. 고장 발생 후 다음의 점검이 되는 때까지는 사고의 위험이 있다.

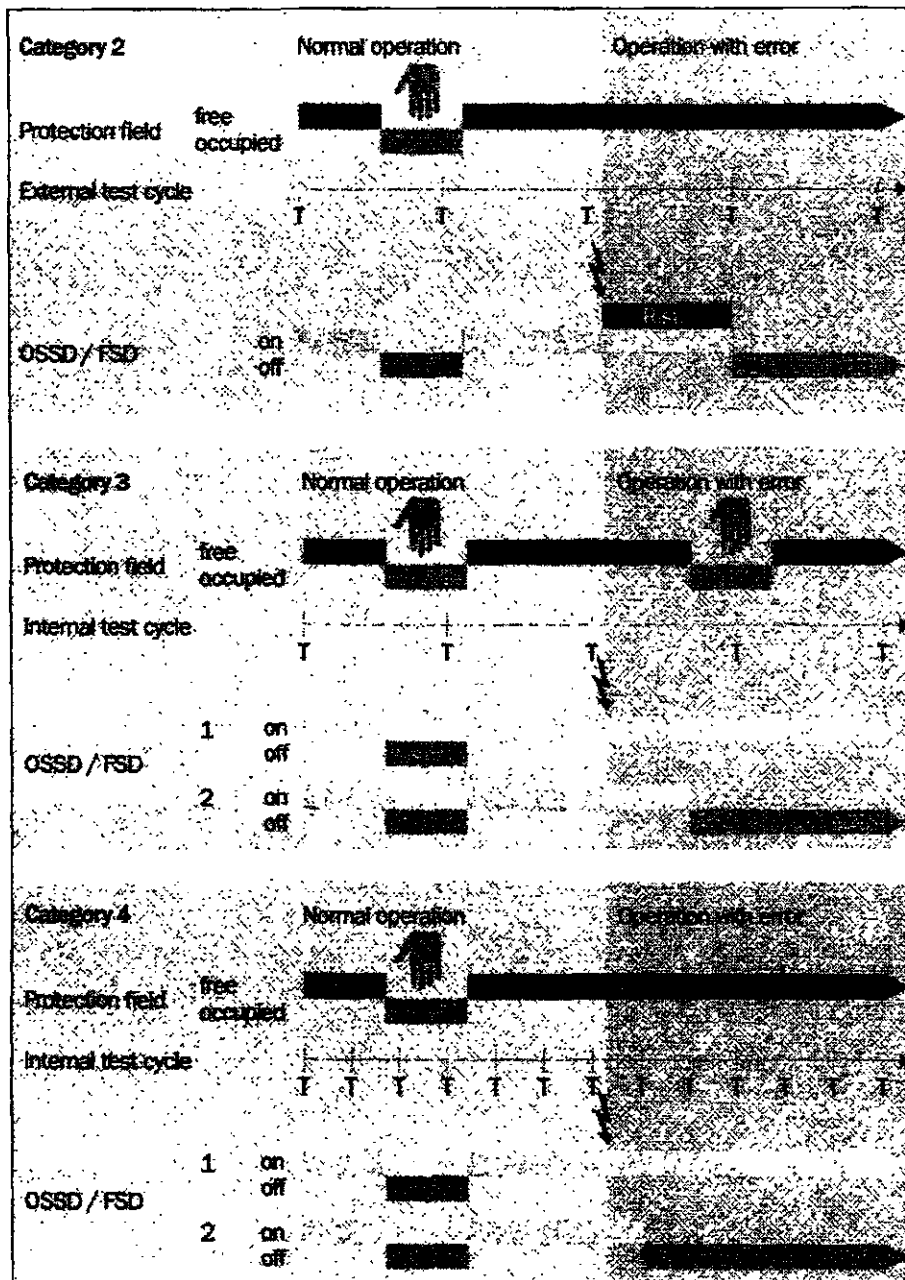


그림 2-4 이상상태에 따른 Category별 시스템 거동

2) Category 3

한 개의 고장에 대하여는 계속적으로 안전기능이 유지되어 인체가 진입

하면 기계는 정지한다. 고장의 감지는 손이 진입하는 시점이나 외부의 점검에 의하여 이루어진다.

여러 이상이 있는 경우에는 안전기능이 상실될 수 있다. 이 시스템은 어떤 부품이라도 그 부품 중 하나의 이상이 있는 경우에는 안전기능이 유지되도록 설계하여야 한다.

3) Category 4

한 개의 이상상태에 대하여는 물론이고 여러 이상이 있는 경우에도 계속적으로 안전기능이 유지되어 인체가 진입하면 기계는 정지하여야 한다.

따라서 안전장치의 반응시간(지동시간)내에 내부에서 점검이 이루어져야 한다. 한 개의 고장이 있는 경우에 다음 번의 안전기능이 요구될 때까지는 감지가 가능하여야 하며 만일 여러 고장이 있는 경우에도 안전기능이 유지되어야 한다.

EN692, 693에는 프레스의 작업점 방호에 사용하는 방호장치로서의 광전자식 및 양수조작식 방호장치를 모두 category 4로 규정하고 있다.

우리의 경우에는 법체계 상 프레스에 사용하는 광전자식 방호장치 및 양수조작식 안전장치를 별도의 검정기준에 의하여 정의하므로 이러한 과정이 필요하지는 않다. 예컨대 프레스 및 전단기에 사용할 수 있는 광전자식 방호장치는 우리의 경우 “프레스 및 전단기 방호장치 성능검정규격”을 만족하는 것이고 유럽은 EN61496의 광전자식 방호장치 중 category 4에 해당하는 것이다.

나) 안전거리

사용하는 방호장치에 대한 안전거리의 계산은 prEN 999에 의한다. 만일 특정기계에 대한 기준이 있는 경우(예, 냉간 프레스)나 특정한 기술기준이 있는 경우(예, 냉간 프레스의 개조)는 이를 따른다.

모든 광전자식 방호장치는 이 장치에서 감지하지 않고는 위험영역에 접근이 가능하면 안된다. 또한, 인체가 위험영역 내에서 감지되지 않은 채 존재할 수 있어도 안된다.

prEN 999에 의한 일반적인 안전거리의 계산식은 다음과 같다.

$$S = (K \times T) + C \quad (\text{식 2-1})$$

단, S: 위험영역으로부터 감지점(이나 면, 영역)까지의 최소거리
(mm)

K: 신체 또는 신체의 일부에 대한 접근속도(mm/sec)

T: 전체 정지성능(sec)

C: 방호장치가 작동기 전에 위험영역으로 진입할 수 있는
신체의 거리(mm)

계산된 안전거리가 작업이나 인간공학적 측면에서 적당하다 하더라도, 안전장치의 설치나 형태를 보아 인체가 안전장치의 감지영역이나 감지영역 내에서 감지되지 않은 채 있을 수 있는지 여부를 따져 보아야 한다. 이런 경우에는 부가적인 안전조치가 필요하게 된다.

안전거리가 너무 크다고 생각되면, 기계의 전체 정지성능이나 방호장치

의 해상도(연속차광폭 등)를 줄이는 것을 고려한다.

다) 기타

유럽의 경우 우리와 다른 점을 중심으로 중요한 몇 가지를 나열하면 다음과 같다.

- 광선식 방호장치를 1행정 1정지 프레스의 기동 스위치로 사용할 수 있도록 허용하고 있다.
- 양수조작식 스위치가 금형 교체, 조정이나 보수시 사용이 가능하며, 이 경우에는 Category3에 해당되는 typeⅡ를 사용할 수 있고 이 장치는 정상작업을 위한 스위치는 사용이 불가능하도록 하고 행정 중 최소 3번 이상 정지토록 하여야 한다.

2-3-3 광전자식 방호장치

일반적으로 작업자가 기계를 자주 사용해야 하고 이 작업 중 위험에 노출되면 기계적인 방법에 의한 방호(고정가드, 양수조작식, 스크린 등)보다는 광선식 방호장치를 사용하는 것이 좋은 경우가 많다. 이 방법은 접근시간(작업자가 가드가 열릴 때까지 기다릴 필요가 없음)을 줄여 생산성 향상과 인간공학적으로 향상된 작업환경을 제공할 수 있다. 또한, 이는 작업자뿐만 아니라 제 3자의 보호도 가능하다.

다만, 광선식 안전장치는 작업자가 용융된 물질이나 기타 물건의 비산이 있는 경우에는 사용할 수 없다. 또한 위험지역에 접근하는데 걸리는 시간

은 위험을 정지시키는데 걸리는 시간보다 길어야 한다.

가) 방호방법

광전식 방호의 선택은 다음의 순서에 의하여 결정한다.

1) 방호될 지역의 결정

주로 기계로부터의 위험을 말한다. 설치조건에 따라 방호하여야 할 구역의 크기, 접근 점의 위치, 가드를 그냥 통과할 때의 위험 및 감지되지 못하는 위험영역이 존재하는가를 고려하여야 한다.

2) 수행될 안전기능 선정

방호장치가 수행할 기능을 결정한다.

- 손이나 손가락의 감지 : 이는 작업자가 위험영역에서 매우 가까울 때 사용한다. 작업자의 손가락을 방호하기 위한 광전자식 방호장치의 해상도(연속차광폭)는 14mm 이하이다.
- 팔이나 몸의 감지 : 이는 통과나 접근 가드에 적합하다.
- 위험영역 내의 존재여부를 감지 : 이는 고정가드에 의해 위험영역이 제어위치에서 잘 보이지 않을 때에 적합하다. 또한 위험영역에 접근을 감지하는데 적합하며, 이때 진입 및 존재를 동시에 감시(영역내의 인체 존재를 계속 감응)하게 된다. 이런 방호는 또한 산업용 트럭이나 건설장비 등에서 트럭의 움직임에 의한 작업자의 위험이나 트럭을 고정위치에서 이탈하지 않도록 방호하

는데 적합하다.

3) 기계제어 시스템의 안전관련 category에의 적합성

EN 954-1에 의한 기계의 위험별 category에 적합한가를 검토한다. 프레스 안전과 관련된 대부분의 제어 시스템은 category 4에 해당되며 광전자식 방호장치도 category 4에 해당되어 이에 적합한 성능을 지녀야 한다.

4) 안전거리의 계산

prEN 999에 의한 안전거리를 계산하되 사용하는 기계에 대한 C type 기준이 있으면 이를 우선한다. prEN 999에 의한 광전자식 방호장치의 안전거리 계산은 식 2-1에 의한다.

프레스에 대하여는 C type 기준인 EN 692 및 prEN 693에 안전거리 계산방법이 있는데 식 2-1의 안전거리 S가 500mm 이하인 경우에는 신체의 속도 K를 2,000 mm/sec, S가 500mm를 넘는 경우에는 신체의 속도 K를 1,600 mm/sec로 하고 있다. 방호장치의 해상도에 따라 신체가 감지되지 않은 채 침투할 수 있는 거리에 대하여 표 2-3이 주어져 있다

표 2-3 해상도에 따른 침투거리

감지능력(mm)	도달거리 C(mm)
≤ 14	0
$> 14 \leq 20$	80
$> 20 \leq 30$	130
$> 30 \leq 40$	240
> 40	850

나) Category 4 장치의 연결 예

다음의 그림 2-5는 광전자식 방호장치의 리셋기능에 의해 기계가 작동하도록 하는 단순한 기계의 회로도이다.

K1, K2, K3은 안전 보조접점이며 KM1 및 KM2는 접점이다.

여기서 모든 경우 즉, 안전장치의 단계, 보조접점의 단계 K1, K2에서 이와 연동된 동력 접점 KM1, KM2의 단계에서 redundancy가 확보되어 있다.

또한 K3을 이용하여 재시동을 방지함으로서 자체 진단(self-monitoring)이 가능하다. 만일 K1, K2 중 하나가 작동되면 그에 따라 회로가 open되고 동시에 K3의 코일이 여자되지 않아 K1, K2 코일이 모두 작동상태가 유지되어 회로가 open 상태로 남아 있게 된다.

다) 기동스위치로써의 광선식 방호장치

안전장치에서 그 광선이 일정한 회수만큼 차단된 후 안전장치를 이용하여 기계의 사이클 개시 신호를 주는 것으로 재개시와는 다르다. 이는 다음 사항을 심사숙고하여 결정하여야 한다.

- 기계의 시동
- 위험한 동작이 진행 중에 광선식 방호장치의 광축이 차단된 상태에서 재가동
- 일정시간(30초) 이상의 시간을 보낸 뒤의 재가동

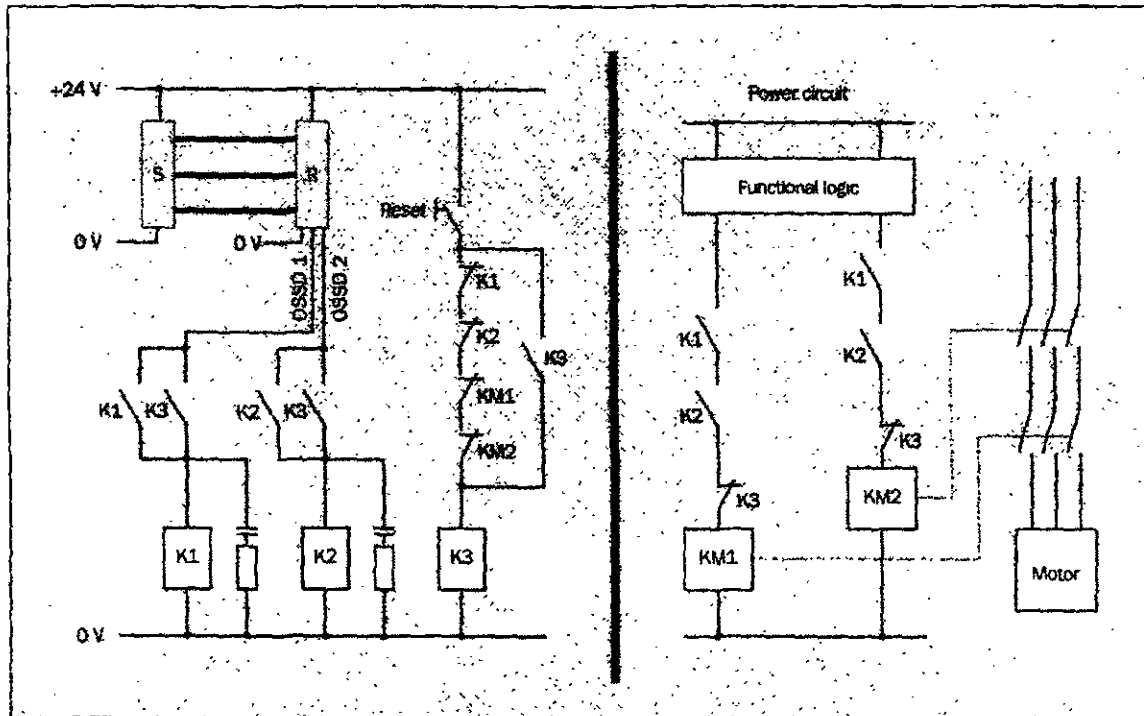


그림 2-5 광전자식 방호장치 연결 예

- 기타 EN 692의 사항

중요한 점은 작업 중에 근로자가 위험에 노출되는가를 확인하는 것이다. 이 방법은 위험영역에 이 장치를 사용하지 않고는 접근이 불가능한 비교적 작은 기계에 제한적으로 쓰이는 것이다. 작업자가 방호장치와 위험영역 사이에 감지되지 않은 채 있을 수 있는지, 다른 방향에서의 접근이 불가능하도록 되어 있는지, 또 이런 상황이 발생하였을 때 올바른 방법을 취하지 않고는 기계가 계속 정지하고 있는지 등을 신중히 고려하여야 한다.

유럽의 경우 정상적인 한 사이클의 작업에 한번만 광축을 차단하게 되고 가공물을 수동으로 공급 또는 배출하는 일행정 일정지 기계이고 작업대의 높이가 750mm 이상이거나 작업대의 높이 및 폭이 각각 600mm,

1,000mm 이내인 등 위험영역과 방호장치 사이에 감지되지 않은 채 서 있을 수 있는 공간이 없는 경우에 30mm 이내의 감지능력을 가진 한 개의 광전자식 방호장치만을 프레스 기동장치로 사용할 수 있도록 인정하고 있다. 이때 사이클간의 시간차는 30초를 초과 할 수 없도록 하고 있다.

방호장치를 기동스위치로 인정하는 문제에 대하여 유럽의 경우 상당히 강한 제한조건을 가지고 있고, 미국의 경우에는 보다 폭넓게 인정하고 있으며, 이에 따라 미국에서는 이에 대한 규정이 매우 자세하다. 미국은 모든 급정지 가능한 프레스에 사용할 수 있으며 일반적인 광전자식 방호장치의 요구조건은 물론, 모두 만족하여야 하고 부가적으로 다음과 같은 여러 가지 제한조건이 따른다.

- 1) 작동클러치 등 1행정 완료 후 정지 가능한 프레스에는 사용할 수 없다.
- 2) 플렉시블 밴드브레이크를 사용하거나 브레이크나 클러치의 작동은 기계링크에 의하여 행하는 프레스에는 사용할 수 없다.
- 3) 정지성능의 편차가 125%이상인 프레스에는 사용할 수 없다.
- 4) 브레이크의 감시기능(monitoring)이 수반되어야 하며, 안전거리의 계산에 이 부분을 추가하여야 한다. 이 시간은 기계의 정지시간의 10%를 넘지 않거나 10msec을 넘지 않아야 한다.
- 5) 크랭크축의 회전위치를 항상 감시할 수 있고 이상시 즉시 정지시킬 수 있어야 한다.
- 6) 기동스위치 모드로 선택하면 기동스위치가 작동되기 전에 운전의 확실한 동작에 의해 작동되는 셋업이나 리셋방법이 제공되어야 한다.

- 7) 기동스위치는 최대 30초 이상 대기하면 off상태로 되어 유지되어야 하고, 이 시간은 사용자가 조정할 수 있게 하되, 15초 이상인 경우, 전문가에 의하여 공구를 사용치 않고는 조정할 수 없어야 한다. 이에 의하여 정지된 경우 reset기능에 의하여만 재기동이 가능하여야 한다.
- 8) 기동스위치 모드를 선택하면 자동적으로 1행정1정지상태가 되어야 한다.
- 9) 주변에 보조 가드가 있는 경우, 인터록되어 있어야 한다.
- 10) 제어시스템은 매 행정마다 제어논리스위치나 접점의 상태를 점검할 수 있어야 하고 제어요소는 동력 인가시 및 기동스위치 모드를 시작하기 전에 점검되어야 한다.
- 11) 다이셋팅 등에는 사용할 수 없고 정상작업에만 사용하며, 미동장치에 구비되어 있어야 한다.
- 12) 기동명령에 의해 1행정만 허용되어야 한다.
- 13) 안전시스템은 프레스 본체, 제어, 가드 등 전체를 통합하여 운영되어야 하며, 한 개의 고장이나 실수가 사고를 유발해서는 안된다.
- 14) 기동스위치로 사용하는 방호장치의 해상도는 31.75mm이하이어야 하며, 감지면의 일부무효화(blanking)는 허용되지 않는다.
- 15) 안전거리는 프레스정지시간, 방호장치 지동시간 및 방호장치와 클러치/브레이크 사이에서 제어요소에 소요되는 시간이 고려되어야 하고, 브레이크 감지장치가 소요하는 시간의 두 배를 고려한다.
- 16) 송급, 스크랩제거, 윤활, 청소 등에 사용되는 수공구는 방호장치의 해상도보다 큰 직경을 갖는 것을 사용해야 한다.

- 17) 설치전후 및 최소 1년 단위로 OSHA에 의해 설계검사를 받아야 하고, 안전시스템에 이상이 발생하거나 안전시스템에 영향을 줄 수 있는 개조를 한 경우에는 5일 이내에 OSHA에 신고 검사를 받아야 한다.

라) 광선식 방호장치 성능관련 시험기준

유럽의 광선식 안전장치의 기준은 위험 Category 2 및 Category 4에 따라 EN 61496에 매우 자세하게 나와 있으며 우리와 다르다거나 특징적인 것을 나열하면 다음과 같다. 특히 이상 상태의 시험종목은 EN 61496-1의 Annex B에 자세히 있으며 그 항목이 매우 다양하다

1) Category 2

Category 2 형태는 1개 이상의 OSSD(output Signal Switching Device)만 있어도 되며 일반적인 요구조건은 아래와 같다.

- 실제로 광선을 차단하지 않고 주기적으로 성능 검사(performance test)를 행하는가를 검사한다. 즉, test 신호를 발생시켜 simulation 하는데 이 시간이 150ms를 넘지 않아야 한다. 만일 기계 등 외부 신호를 이용할 경우에는 이에 적합한 입력장치가 구비되어야 한다.
- 감지능력, 반응시간(지동시간) 등 방호장치로서의 정상적인 작동에 영향을 미칠 수 있는 한 개의 이상(single fault)이 있으면, 즉시 알 수 있거나, 다음 차례의 성능검사의 결과로 알 수 있거나 또는 감지

기능이 작동하여 알 수 있어야 하고 이에 따라 방호장치는 곧 lock-out 되어야 한다. 만일 1 개의 OSSD만 있는 경우에는 기계 등 외부의 안전관련 제어시스템이 lock-out 작동을 하도록 신호를 발생 하여야 한다.

- lock-out 상태에서는 주전원의 조작에 의하여 방호장치의 reset이 가능하면 안된다.
- 이상 상태의 시험종목은 EN 61496-1의 Annex B에 자세히 있으며 그 항목이 매우 다양하다

2) Category 4

Category 4 형태는 redundancy를 위해 최소한 2개 이상의 OSSD(output Signal Switching Device)가 있어야 하며 일반적인 요구조건은 아래와 같다.

- 매 사이클마다 성능시험을 행하여야 하며 이 시간은 반응시간(지동 시간)에 포함된다.
- 1 개의 이상에 대하여 위험에 빠지지 않아야 하며 이것이 감지능력의 상실, 지동시간의 증가 또는 최소한 1개 이상의 OSSD가 OFF 상태가 되지 못하는 상태를 초래하여서는 안된다.
- 각각의 이상은 즉시 또는 시험편을 이용하거나 적절한 초기화 과정에 의하거나, 스위치의 조작 또는 reset에 의하여 lock-out 상태로 되어야 한다.
- lock-out 상태에서는 주전원의 조작에 의하여 방호장치의 reset이

가능하면 안된다.

- 1개의 이상에 대하여 Category 2의 모든 시험을 행하고, 부가하여 1개의 이상상태가 감지되지 못하는 경우 이런 이상상태에서 다른 모든 이상상태를 차례로 적용/해지해 가면서 lock-out 상태가 유지되어야 한다. 또한 2개의 이상이 감지되지 않으면 이 두 개의 이상상태 하에서 다른 모든 이상상태를 차례로 적용/해지해 가면서 lock-out 상태가 유지되어야 한다.

3) 기타 시험상의 특징

우리의 기준과 비교하여 기타 특징적인 것은 다음과 같다.

- 제조자가 정한 감지영역에 대하여 제조자가 정한 해상도를 시험한다.
- 반사식 방호장치는 작동거리를 monitor할 수 있어야 하고 그 정밀도는 $\pm 0.5m$ 이내에 있어야하며 정해진 범위를 벗어나면 OFF 상태가 되어야 한다. 특히 Category 4 인 경우에는 동일한 반사판이 투수광 소자가 있는 면에 접하거나 반사면이 있는 물건이 감지영역 내에서 어떠한 각도를 취하더라도 OSSD가 OFF 되어야 한다.
- 사용하는 광선의 파장은 400-1500nm 이어야 한다.
- 해상도를 결정하는 방법이 형태에 따라 자세히 나와 있고 매우 엄격하다.
- 광선의 퍼짐에 대한 규정을 가지고 있으며 이를 근거로 해상도를 결정한다.

- 투수광부를 상대위치 180° 로 돌려 조합하였을 때 ON 상태가 되면 제품에 반드시 표시토록 한다.
- 지동시간에 대한 제한이 없다.

2-3-4. 양수조작식 방호장치

EN292-1에 의하면 양수조작식 방호장치(two-hand control device)는 “최소한 두 개의 수동제어장치가 동시에 작용했을 때에만 작동되는 가동유지(Hold-to-run)제어장치로 수동조작을 하는 작업자에 대한 방호를 하는 장치”로 정의되며, 이런 장치에 대한 자세한 규격은 EN574에 있다.

양수조작식 방호장치는 기본적으로 장치를 사용하는 자만을 보호하기 위한 것이므로 주변의 작업자나 제3자를 방호하기 위해서는 별도의 방호조치가 필요하다.

가) 양수조작식 방호장치의 기능

일반적인 양수조작식 방호장치의 안전기능은 다음과 같다.

1. 동시작동: 운전자의 두 손이 동시에 눌러져 있는 경우에만 작동되도록 설계 (두 손의 조작 시간차는 고려되지 않음)
2. 입출력의 관계: 두 개의 조작장치의 입력신호가 입력된 상태에서만 출력신호가 발생되어야 하며, 기계의 제어회로에 대하여는 하나의 출력으로 인식되어야 한다.

3. 출력신호의 정지: 두 조작장치 중 하나의 조작장치를 해지하면, 출력신호가 정지되어야 한다.

4. 예기치 못한 동작의 방지: 예기치 못한 조작장치의 가동가능성은 최소화하여야 한다.

5. 방호 무효화의 금지: 양수조작장치의 방호효과는 쉽게 무효화되어서는 안된다.

6. 출력신호의 재가동: 출력신호를 다시 낼 때에는 두 개의 조작장치 모두가 해지된 후라야만 가능하여야 한다.

7. 동기조작:

1) 출력신호는 두 조작장치의 조작시간차가 0.5초 이내라야 한다.

2) 기계식 양수조작장치는 두 조작장치의 운동이 일정한 공간적인 요구조건을 만족할 때에만 출력신호를 낼 수 있어야 한다.

3) 동기에 조작이 되지 않았을 때에는 출력신호를 발생하지 않음은 물론이고 다시 출력신호를 내기 위해서는 반드시 양 조작장치가 해지된 후 다시 시도하여야 가능하도록 되어야 한다.

8. Category 3:

1) 한 개의 이상상태가 안전기능을 상실케 해서는 안된다.

2) 한 개의 이상상태에 의해 1개의 스위치로만 작동이 가능하지 않아야 한다.

3) 한 개의 이상상태에 의해 출력신호가 발생되어서는 안된다.

9. Category 4

1) Category 3을 만족하여야 한다.

2) 한 개의 이상상태는 다음의 안전기능의 작동이 이루어지기 전 또

는 작동시에 인식되어야 한다.

- 3) 한 개의 이상상태가 발생한 후 출력신호를 다시 낼 수 없어야 한다.
- 4) 이상상태가 될 당시에 발생된 출력신호가 계속되더라도 입력신호 중 하나가 없어지면 출력신호도 정지되어야 한다. 1개의 이상상태가 감지되지 못하는 경우에 이를 포함한 여러 개의 이상에 의해 안전기능이 상실되지 않아야 한다.

EN574에는 위험의 정도에 따른 안전기능에 따라 여러 가지 형태가 있으나 일반적으로 프레스의 경우 EN954-1의 Category 4에 해당하는 IIIc형이 되어야 한다. 여기서 IIIc형은 앞의 1~7과 9를 만족하는 장치를 말한다.

나) 양수조작식 방호장치 성능관련 시험기준

성능검정 중 우리의 경우와 다르거나 특징적인 부분만 표시하면 아래와 같다.

1. 운전조건, 환경의 영향

스위치의 성능, 내구성 등 관련 규격에 의한 운전조건에 부합하는지의 검사와 진동, 충격, 온습도, 전자파 등 외부 환경요인에 의한 영향이 관련 규격에 부합하는가를 검사한다

2. 외함

- 1) 외함은 충분히 견고하여야 한다.
- 2) 날카로운 돌기가 없어야 한다.

- 3) 제거 또는 열 수 있도록 되어 있는 덮개나 부품은 공구는 사용치 않고는 열 수 없고 고정장치 등은 캡티브형으로 되어야 한다.
- 4) 외함이 스탠드에 장착되는 경우, 스탠드는 바닥과 외함을 견고하게 고정할 수 있는 도구와 같이 제공되어야 한다.
- 5) 외함은 운전자가 조작장치에서 손을 떼 후 위험이 존재하는 동안에 위험영역에 도달하지 못하도록 위치시켜야 한다.
- 6) 외함이 조정 가능한 경우에는 정위치에 잠글 수 있는 장치가 제공되어야 한다.

3. 조작장치의 선정, 설계, 설치

- 1) 조작장치는 과도한 피로를 주지 않도록 선정, 설계, 배치 및 설치되어야 한다.
- 2) 조작장치는 적색이 아니어야 한다.
- 3) 조작장치는 협착점이나 전단점을 형성하지 않아야 한다.
- 4) 조작장치는 EN954-1의 Category 4에 적합하여야 한다.

4. 가속도에 의한 예기치 못한 동작의 방지

넘어지거나 갑작스런 충격 등 예상 가능한 가속도 요인에 의해 출력신호가 발생되지 않아야 한다.

5. 이동식 양수조작장치

- 1) 이동식 양수조작장치는 정상사용에 안정되어야 한다.
- 2) 이동식 양수조작장치는 운전 중 움직이는 것을 방지할 수 있는 수단을 제공하여야 한다. (큰 중량, 고정 가능한 휠 등)
- 3) 필요한 안전거리를 유지하고 점검할 수 있는 수단이 제공되어야 한다. (유격링 등)

4) 파이프, 전선 등은 주변환경이나 위험 Category에 적합하여야 한다.

6. 반응시간

반응시간은 양 조작 장치 중 1개가 해지된 때로부터 출력신호가 정지된 때까지의 시간을 말하며, 제조자가 제시하는 시간을 기준으로 측정한다.

7. 무효화 방지대책

무효화 방지대책은 여러 가지로 구분하여 검사하며 그 방법은 다음과 같다.

1) 한손 사용방지

- 조작장치를 260mm 이상 유격시킨다. (그림 2-6)

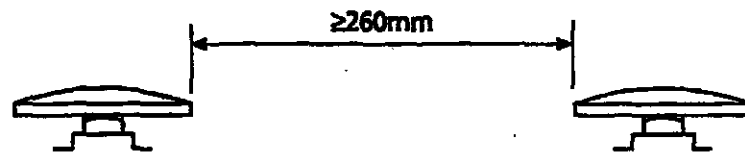
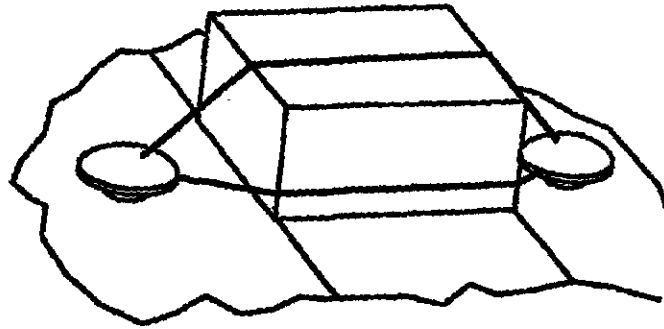


그림 2-6 거리에 의한 격리

조작장치에 Shield를 설치하거나 260mm의 끈으로 닿을 수 없도록 돌기를 설치한다. (그림 2-7)



260mm의 끈으로 닿을 수 없도록 조작장치에 Collar를 설치하고 방향을 설정한다. (그림 2-8)

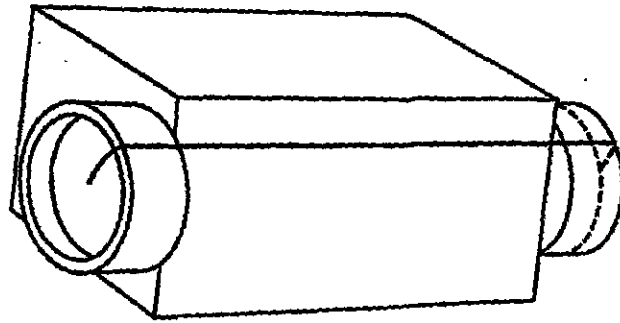


그림 2-8 Collar나 조작방향에 의한 격리

2) 한 손과 그 손의 팔꿈치의 사용방지

- 조작장치를 550mm이상 유격시킨다. 단 600mm를 넘지 않아야 한다. (그림 2-9)

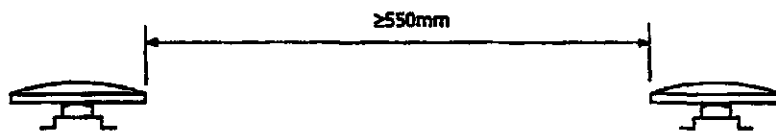


그림 2-9 거리에 의한 격리

- 300mm의 봉과 250mm의 끈으로 닿을 수 없도록 Shield나 돌기부를 설치한다. (그림 2-10)

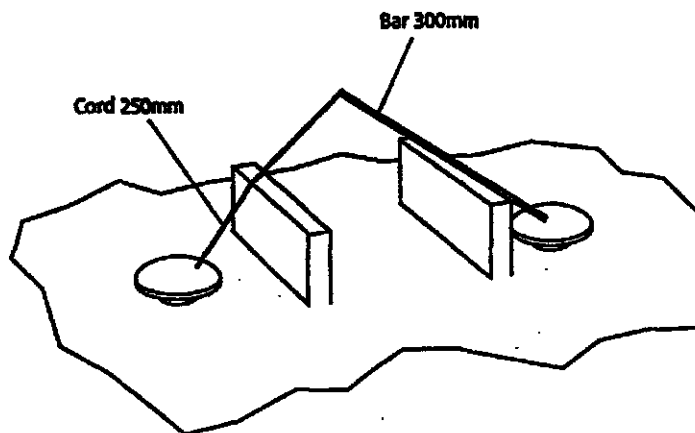


그림 2-10 실드에 의한 격리

그림 2-12의 시험콘으로 닿을 수 없도록 조작장치를 둘러싼 Shield를 설치한다. (그림2-11)

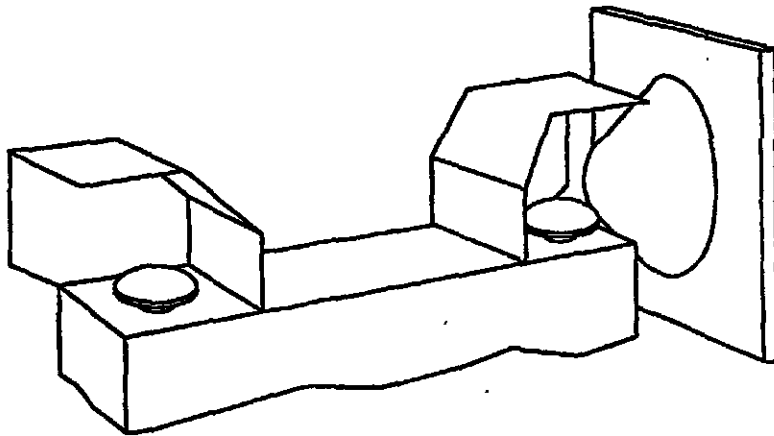


그림 2-11 시험 콘의 이용

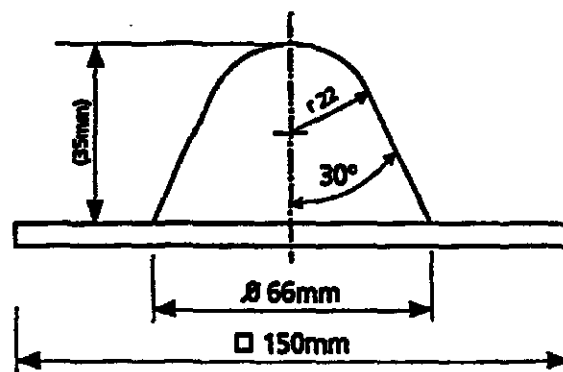


그림 2-12 시험 콘의 규격

- 다른 종류의 조작장치와 조작방향 등을 조합하여, 손과 팔꿈치도 작동하지 못하도록 한다.(그림 2-13, 14) 이때 300mm 봉과 250mm 끈(그림 2-10) 및 시험콘(그림 2-12)을 사용하여 시험한다.



그림 2-13 collar와 실드에 의한 격리

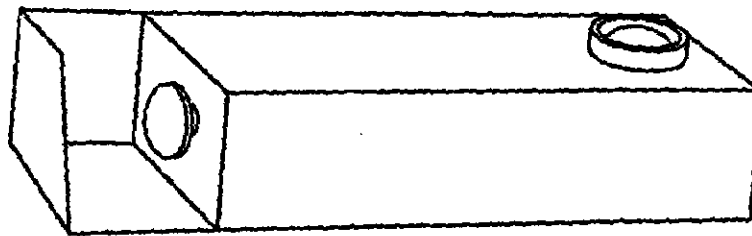


그림 2-14 collar, 실드, 조작방향에 의한 격리

3) 상박이나 팔꿈치 사용방지

상박이나 팔꿈치를 사용하게 되면 위험으로부터 손까지의 거리가 짧아지게 된다면 이를 방지할 수단이 있어야 한다. Shield를 설치하는 등 상박이나 팔꿈치를 사용할 수 없는 구조로 한다(그림 2-15). 그림 2-15의 경우에는 시험콘을 이용한다.

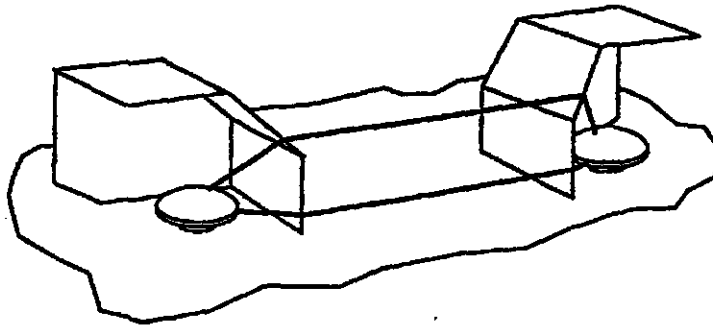


그림 2-15 실드에 의한 격리

4) 한 손과 다른 신체부위 사용방지

- 바닥 면에서 1100mm이상의 위치에 조작장치를 설치한다(그림 2-16).

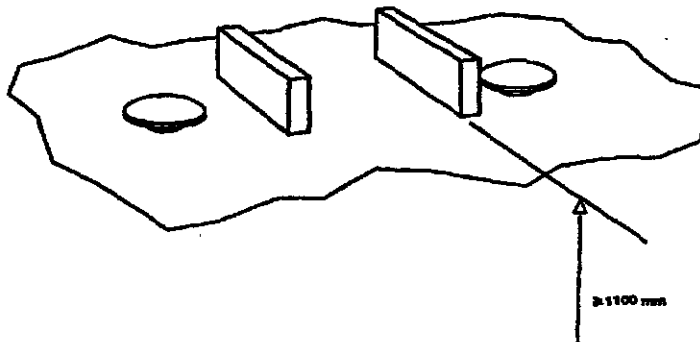


그림 2-16 위치에 의한 무효화 방지

- 수직 또는 이와 가까운 면에 조작장치를 설치하는 경우 방호를 위해 Collar나 Shield를 설치한다(그림 2-14, 그림2-17). 그림 2-17의 경우 그림 2-10의 봉과 끈 및 시험콘을 이용하여 시험한다.

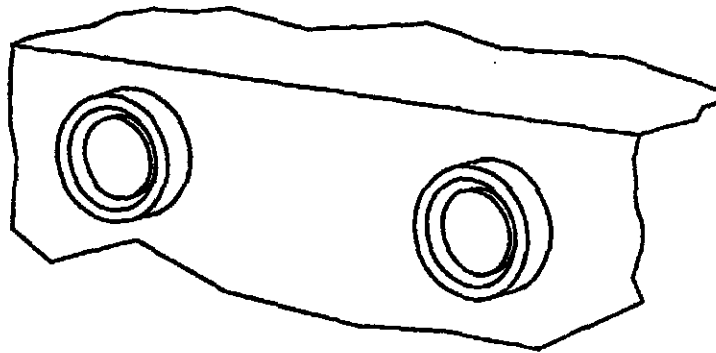


그림 2- 17 collar와 위치에 의한 격리

- 덮개나 Shield를 설치한다(그림 2-15)

2-4 프레스 방호장치 관련 기준비교 및 개선점

앞에서 프레스방호와 관련하여 선진국의 기준과 우리와의 차이점에 중점을 두고 비교하여 보았다. 여기에서는 이에 따른 우리의 개선 방향을 제시하고자 한다.

유럽기준을 중심으로 살펴볼 때 가장 큰 차이점은 무엇보다도 사용상의 다양함을 인정하는 부분일 것이다. 즉, 광전자식이나 양수조작식 방호장치의 사용에 있어, 위험수준과 작업적합성 등을 고려한 많은 부분이 기준화되

어 있다는 것이다. 다음은 구체적인 항목별로 우리 기준의 문제점 및 개선 방향을 제시하고 있다.

2-4-1 안전거리

안전거리 계산은 $S = (K \times T) + C$ 식에 의하고 있으며 광전자식 방호 장치의 경우 우리와 다른 점은 표 2-4와 같다.

표 2-4 안전거리 계산에 사용되는 인자

항목	유럽기준		한국 기준
K: 신체의 접근속도 (mm/sec)	S≤500mm : K = 2000 S>500mm : K = 1600		K = 1600
C: 여유거리(mm)	d≤14 : C = 0		없음
	14<d≤20 : C = 80	또는 C = 8×(d-14)	
	20<d≤30 : C = 130		
	30<d≤40 : C = 240		허용 안됨
	40<d≤70: C = 850		
	70<d : C = 850(multi beam) C = 1200(single beam)		

유럽의 기준은 또한 안전장치가 접근방향과 이루는 각도에 따른 안전거리 등 다양한 경우에 대하여도 인간공학 데이터를 기초로 안전거리를 규정하고 있다.

우리의 기준은 위 식에서 C가 누락되어 있으며 이는 시급히 고쳐져야 할 것이고 기타 설치 방법에 따라 다양한 경우에 대하여도 기준이 설정되는 것이 바람직할 것이다.

양수조작식 방호장치의 경우 우리의 기준에는 지동시간 측정을 하지 않으며 다만, 손이 떨어질 경우 정지하여야 하는 것으로 되어 있다. 이는 매우 모호한 규정으로 양수조작식 방호장치에 대하여도 지동시간을 측정하여 안전거리를 계산, 설치 할 수 있도록 하여야 할 것이다.

2-4-2. 기동스위치로 사용하는 광선식 안전장치

프레스에 사용하는 광선식 안전장치를 기동스위치로 사용하는 것은 유럽 및 미국 등지에서 허용되고 있으며 우리도 이것을 명시적으로 불허한 것은 아니다. 그러나 우리의 검정기준을 기초로 보면(유럽의 안전관련 제어 시스템의 Category 2에 해당) 이를 바로 허용하는 것은 안전장치의 고장, 이상 등이나 시스템 전체의 안전이 확보되지 않은 상태인 경우 재해 위험을 방호할 수 없을 것이기 때문에 현재 우리 공단에서 현장 지도시 이를 허용하지 않고 있는 실정이다.

미국의 경우에는 이를 폭넓게 인정하여, 한 사이클의 작업에 일정 회수만큼 광축을 차단하는 경우에도 광선식 방호장치가 이를 감지하여 프로그램에 의하여 기동 신호를 발생하도록 하는 것이 인정되는 경우도 있다고 한다.

우리도 향후 검정시 기동스위치로 사용할 수 있는지 여부를 명시하도록 하여 이러한 것을 허용하는 것이 바람직하다고 생각된다. 이는 생산성 향상에 도움이 될 것이며 안전장치를 무효화시키는 것을 방지할 수 있는 부수적인 효과도 있다. 그러나 기동스위치로 인정할 제품은 부품의 고장에 대한 규정이 포괄적으로만 정의되어 있고 매 사이클 마다의 자가진단에 대한

언급이 없는 현재의 검정기준에 합격한 제품으로는 이를 인정하기 어렵고 유럽기준과 유사한 정도의 안전성이 갖추어진 방호장치에 대하여 안전이 확보된 작업환경에 한하여 제한적으로 인정하여야 할 것으로 생각된다. 또한 방호장치를 기동스위치로 사용하도록 하는데 있어 가장 중요한 것은 프레스 본체가 고도의 안전을 확보하고 있어야 하고 통합된 안전제어 시스템이 충분히 신뢰할 수 있을 때에만 허용이 가능하여야 할 것이다.

2-4-3. 일부 광축의 무효화 문제

연속재가 공급되는 프레스, 또는 공작물이 전단기나 절곡기 등에 사용되는 광전자식 방호장치의 경우 송급 재료에 의하여 광축이 차단되므로 안전장치를 쓰지 못하게 되는 경우가 있다. 이의 해결책으로 유럽에서는 송급재가 존재하는 일정한 부분의 광축을 무효화시키고 사용할 수 있도록 허용하고 있다. 나아가 반자동 송급, 늘어진 철판의 가공, 절곡기 등에서 가공 중인 판재 변형, 자동 공급/취출 장치의 운동 등에 의하여 인체가 아닌 정상적인 작업과정에서의 광축차단 문제를 해결하기 위하여 정상적인 작업에 의한 광축이 차단될 경우 이 신호를 무효화시킬 수 있도록 광축의 유·무효를 프로그램에 의하여 가공작업 중에도 변경시킬 수 있도록 할 수도 있다.

아직 독일에서는 후자는 인정하지 않고 전자에 대하여만 얇은 재료를 가공하며 14mm 이하의 해상도를 갖는 안전장치를 사용하는 경우에 한해 인정하고 있으나 향후 인정될 것으로 예상하고 있으며 미국의 경우 양자 모두를 인정하고 있다.

이 문제는 현재 우리의 경우 전단기나 절곡기에 사용할 수 있는 안전장치가 마땅치 않은 것을 고려할 때 우선 연속재를 송급하는 전용 프레스나 수동으로 사용되는 전단기 및 절곡기에 대하여는 빠른 시일 내에 제한된 범위 내에서 시범 허용하고 향후 이를 확대하는 것이 사고예방에 도움이 될 것으로 생각된다.

2-4-4. 프레스 정지성능 측정관리 및 지동시간규제 완화

우리의 일본의 경우 검정에 합격한 광전자식 안전장치의 경우 지동시간 30ms 이내로 규정하고 있다. 이는 사람의 손이 1,600mm/sec의 속도로 진행한다고 볼 때 48mm 진행하는 시간에 해당되며 유럽의 경우 48mm (1,600mm/sec의 경우) 또는 60mm(2,000mm/sec의 경우)에 해당된다. 이 거리는 전체 안전거리에 비하여 대체로 매우 작은 값으로 안전거리는 기계의 정지성능에 주로 지배를 받는다. 즉 프레스의 브레이크 성능을 측정하고 유지 관리하는 것이 실제 프레스의 안전을 도모하는 훨씬 더 중요한 요소인 것이다.

미국의 경우 방호높이에 따라 지동시간을 다르게 정하고 있으나 최소 48 msec로 우리의 경우보다 매우 큰 값이다.

유럽의 경우 광전자식 안전장치의 지동시간은 전체 정지성능의 계산을 위하여 측정만 할 뿐 제한 규정은 없으며 프레스 시스템 전체의 정지시간도 강제적인 것은 아니다.

따라서 우리 공단의 지도원에서는 이를 측정, 유지, 관리하도록 지도하

고 이에 의하여 안전거리를 계산하여 설치되었는가를 점검해주어야 할 것으로 생각된다.

2-4-5 해상도(연속차광폭)의 정의

광전자식 방호장치의 해상도는 안전거리를 계산할 때 침투거리를 결정하는 매우 중요한 인자로 우리의 경우 투·수광부 또는 반사판 사이를 4m로 고정시킨 후 차광봉을 통과시켜 연속적으로 차광할 수 있는 최소직경을 연속차광폭이라 하고 있다.

이렇게 하는 경우 투·수광부의 감도차이에 따라 많은 오차를 가질 수 있고, 만일 투·수광부나 반사판 사이가 멀어 감도를 조절하면 연속차광폭이 커질 수밖에 없다.

미국이나 유럽의 경우 차광봉은 성능 측정을 위한 것이 아니고 방호장치 사용현장에서 운전자가 방호장치의 이상여부를 판단하기 위하여 사용하는 시험도구이다.

방호장치의 해상도는 투광부 렌즈를 통과한 빛의 퍼짐 정도를 측정하고 이를 바탕으로 기하학적으로 광선이 완전히 차단될 수 있는 상태를 기준으로 해상도를 결정하고 있다. 예컨대 투·수광형이면 두 개의 인접한 렌즈의 양단사이의 거리로 해상도를 결정하므로 어떠한 경우에도 연속차광이 가능하다. 이러한 방법에 의하면 30mm의 해상도를 갖는 거울형 장치를 만드는 것은 매우 힘들게 되며, 이것이 선진국 방호장치에는 반사식이 거의 사용치 않는 중요한 이유 중 하나이다.

우리의 경우 이러한 해상도 정의를 계속 유지해야 할 것인지·심도 있게 논의할 필요가 있을 것이다.

2-4-6 거울형 광전자식 방호장치 사용제한

거울형 방호장치는 투·수광부가 한 몸으로 되어 있고 반대편에는 반사판만으로 구성되어 반사판 측에는 전선이 없으므로 연결이 편리하다는 이유로 사용자가 원하므로 국내에서 많이 사용되고 있으며, 국산 광전자식 방호장치는 모두 거울형이다.

그러나 거울형 방호장치의 치명적인 약점은 방호면 사이에 반사를 시킬 수 있는 물질이 투입되면 사구역이 생겨 방호에 실패한다는 것이다. 또 거울형은 해상도(연속차광폭)가 커서 손가락이나 손의 방호장치로 사용이 거의 불가능하다.

선진국에서는 거울형은 찾아보기 힘들며 유명 제조회사에서 조차 생산을 하지 않고 있다. 그 이유는 성능기준에서 찾을 수 있다.

첫째는 앞 절에서 설명한 바와 같이 유럽이나 미국에서 정의된 해상도에 의해서는 매우 큰 해상도를 극복하기 힘들다는 것이고, 둘째는 반사판의 거리가 변하면 이를 감지하여 프레슬 정지시킬 수 있도록 되어 있어, 거울형이 결국 투수간 형식보다 가격이 비싸게 된다

2-4-7 성능검정시험 방법

위에서 언급한 것 이외에도 광전자식 및 양수조작식 방호장치성능시험에 있어 여러 가지 차이점 및 개선사항이 있으며, 그중 중요한 몇 가지를 언급하면 다음과 같다.

- 1) 광전자식 방호장치의 시험거리 및 해상도는 제조자가 제시한 자료에 근거하여 시험해야 할 것이다.
- 2) 양수조작식 방호장치의 경우 이격거리를 300mm로 일률적으로 정하기보다는 무효화방지를 할 수 있는 한도에서 다양하게 인정해야 할 것이다.
- 3) 양수조작식 방호장치가 전도나 외부의 충격에 의하여 작동이 되지 않도록 충격시험을 실시해야 할 것이다.
- 4) 양수조작식을 매립형으로만 정하고 있는 바, 이는 레버형이나 광감응 방식 등을 고려하여 완화시키고 대신 불의의 동작을 막을 수 있도록 물리적 구조에 역점을 두어 기준을 개정할 필요가 있다.

제 3 장 인간 공학

3-1. 개 요

프레스 작업시 발생하는 신체적 피해와 같은 안전 사고는 대부분 운전자의 운전 미숙이나 방호 장치에 대한 지식 부족이 원인이다. 그러므로 운전자는 프레스 기계, 방호장치, 작업환경과의 연결고리를 구성하는 중요한 요소이다. 따라서, 프레스 기계 설계 시에 운전자의 행위와 안전 사고 발생간의 관계를 전체 시스템과 더불어 자세히 분석하여야 한다.

여기서는 안전 사고를 발생시키는 운전자에 대해 “충격의 영향”이라는 개념을 고찰하였다. 여기서, 충격의 영향이란 안전 혹은 작업의 원활한 진행에 어떤 행위가 주는 효과로 정의된다.

이러한 충격의 영향은 작업환경과 프레스 기계와 방호 장치 그리고 사람의 행동 방식과 통합적으로 사전 설계 단계에서 고려되어야 한다.

3-2. 운전자 오류를 고려한 설계

방호 체계에 대한 운전자의 실수를 줄이기 위하여서는 실수의 유형 및 이에 대한 정량적인 해석 방법이 우선 제시되어야만 이를 기반으로 프레스 기계, 방호 장치, 작업환경 등의 개선책을 효과적으로 향상시킬 수 있을 것이다. 이와 같은 운전자의 실수를 분석하는 기준

의 해석 기법은 다음과 같이 분류된다.

(1) 오류 가능성의 계량화

이 방법은 운전자가 프레스 기계를 작동시킬 때 일으킬 수 있는 특정한 오류 허용 한도를 확률적으로 계량화하는 것이다. 오류 가능성의 계량화를 통해 주어진 인터페이스에서 위험도를 해석할 수 있다. 단점으로는 운전자의 행동 양식을 계량화하고, 예측하는 일반적 방법이 확립되어 있지 않고 또한 이러한 계량화된 자료에 고려되어야 할 상황 변수가 너무 많아 실제로 적용하기에는 어려움이 따른다는 것이다.

(2) 오류 인지도

이 방법은 복잡한 운전자의 기계 작동 진행 사항에 대한 이해로부터 출발한다. 즉 운전자가 실수를 일으키는 오류 체계를 인지도 모델로 정성적인 특성의 흐름을 구성한다. 이러한 인지도 모델을 기초로 하여 오류 체계를 보상하거나, 피할 수 있는 기계 또는 방호 장치를 개발할 수 있다.

이 방법의 장점은 초기 인터페이스 설계 지침으로 사용될 수 있다는 것이다. 그렇지만, 이 방법은 정성적인 자료만을 이용하기 때문에 시스템을 구성하고 있는 요소간의 상대적인 중요도를 판단하기 어렵다. 즉 프레스 기계 또는 방호 장치의 세부 구성품 가운데 어느 요소를 더 향상 시켜야 하는가를 결정하는데는 도움이 못 된다. 또한

운전자를 포함한 시스템의 안전도에 영향을 주는 각 기계 요소별 상대적인 신뢰도가 고려될 수 없다는 단점이 있다.

(3) 여러 팀에 의한 품질 관리

이 방법은 여러 팀에 의해 운전자 오류와 부품별 결합의 가능성을 시스템 측면에서 해석한다. 이 방법을 수행하는 팀으로는 위험 해석팀, 인간 공학 해석팀 그리고 기계 요소 설계팀이다. 이 방법의 가장 큰 단점은 자원 집약적이라는 것이다. 설계가 확립되는 동안 인터페이스 설계자는 기계 요소 설계팀의 전적인 지원이 필요하게 되고, 위험도 해석 시에는 인터페이스 설계자와 기계 요소 설계팀의 전적인 지원이 필요하다는 것이다.

(4) 충격 해석법

충격 해석은 사전에 이루어진 위험도 분석에 대한 정보를 통합 설계자에게 해석해 주는 역할을 하고 위에서 제시된 세 가지 방법의 단점을 보완해 준다. 즉, 다음과 같은 방법을 통해 기존의 접근 방법을 보상해 준다.

첫째, 초기 설계시 운전자 실수와 그에 따른 위험도 사이에 관련된 정보를 정량화 한다.

둘째, 운전자의 행동에 대한 확률적인 예측과 관련된 문제를 보상한다.

셋째, 설계 시에 이루어지는 상호 보상에 대한 결정을 도와준다.

넷째, 세부화된 팀에 기초한 설계와 달리 자원 집약적이지 않다.

3-3. 정량화된 충격의 영향

충격 영향을 측정하여 정량화하기 위해서, 위험도를 확률적 가능성과 난이도라는 두 개의 변수로 관찰하는 것이 타당하다는 가정으로부터 시작된다. 이미 일어난 사고를 토대로 운전자 실수의 확률을 정량화하는 방법과는 달리, 이 방법은 운전 절차상의 오류 행위 혹은 오류 실행에 집중하여 이루어진다. 이러한 해석 방법은 상호 보완 설계시 가장 중요한 요인이 무엇인지 알 수 있도록 해주며, 통합 설계자가 운전자의 여러 오류 가운데에서 가장 심각한 문제가 무엇인지 알고 이를 보완 할 수 있는 자료가 된다.

하나의 행위에 의해 큰 문제가 발생하지는 않는다는 측면에서, 단 하나의 운전 실수는 오직 사고 가능성을 높일 뿐이다. 즉 종류가 다른 실수는 그에 따라 발생하는 사고 가능성에 차이가 있다. 예를 들면 방호 장치의 청결을 유지하지 않는 오류와 작업 효율을 향상시키기 위하여 방호 장치를 제거하는 오류를 비교하면 후자의 경우가 사고 확률이 상대적으로 매우 크다는 것을 알 수 있다. 결론적으로, 각각의 실수에 의한 위험 민감도는 전체 시스템 운전과 관련된 위험 가능성을 측정할 수 있게 해준다.

이러한 충격 측정을 위해서는 다음과 같이 두 가지의 가정이 필요하다. 첫 번째로, 통합 설계는 항상 전체 시스템 구성 요소의 설계보다 한 단계 늦다고 가정한다. 예를 들면, 프레스 기계 개발시에 각

종 기계부품의 개발과 안전장치의 성능향상이 이미 완료된 시점에서도 통합 설계에 대한 최적의 안정화는 아직 이루어지지 않았을 가능성이 매우 높다. 두 번째로, 프레스와 방호 장치의 정상적인 운전 상태에서 각 구성 부분별로 오류가 발생할 수 있다는 것이다. 실제로 각 부품과 인터페이스가 설계자의 의도대로 설계되었고, 운전자가 정상적인 방법으로 작업을 할 때에도 사고의 가능성은 항상 존재하고 있다.

이러한 두 가지 가정에 기초하여 사고가 일어날 가능성에 대한 자세한 계통도와 가능성을 정량화 함으로써 실제 발생할 수 있는 사고율을 크게 낮출 수 있을 것으로 기대되며 이를 위해서는 프레스 기계와 방호장치 그리고 운전자의 특성을 함께 고려하여 자세한 설계 및 해석이 필요하다.

제 4 장 회로 해석

4-1. 개 요

본 연구에서는 국산 프레스 안전 방호 장치의 성능 개선을 위한 기초 자료 수집 단계로 현재 국내에서 널리 사용되고 있는 국산 S사 제품에 대한 방호 장치 회로 해석을 수행하였다. 대부분의 프레스 안전 방호 장치 제품들은 회로의 구성과 기능들이 유사하므로 현재 국내 현장에서 가장 많이 사용되는 국내 S사 제품에 대한 회로 해석을 수행하였다.

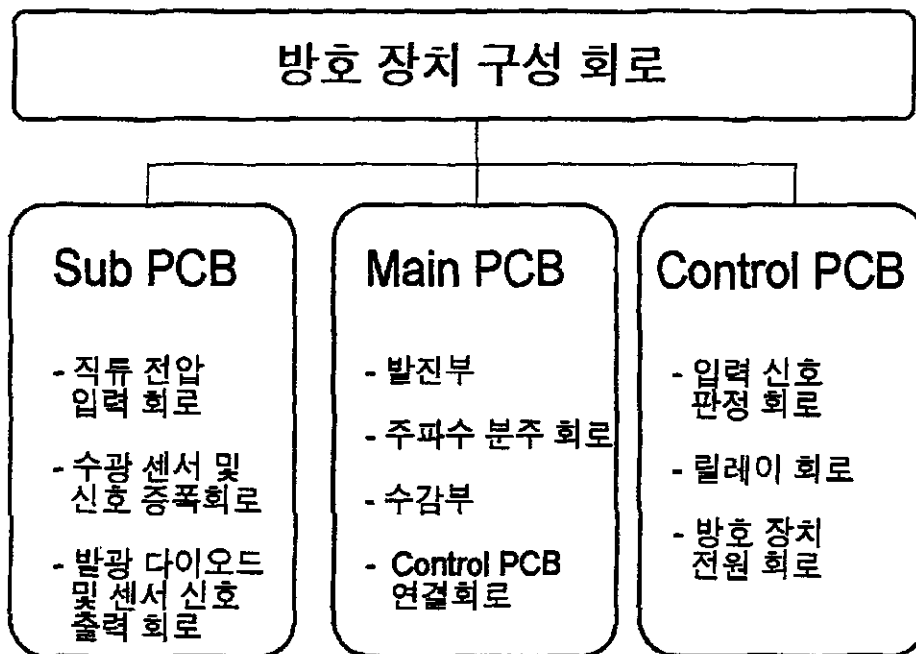


그림 4-1. 방호 장치 구성 회로

그리고, 이를 통한 결과와 5-4 절에서 다룰 방호 장치 성능 실험 결과 비교를 통하여 방호 장치의 개선 사항 기초 자료 수립 및 국내, 외국 성능 검정 기준에 대한 적합성을 판단 할 수 있게 된다.

일반적인 프레스 안전 방호 장치를 구성하는 회로는 기능을 중심으로 앞의 그림 4-1.과 같이 세 가지로 분류된다.

- **Main PCB**

Main PCB는 회로 전체에 시스템 클럭을 제공하는 발진회로 및 방호 장치의 차단 상태를 알려주는 LED 등을 포함하고 있다. 또한 Sub PCB로부터 차단 신호를 받아서 Control PCB에 신호를 넘겨주고, 여러 개의 투광 다이오드를 순차적으로 작동시키기 위한 주파수 분주를 수행하는 역할을 한다.

- **Sub PCB**

Sub PCB는 투광 다이오드 및 수광센서를 포함하고 있어, 외부로부터 차단 상태를 감지하여 Main PCB로 신호를 증폭하여 내보내는 역할을 한다.

- **Control PCB**

Control PCB는 Main PCB로부터 신호를 받아서 방호 장치 외부로 차단 신호를 내보내는 역할을 한다. 또한, 차단 구동기 릴레이를 포함하고 있으며, 방호 장치의 전체 회로에 전원을 공급하는 역할을

한다.

프레스 방호 장치의 회로는 실제로 아날로그 회로로 구성되어 있어, 정확한 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 구현하기 어렵다. 따라서, 일부분의 회로는 오실로스코프를 통한 신호 측정을 수행하였고, 각 회로의 부분별 기능을 회로의 유기적인 입력과 출력 및 작동 상태를 기준으로 해석하였다.

이외로 국외 방호 장치의 제품도 국산 제품들과 유사한 회로 구성을 하고 있으나 자사 회로의 보호와 성능 향상을 위해서 PLC (Programmable Logic Circuit)을 채용하고 있어, 국외 제품에 대한 회로 해석은 수행할 수 없었다.

4-2. Main PCB

Main PCB는 회로 전체에 시스템 클럭을 제공하는 발진회로 및 방호 장치의 차단 상태를 알려주는 LED 등을 포함하고 있고, Sub PCB의 투광 다이오드에 작동 신호를 규칙적으로 내보내기 위한 클럭 분주 회로를 포함한다.

Main PCB 회로를 체계적으로 해석하고 차후에 방호 장치의 성능 개선 시 요구되는 회로의 수정이 있을 경우 회로 수정의 용이함을 위하여 회로를 여러 개의 모듈로 나누어야 할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 Main PCB 회로 해석을 수행하는 과정에서 기능

별로 4개의 모듈로 분할하였다.

Main PCB에 대한 전체 회로는 다음 그림 4-2와 같고, 기능별 회로 분할은 다음 그림 4-3과 같다.

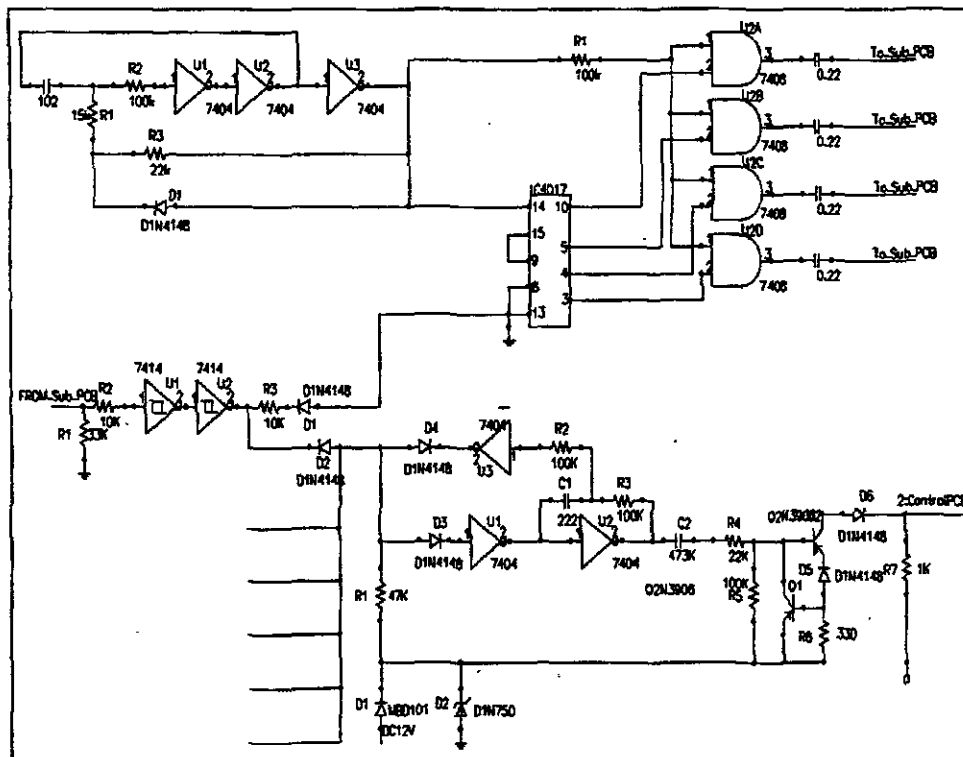


그림 4-2. Main PCB 전체 회로

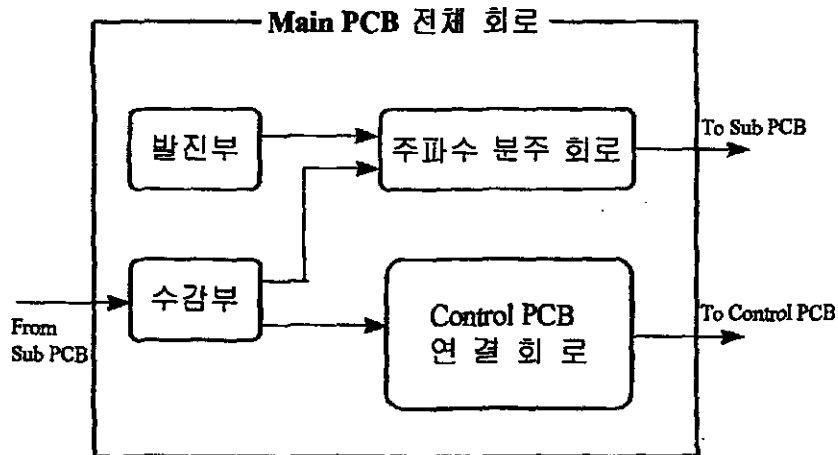


그림 4-3. Main PCB 회로 분할 모듈

그림 4-3.과 같이 분할된 회로 모듈은 다음과 같은 특성을 갖는다.

● 발진부

발진부는 그림 4-2.의 Main PCB 전체 회로에서 왼쪽 상단의 위치하고, 3단의 Not Gate로 구성된 무안정 멀티바이브레이터 (Astable Multivibrator)이다. Main PCB에서 발진부는 방호 장치 전체에 시스템 클럭을 제공한다.

● 주파수 분주 회로

주파수 분주 회로는 그림 4-2.의 Main PCB 전체 회로에서 오른쪽 상단에 위치하고, Sub PCB에서 투광 다이오드와 반사판 사이에서 투·수광부에 시간 편차를 두어 센서 사이의 간섭 효과를 없애

4-2-1 발진부

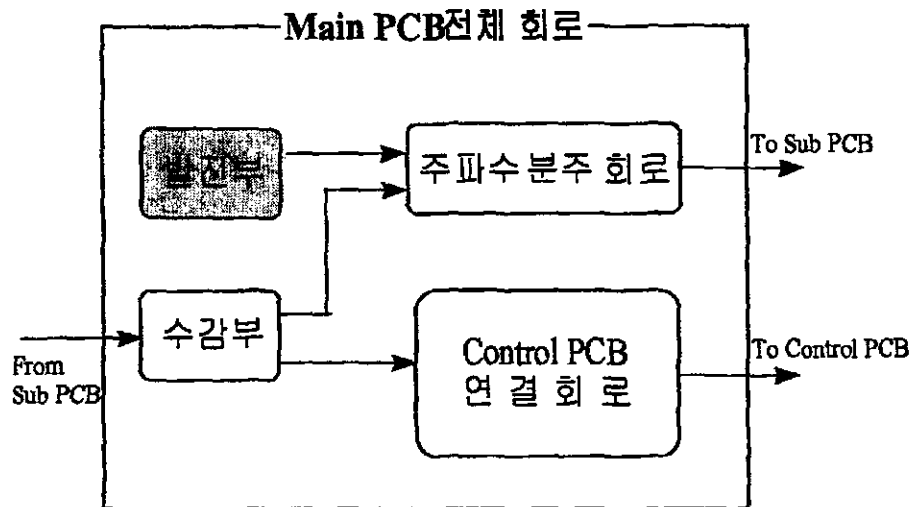


그림 4-4. Main PCB 분할 모듈 - 발진부

발진부는 3단의 Not 게이트로 구성되어 있는 무안정 멀티바이브레이터(Astable Multivibrator)이다.

그림 4-5.에서와 같이 충전 시는 다이오드를 거쳐 전류가 흐르게 되므로 102pf 콘덴서와 15k Ω 저항에 의해 결정되는 시정수로, 방전 시는 다이오드의 역방향으로 102pf 콘덴서와 15 Ω 와 22k Ω 로 결정되는 보다 약간 더 큰 시정수로 방전이 된다.

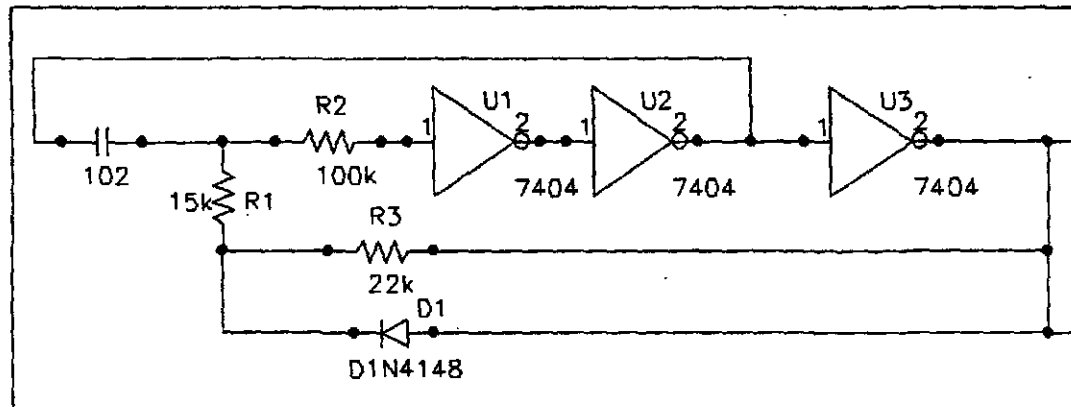


그림 4-5. Main PCB 발진부 회로

여기서, 다이오드는 만들어질 파형의 듀티비를 결정하는 역할을 한다. $100k\Omega$ (R2)은 입력 보호 저항으로 CMOS 특성상 과전류를 방지하기 위한 저항이다. 참고로 파형의 주파수를 결정하는 저항은 너무 크면 저항에 노이즈가 실려 출력 반전시 채터링(Chattering) 현상이 생기고, 너무 작으면 과전류가 인가되어 주파수가 불안정해진다. 이 회로에서는 일반적으로 저항은 $10k\Omega$ 에서 $500k\Omega$ 정도가 적당할 것으로 고려되고, 정밀한 주파수를 만들기 위해서는 콘덴서($102pf$) 용량을 적절히 잘 활용해야 한다.

4-2-2 주파수 분주 회로

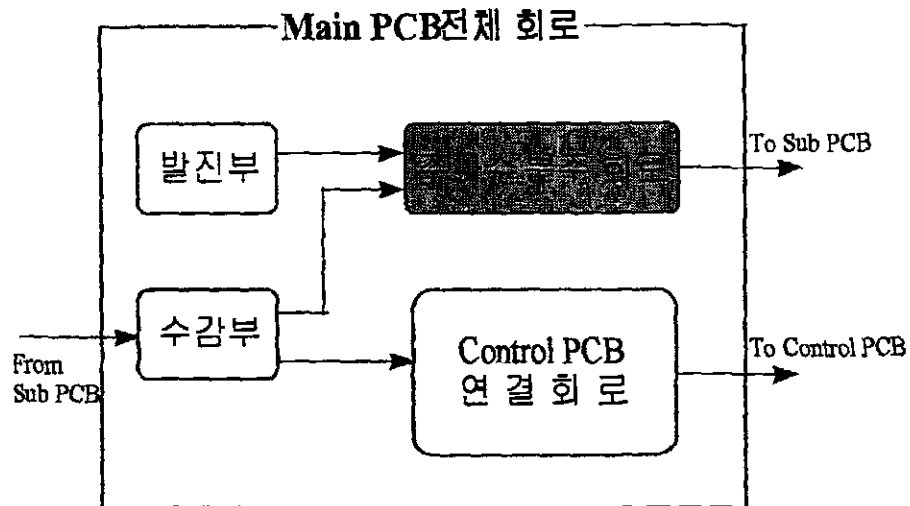


그림 4-6. Main PCB 분할 모듈 - 주파수 분주 회로

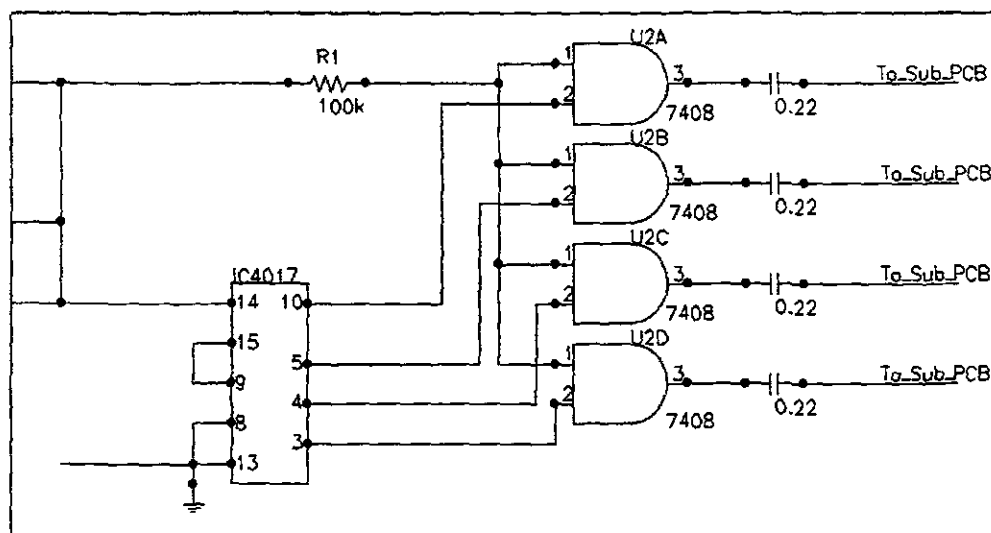


그림 4-7. Main PCB 주파수 카운터를 이용한 클럭 분주 회로

카운터는 CMOS 4017을 이용한다. 4017은 10진 전용 카운터로

클럭 주파수에 따라 Q0 ~ Q9 까지 주파수 분주를 한다.

회로에서는 그림 4-7.과 같이 Q8(IC 4017 8번핀)을 Reset(IC 4017 13번핀)에 연결해서 8진 카운터를 만들고 있다. 그리고, 출력이 클럭과 논리곱(And Gate)을 통과하므로 3번핀 출력 Q0는 클럭이 7개 지나간 후 8번째에서 High로 된다.

10번 핀(Q4)에서는 클럭의 4번째에서, 5번 핀(Q6)은 6번째, 4번 핀(Q2)은 2번째에서 논리1에서 0으로 변환된다.

결국, 주파수 분주회로는 투광 다이오드와 반사판 사이의 투광에 시간 편차를 두어 간섭효과를 없애기 위한 목적으로 클럭 2개 정도의 차이로 투광의 시간차를 두고 있다.

4-2-3 수감부

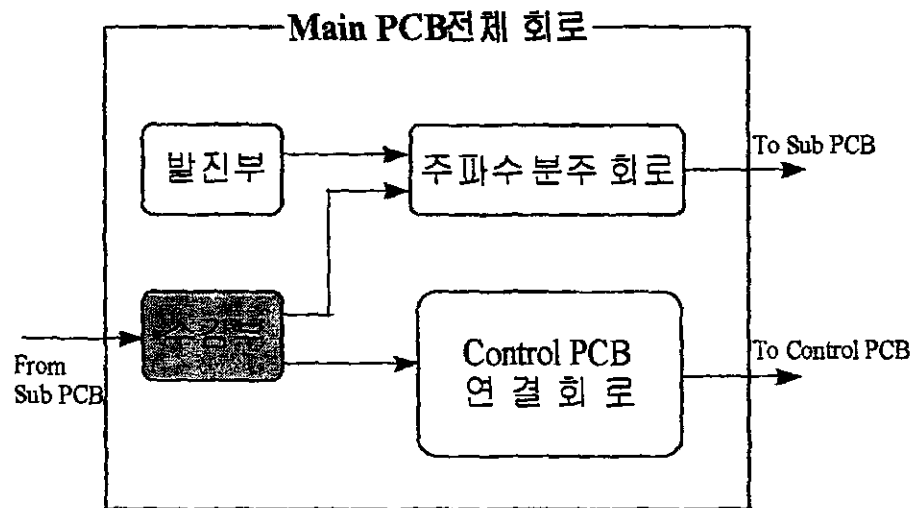


그림 4-8. Main PCB 분할 모듈 - 수감부

그림 4-9.는 수감부 쪽의 투광 다이오드(LED)가 입력전압에 따라 ON/OFF가 되는 회로를 표현한 것이다.

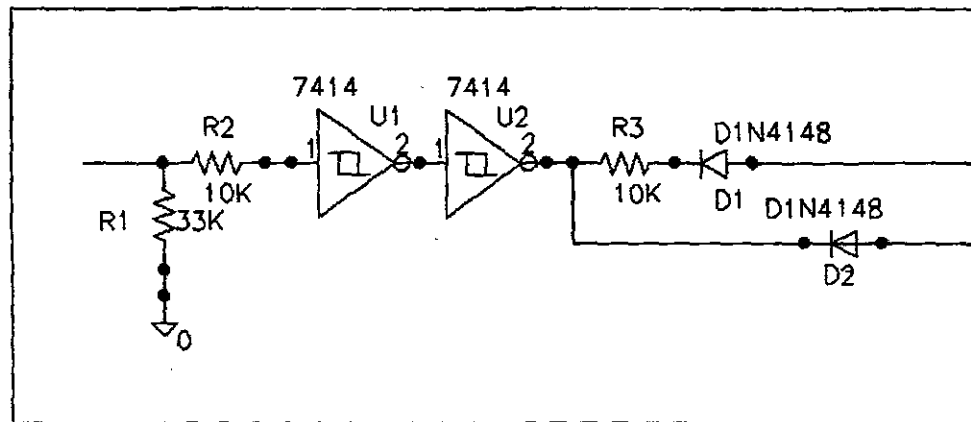


그림 4-9. Main PCB 센서 입력부 및 슈미트 트리거 회로

수감부 입력에 저 전압(0V)이 들어갈 경우 0V가 투광 다이오드에 인가되어 불이 꺼지고 10V와 8.5V사이의 정형파가 인가되며 이는 슈미트 트리거를 거쳐서 Threshold Voltage 값으로 정형돼 약 9V가 인가되어 다이오드는 불이 켜진 상태가 유지된다.

4-2-4 Control PCB 연결 회로

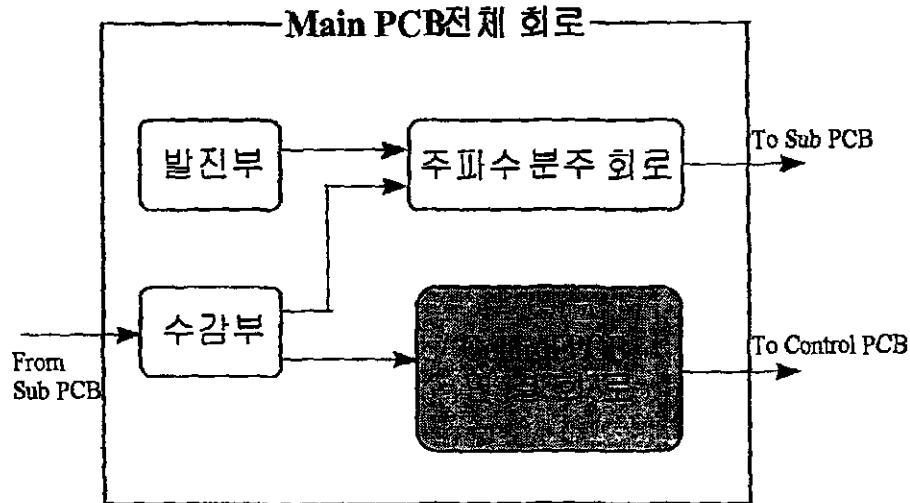


그림 4-10. Main PCB 분할 모듈 - Control PCB 연결 회로

Control PCB는 Main PCB로부터 신호를 받아서 방호 장치 외부로 차단 상태를 알리는 신호를 내보내는 역할을 한다. 그리고, 차단 구동기 릴레이를 포함하고 있고, 방호 장치의 전체 회로에 전원을 공급하는 역할을 한다.

(1) 발진회로

그림 4-11.의 상단 9번 노드의 초기전압은 16번 노드의 전압 값에 따라 달라지게 된다. 만약, 9번 노드에 10V의 입력이 들어오면 16번 노드는 슈미트 트리거의 Threshold Voltage에 의해 약 9V가 되고 따라서 9번 노드의 초기 전압은 9.7V정도가 된다.

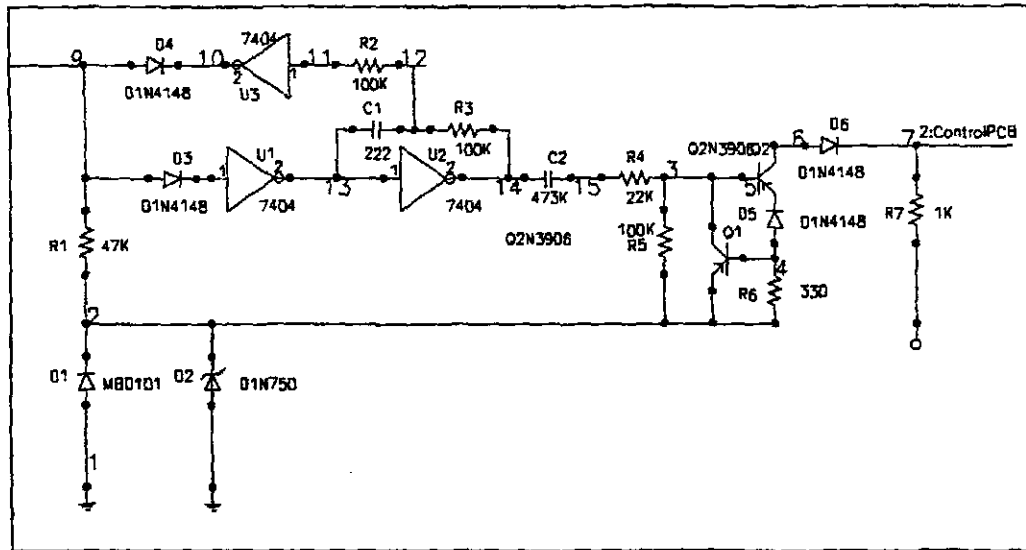


그림 4-11. Main PCB 증폭 회로 및 Control PCB 연결 회로

그리고, 9번 노드의 9.7V 전압은 인버터를 통과하면서 13번 노드에서 논리상 0이 되고 다시 한번 인버터를 거친 신호는 14번 노드에서 1이 된다. 이러한 과정을 거친 9번과 10번 노드의 전압 차가 다이오드를 ON시키게 된다.

한편, 9번 노드에서 14번 노드까지 위와 같은 다이오드를 작동시키는 동시에 14번 노드에서는 13번 노드 쪽으로 충전을 시작한다(전류방향이 일치한다). 13번 노드가 CMOS 4069의 Threshold Voltage 이상이 되면 전위가 1이 되고 14 번은 0이 된다. 이때 순간적으로 10번 노드 전압이 1, 9번 노드의 전압 1, 13번 노드는 0이 되면서 발진을 시작하게 된다.

이와 동시에 콘덴서로부터 14번 노드와 12번 노드 쪽으로 방전을 하게 되면서 전류방향이 바뀐다. 반대로 최초전압이 0일 때는 즉 16

번 노드가 0V이고 9번 노드가 0.7V인 논리 0이 되면 10번 노드가 순간 1이 되면서 역방향이 되어 발진을 할 수가 없게 된다.

이렇게 발진부의 출력은 0V 신호(물체에 의해 차단되었을 때) 혹은 0V와 12V로 발진하는 펄스파(정상상태)가 된다. 이러한 과정을 통하여 출력된 신호는 콘덴서를 거쳐서 다음 단 증폭회로로 들어가게 된다.

(2) 증폭회로

그림 4-11.에서 하단 왼쪽 1번 노드는 DC 12V가 입력이 되는 곳이다. 1번 노드에 의해 입력된 12V는 2번 노드에서 다이오드에 의한 전압 강하($12V - V_F$)가 일어난다.

그림 4-11.에서 3번과 7번 PNP 트랜지스터의 출력은 2번 노드와 3번 노드의 전압차이에 의해 결정된다. 3번 노드의 전압이 PNP트랜지스터 2개를 모두 ON 시키기 위해서는 두개의 트랜지스터 베이스의 전압과 다이오드 하나를 동작시킬 수 있는 전압은 2.1V가 되어야 한다.

따라서, 15번 노드 출력이 10V나 12V이면 트랜지스터가 둘 다 Enable 되지 않으므로 4번 노드는 2번 노드의 전압이 거의 유지될 것이고 5번 노드는 약 10.6V 되어 출력은 0이 된다.

반면, 15번 노드 입력이 9V가 되면 트랜지스터 둘 다 Enable 되므로 4번 노드 전압은 Q1의 베이스 전압만큼 떨어진 약 10.6V가 된다.

또한 5번 노드는 10V 가까이 되며 6번 노드는 Q1이 활성화될 때 콜렉터와 에미터 사이의 전압이 0.2V 떨어져 10V에 근접한 값을 갖게 된다. 결국, 출력은 약 9.6V가 된다.

4-3. Sub PCB

Sub PCB는 Main PCB로부터 주파수 분할된 신호를 입력받아 투광 다이오드를 주기적으로 점등시키고, 이를 반사판을 통하여 수광트랜지스터(수광센서)로 감지한다. 수광부 센서에서 감지된 신호는 적당한 신호의 증폭을 통하여 다시 Main PCB로 넘겨주게 된다.

Sub PCB 회로 역시 체계적으로 해석하고, 차후에 방호 장치의 성능 개선 시 요구되는 회로 수정이 있을 경우를 위하여 Sub PCB 회로 해석을 수행하는 과정에서 기능 별로 3개의 모듈로 분할하였다.

그림 4-12.는 Sub PCB의 전체 회로를 나타낸 것이고, 그림 4-13.은 Sub PCB의 기능 분할 모듈로 나타낸 것이다.

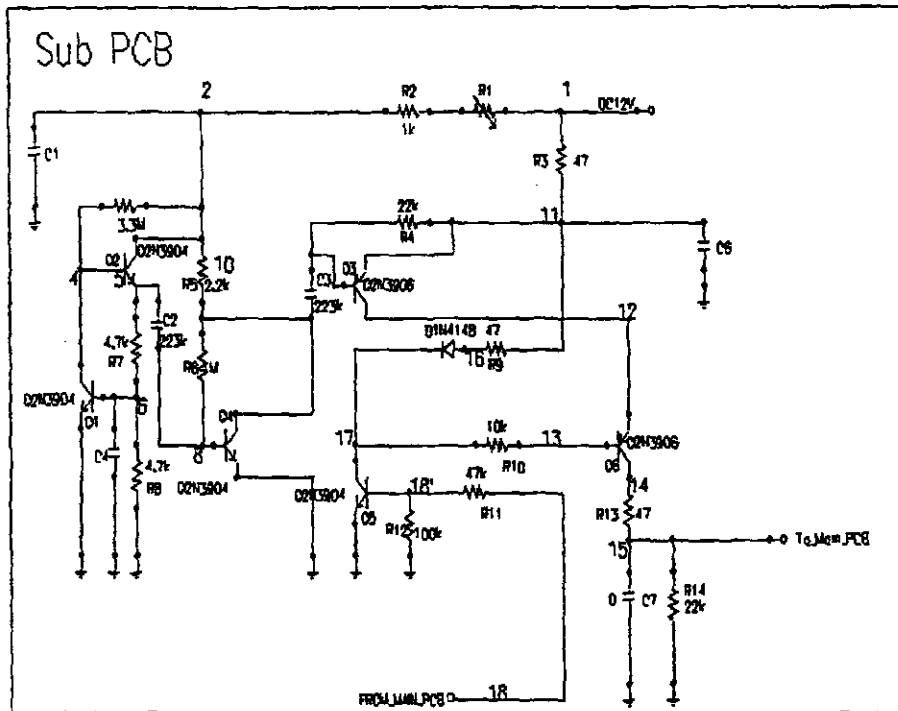


그림 4-12. Sub PCB 전체 회로

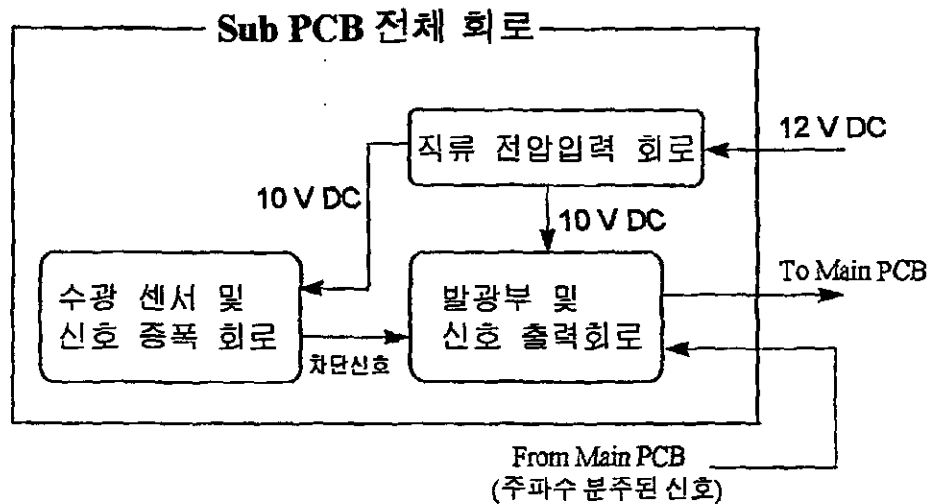


그림 4-13. Sub PCB 분할 모듈

- 직류 전압 입력 회로

그림 4-12. Sub PCB 전체 회로에서 상단에 위치한다.

- 수광 센서 및 신호 증폭 회로

그림 4-12. Sub PCB 전체 회로에서 왼쪽 부분에 위치하며, 수광 센서로부터 차단 상태를 검출하여 차단 신호를 1차적으로 증폭하는 역할을 한다.

- 투광 다이오드 및 센서 신호 출력 회로

그림 4-12. Sub PCB 전체 회로에서 오른쪽에 위치하며, Main PCB로부터 분주된 클럭 신호를 입력받아서 투광 다이오드를 작동시키고, 수광 센서로부터 증폭된 신호를 2차적으로 증폭하여 Main PCB로 신호를 넘겨주는 역할을 한다.

4-3-1 직류 전압 입력 회로

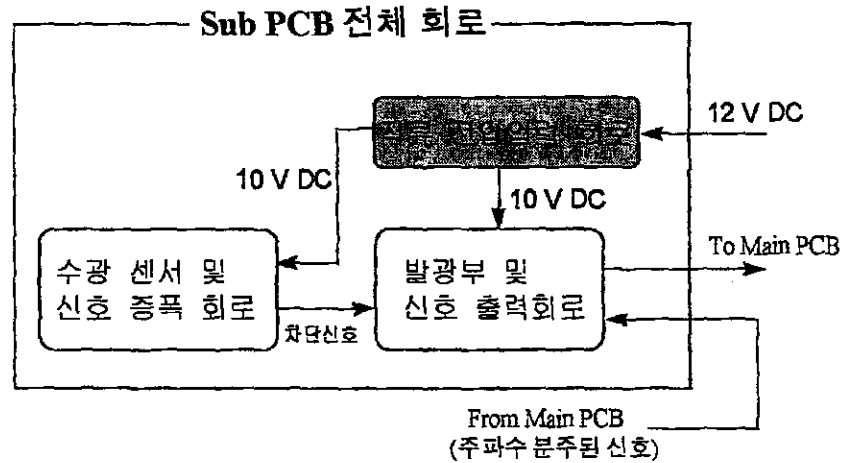


그림 4-14. Sub PCB 분할 모듈 - 직류 전압 회로

그림 4-15.에서 1번 노드는 직류 전압 12V를 입력받는 곳이다.

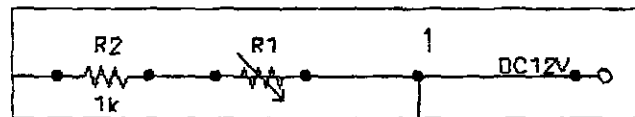


그림 4-15. Sub PCB 직류전압 입력 회로

그림 4-16.과 같이 2번 노드를 고려해 보면, 그림 4-15.의 1번 노드로부터 입력된 직류전압 12V는 R2와 가변저항(R1)을 통해 어느 정도 전압강하가 생긴다.

가변 저항(R1)은 2번 노드에 걸리는 DC전압을 결정하는 인자로 사용되고, 이 전압과 11번 노드의(그림 4-20.참조) 전압은 2번 노드 우측에 있는 PNP 트랜지스터의 베이스와 에미터 사이의 전압차이에

의한 스위치 작용에 큰 영향을 미치므로 이를 위해 포함된 장치이다

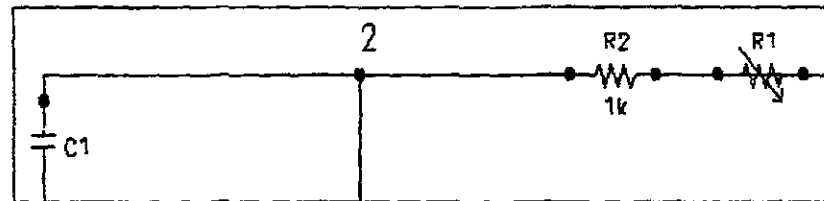


그림 4-16. Sub PCB 부분 회로

4-3-2 수광 센서 및 신호 증폭 회로

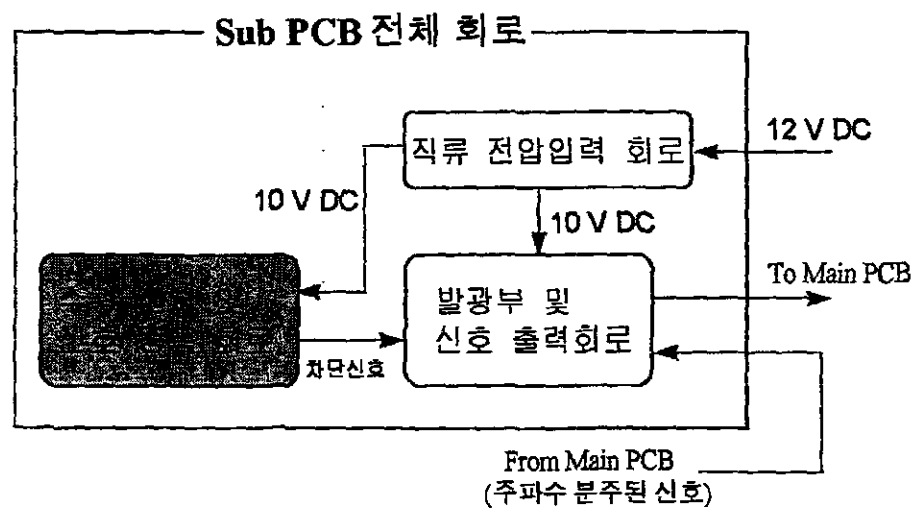


그림 4-17. Sub PCB 분할 모듈 - 수광센서 및 신호 증폭 회로

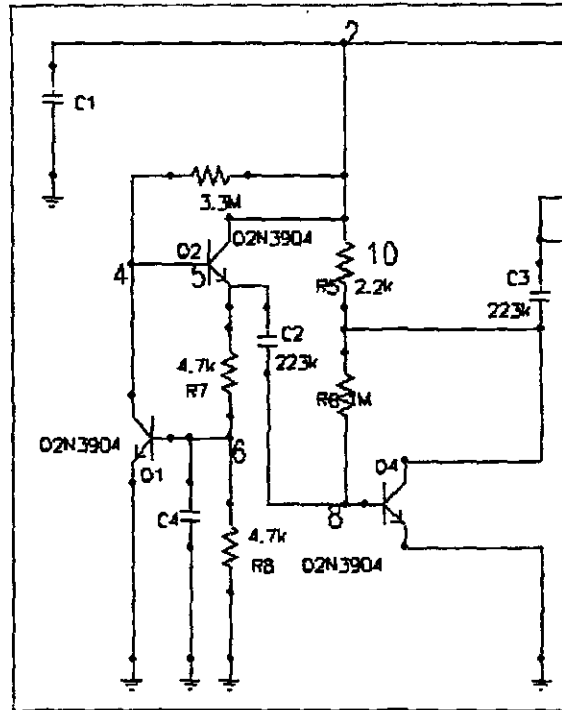


그림 4-18. Sub PCB 수광센서 및 신호 증폭 회로

이 회로는 3개의 트랜지스터(Q1,Q2,Q4)로 구성되어 있다. 포토 트랜지스터(Q2)와 왼쪽에 접속된 트랜지스터(Q1)는 포토 트랜지스터(Q2)와 각각의 베이스와 콜렉터가 서로 접속이 되어 바이어스를 제공하기 위한 목적으로 연결되었다.

우측의 트랜지스터(Q4) 베이스는 포토 트랜지스터(Q2)의 에미터 부분에 연결되어 포토 트랜지스터(Q2)로 수감되는 미약한 신호 성분을 증폭하는 역할을 한다.

신호의 감지와 증폭과정은 다음과 같다.

과정 1.

2번 노드에는 약 10V의 DC가 인가되고(오실로스코프를 이용한 신호 측정결과 이용) 이 측정 전압에 의해 4번 노드의 포토 트랜지스터(Q2)가 자신의 바이어스에 의해 약 1.2V를 얻고 미약한 신호성분을 수감한다.

과정 2.

포토 트랜지스터(Q2)의 미약한 신호는 에미터로 빠져나가(전류증폭이 된 신호) 다시 콘덴서에 의해 신호성분이 걸러진 후 Q4에 의해 재 증폭이 된다.

과정 3.

과정 1.과 과정 2.의 단계를 거쳐 7번 노드의 전압신호는 기존의 입력신호와 반역상이 된 증폭된 전압 값을 나타낸다. 이때의 DC값은 $10V - 0.7V$ 를 22k와 1M에 의해 전압 분배한 값 8V정도가 된다.

좌측의 트랜지스터 Q1의 역할을 좀더 세밀하게 살펴보면 다음과 같다.

6번 노드는 트랜지스터 베이스 에미터간 전압 0.7V가 걸린다. 이때 수광 포토트랜지스터(Q2)는 우측의 투광 다이오드에 의한 신호를 받고 신호를 받는 형태로서 단지 진동하는(주파수를 갖는)부분 매우 작은 수 mV로 감지한다. 즉, 이 신호는 다음 단에서 증폭이 요구된다.

정상적으로 기계가 동작 시에는 우측 송신부 다이오드에 주기적인 펄스를 보내 전류를 흘려주므로 그 진동모드가 포토 트랜지스터에 감지되지만 차단되었을 때는 물체에 의해 신호가 차단되어 트랜지스터는 아무런 신호도 감지하지 못하게 된다.

Q2의 베이스 부분은 바이어스에 의해 정상일 때는 1.2V의 직류 전압과 수 mV로 진동하는 교류전압을 갖고, 차단 시에는 아무런 신호 섭동이 없는 1.2V의 직류 전압을 갖게 된다.

따라서 대략적인 전압을 해석하면 5번 노드는 약 1V 정도의 전압을 갖는다. 그러면, R7 양단에 걸리는 전압은 1-0.7V이므로 이를 4.7k로 나누면 전류는 0.064mA 가 된다. R8에 흐르는 전류는 $0.7/4.7\text{k}=0.15\text{mA}$ 이므로 Q1의 베이스로 들어가는 전류는 약 $0.086\text{mA}(-)$ 가 될 것이다. 단, 이 때의 직류전류 값의 미소전류 신호는 마찬가지로 4.7k에 의해 나누어지므로 단지 미소한 전류신호(수감된 신호보다 훨씬 작은)가 된다. 이 신호가 트랜지스터(Q1)를 거치면 약 8.6mA 가 되고 이 신호가 다시 포토트랜지스터(Q2)를 거치면 0.86A 라는 상당히 큰 신호가 된다.

하지만 처음에 시작 할 때의 전류 값은 0.064mA 라는 상당히 작은 전류였기 때문에 전류 값은 이 이상보다는 사실상 더 커질 수 없다. 즉, 어느 정도 전류 값이 커지게 되면 되먹임 회로원리에 의해 트랜지스터가 포화되는 전류영역에 못 미치는 정의된 수준에서 평형을 이룰 것이다. 따라서 이론상 이러한 원리로 트랜지스터 베이스에 공급되는 전류에 의한 바이어스 전압에 대해 노이즈 등 각종 이상 신호에 대해서도 급격히 전류 값이 증가하는 경우가 없이 안정되게

전압이 공급된다.

4-3-3 투광 다이오드 및 센서 신호 출력 회로

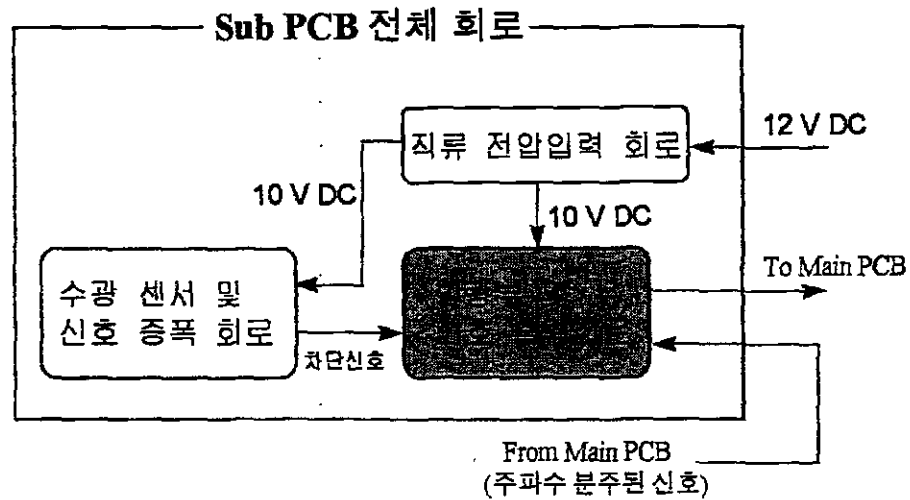


그림 4-19. Sub PCB 회로 분할 모듈 - 투광부 및 신호 출력 회로

그림 4-20.에서 센서로부터 측정된 신호가 증폭되어 콘덴서(C3)를 거치게 되고, 콘덴서(C3)를 통해 신호를 필터링 하는 동시에 스위칭 속도를 빠르게 하여 파형이 상승하거나 감소하는 부분에서 급격한 전압 증폭이 일어나도록 한다. 이때 신호의 직류 값은 11번 노드의 전압에 의해 자기 바이어스된 값 11V가 된다.

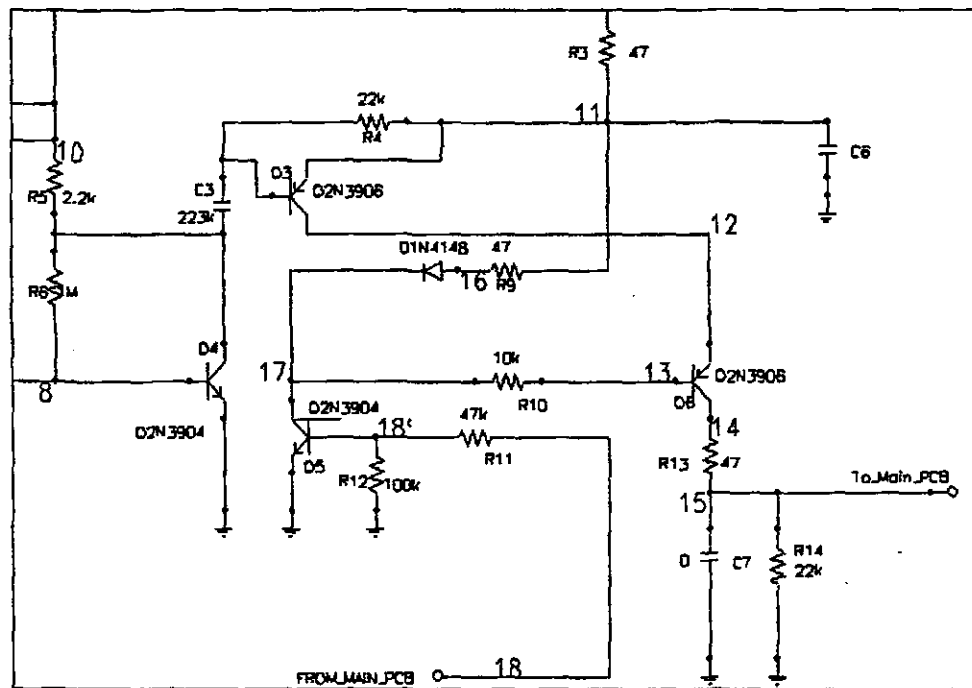


그림 4-20. 수광센서 및 센서신호 출력회로

11번 노드의 전압이 현재 11V 정도로 유지되고 있고 10번 노드의 전압은 11V의 직류 전압에서 스위칭(Switching)하고 있으므로 Q3에 의해 10번 노드가 11번 노드보다 전압 값이 낮을 때는 트랜지스터가 ON 되어서 베이스 전압 값에 따라 연속적으로 변하지만 10번 노드 전압이 11번 노드의 전압보다 높아질 때 순간적으로 트랜지스터가 OFF되어 12번 노드의 값이 0으로 떨어진다.

하지만 이 시간은 매우 짧아 0으로 떨어지기 전에 다시 트랜지스터 ON에 의해 11V 상태로 상승하기 시작한다.(실제로 파형 측정에서도 나타났지만 파형은 때로는 11V와 0V의 전위를 가지는 상당히 왜곡된 파형과 11V와 9V의 전위를 갖는 삼각파를 번갈아 가면서 나타냈다.)

한편, 신호가 들어오는 Q5쪽은 적외선 투광 다이오드를 통제하는 역할을 하는 회로로써 입력신호는 주기를 가지면서 전위가 HIGH가 되는 펄스파이고, 베이스 쪽이 이 펄스파에 의해 10V를 가지면 트랜지스터가 0이 되어 17번 노드는 약 1V의 전위를 갖는다.(실제로 0이 되어야 하나 옆으로 연결된 회로단에 의해 미세한 전압을 갖는다.)

반대로 트랜지스터 베이스의 입력신호가 0일 때는 10번 노드가 약 10V의 전위를 갖는다. (실제로 이론상 11V에 근사한 값을 가져야 하나 앞의 경우와 마찬가지로 옆으로 연결된 회로를 통해 전류가 흐르고 있으므로 기계가 정상으로 동작할 때는 Q6이 ON 상태를 유지해 전류가 흐른다.)

따라서, 7번 노드의 전압은 10V와 1V의 전위를 가지는 펄스파가 된다. 13번 노드의 전압은 PNP트랜지스터 동작원리에 의해 저항 앞쪽의 베이스에 입력전압이 12번 노드의 전압보다 항상 낮으므로 입력 신호의 주기를 가지며 12번 전압보다 약 0.7V 떨어진 전압을 갖는다. 결국, 4번 전압은 12번 전압이 거의 그대로 인가되고 이 전압은 47Ω 과 $22k\Omega$ 그리고, 콘덴서에 의해 전압이 분배돼 약 10V와 8.5V의 전위를 갖는 펄스파를 출력하게 된다.

물체에 의해 차단되는 경우는 위의 상황에서 신호성분을 모두 제거하면 되는데 신호성분이 없어지면 최초 달링턴 접속에 의한 증폭 효과가 사라져 Q3을 ON 시킬 수 없어 출력은 0이 나오게 된다.

4-4. Control PCB

Control PCB는 Main PCB로부터 신호를 받아서 방호 장치 외부로 차단 상태를 알리는 신호를 내보낸다. 또한, 차단 구동기 릴레이를 포함하고 있으며, 방호 장치의 전체 회로에 전원을 공급하는 역할을 한다.

Control PCB 회로 역시 체계적인 회로 해석과 차후에 방호 장치의 성능개전시 요구되는 회로 수정이 필요할 경우, 용이한 회로 수정을 위하여 기능 별로 3개의 모듈로 나누어 회로 해석을 수행하였다.

그림 4-21.과 그림 4-22.는 각각 Control PCB의 전체 회로와 분할 모듈을 나타낸 것이다.

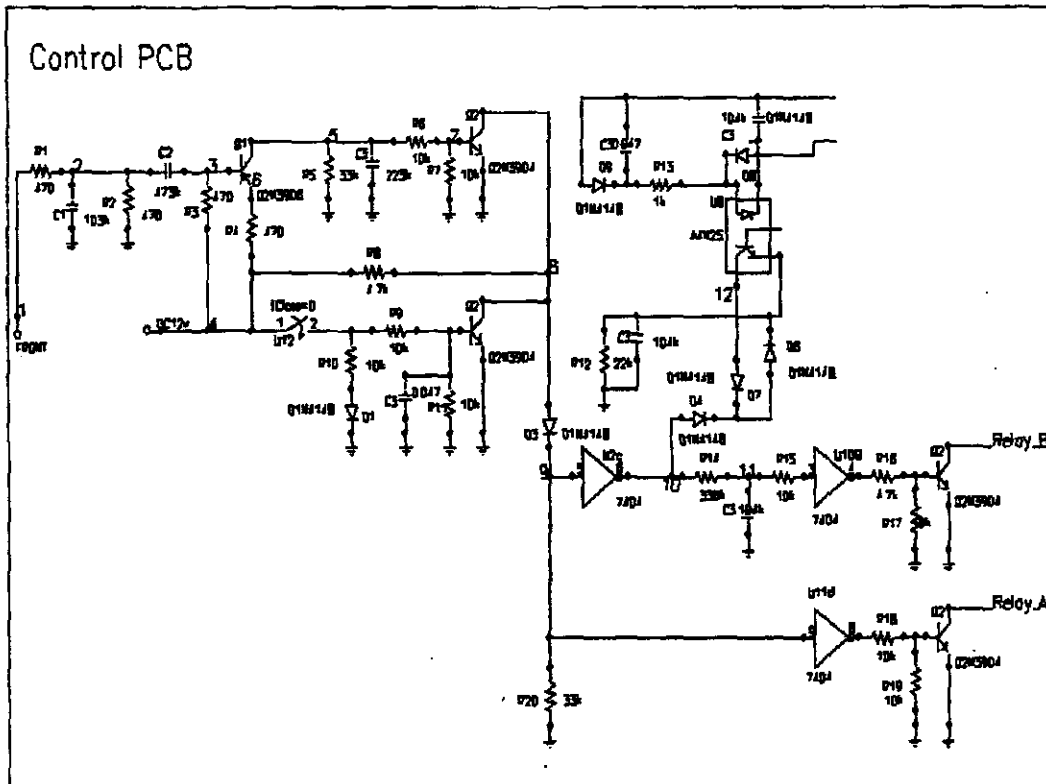


그림 4-21. Control PCB 전체 회로

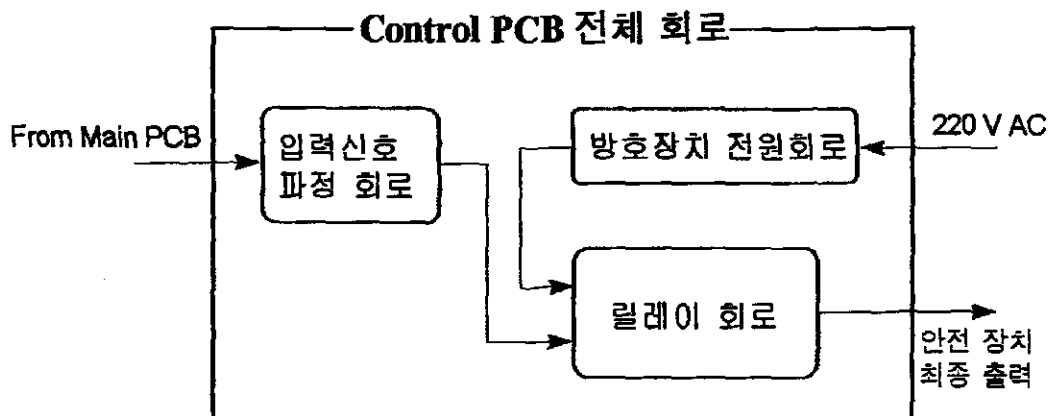


그림 4-22. Control PCB 분할 모듈

• 입력 신호 판정 회로

그림 4-21.의 Control PCB 전체 회로에서 왼쪽 상단에 위치하며, Main PCB로부터 차단 신호를 받아들여 방호 장치 외부에서 조절하게 되어 있는 Key Switch를 검사 한 뒤 릴레이 작동 여부(차단 상태 검출)를 결정하는 역할을 한다. 본 회로 해석은 Key Switch가 열려 있을 경우와 닫혀 있을 경우에 대하여 예상되는 회로 반응을 이론적인 수치로 제시하였다.

• 릴레이 회로

그림 4-21.의 Control PCB 전체 회로에서 오른쪽 하단에 위치하며, 입력 신호 판정 회로로부터 입력을 받아 차단되었을 경우 릴레이를 구동시킨다. 또한, Redundancy의 개념으로 여분의 릴레이를 추가하여 주 릴레이(Main Relay)가 고장일 경우에 대한 보조 릴레이(Sub Relay)를 사용함으로써 생기는 회로의 반응을 연구하였다.

• 방호 장치 전원 회로

그림 4-21.의 오른쪽 상단에 위치하며, 외부 전원으로부터 전파 정류를 통하여 방호 장치 회로에 전원 공급 및 릴레이에 전원을 공급한다.

4-4-1 입력 신호 판정 회로

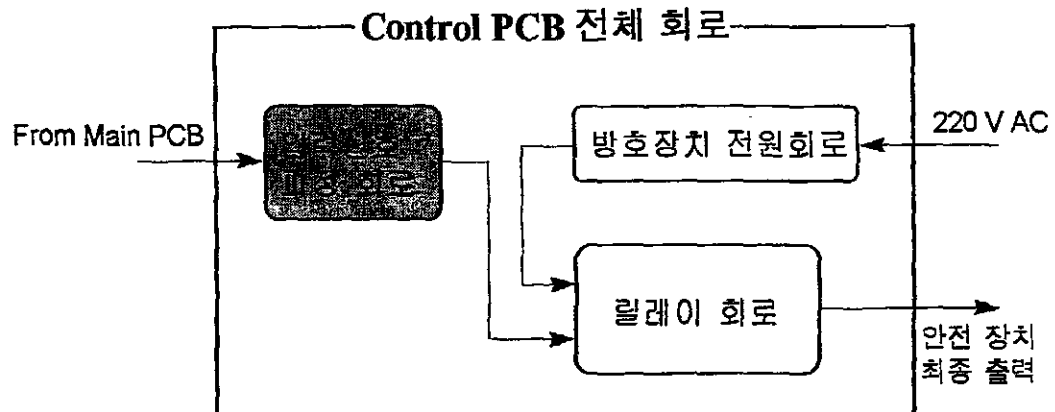


그림 4-23. Control PCB 분할 모듈 - 입력 신호 판정 회로

입력 신호 판정회로는 Main PCB로부터 차단 신호를 받아들여 Key Switch를 검사한 뒤 차단여부를 판단하는 역할을 한다.

따라서, 입력 신호 판정 회로는 Key Switch가 열려 있을 경우와 Key Switch가 닫혀 있을 경우의 두 가지로 나누어 해석하였다.

(1) Key switch 가 열려 있을 경우

그림 4-24.의 표시된 노드별로 구분하여 신호 상태를 분석하면 다음과 같다.

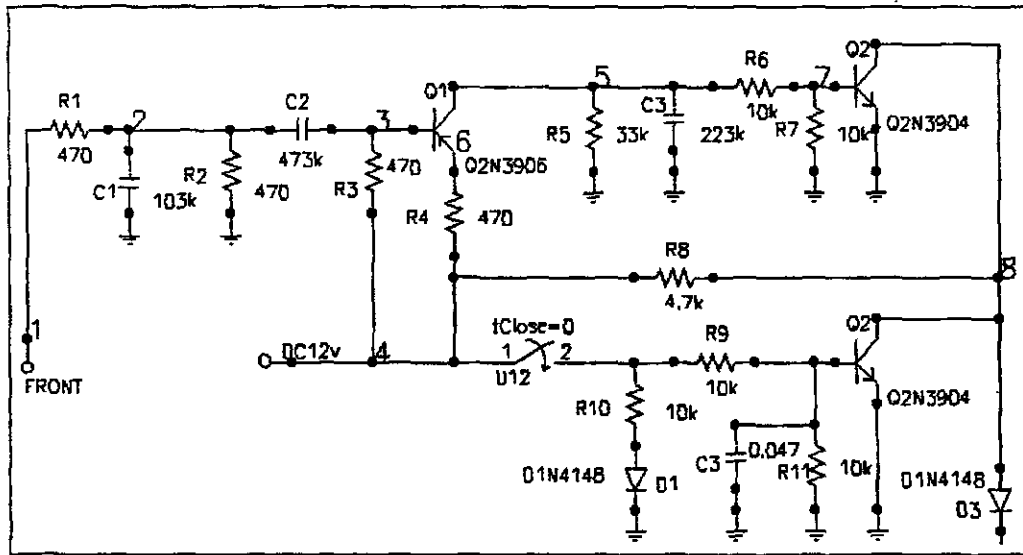


그림 4-24. Control PCB Key Switch 회로

1번노드 : 최초 입력 신호가 정상상태일 때는 1(9.3V)과 0(0V)으로 이루어진 주기 신호이며 물체에 의해 차단되면 0V가 들어온다.

2번노드 : R1과 R2에 의한 전압분배와 C1에 의한 신호 상승과 하강시의 스위칭(Switching) 속도증가. R1과 R2값이 같으므로 약 4.66V 정도의 전압을 갖는다. 이때 C1 값을 크게 하면 시정수의 증가로 충/방전 속도가 증가되어 스위칭(Switching) 효과가 감소하게 되고(파형 왜곡), C1값을 작게 하면 신호 상승 및 하강시 순간 전압값이 크게 증가하게 된다.

3번노드 : C2에 의해 파형이 정형화되면서 다음 단 트랜지스터(증폭기 역할)의 입력 전압에 의한 바이어스 전압에 의해서 전체 파형은 그대로 3.95V의 전압 크기로 상승한다.

3번과 6번 노드의 전위차가 Q1을 활성화시킬 수 있는 전압(0.7V)이 되는 즉, C1(Speed up Condenser)에 의한 스위칭(Switching) 속도 향상으로 (-)극쪽 즉, 신호가 하강한 뒤 상승하는 부분에서 순간 0.7V 이하로 떨어질 때 5번 노드는 적어도 1.5V 정도의 전위를 갖는다.

4번 노드 : 직류 전압 12V가 작용한다.

5번 노드 : 3번노드와 마찬가지로, 콘덴서(C3)는 신호성분의 전압강하를 막기 위한 바이패스 콘덴서이다.

6번 노드 : PNP 트랜지스터 특성에 의해 12V와 7.5V로 떨어지는 부분은 그 값에 대응된 약 8.2V정도의 전압이 인가된다.

7번 노드 : 5번의 파형이 R6과 R7에 의해서 전압분배가 이루어지는데 R6과 R7이 같으므로 1/2씩 분배된다.

8번 노드 : Q2의 베이스 전압이 0.7V이상 되는 곳에서만 약 7V 정도의 출력 값이 나온다.

(2) Key switch가 닫혀 있을 경우

Key switch 가 닫히게 되면 Q3앞 베이스 전압이 Q3을 도통시킬 수 있는 상태가 되어서 위쪽 회로에 무관하게 8번 노드는 Q3

$V(CE)=0.2V$ 정도가 걸려 논리적으로 0 전위가 된다.

(3) 입력 신호 회로 분석 결과

회로 해석의 결과 Key switch가 열려 있을 경우 Main PCB의 입력이 정형파 즉, 논리적으로 0에서 1 혹은 1에서 0으로의 전압수준 변화가 있는 경우는 논리 1에서 0으로 전압 변화시 C1(speed up condenser)에 따라 출력값(8번 node)이 7V에서 12V의 전압준위를 갖고, 0V가 입력될 경우 12V의 전압을 갖는다.

그리고, Key switch가 닫혀 있다면 출력은 위 회로에 관계없이 0.2V의 낮은 전압이 출력된다.

4-4-2 릴레이 회로

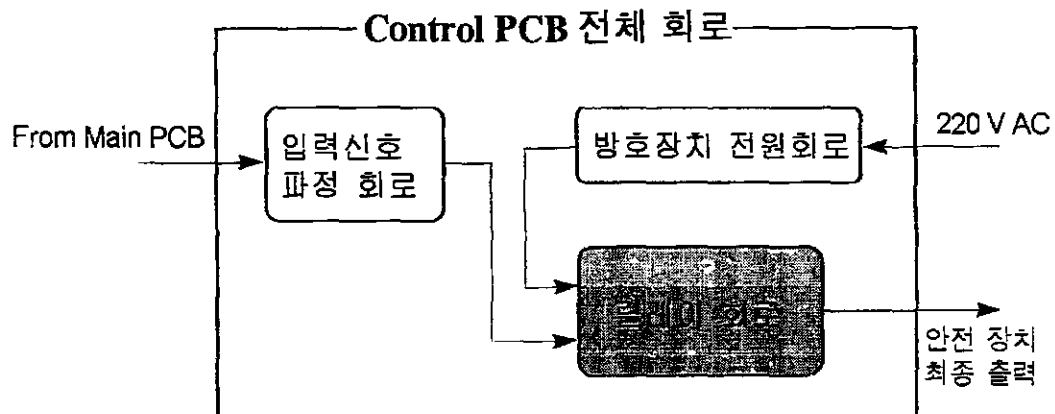


그림 4-25. Control PCB 분할 모듈 - 릴레이 회로

입력 신호 판정 회로로부터 입력을 받아 방호 장치가 차단되었

을 경우 릴레이를 구동시킨다

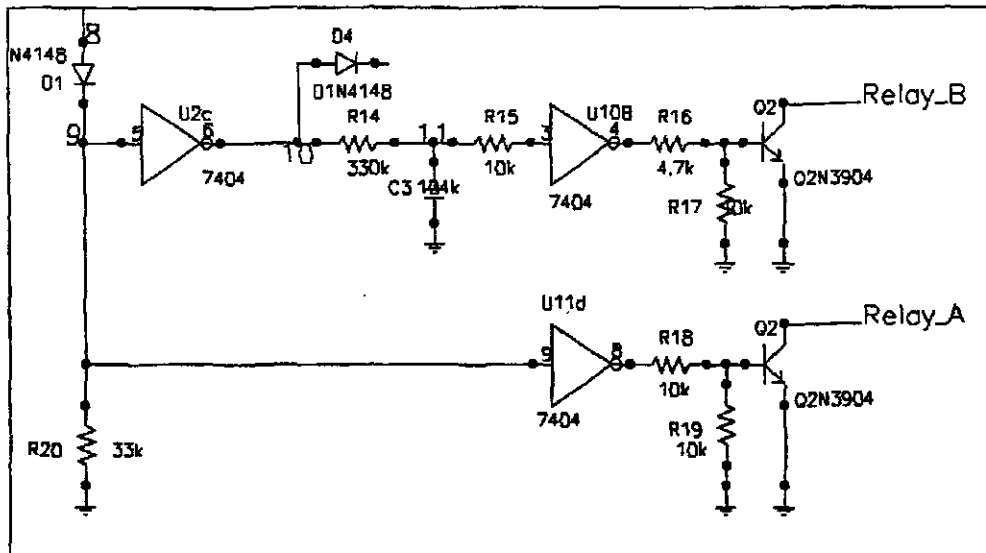


그림 4-26. Control PCB 릴레이 회로

입력신호 판정 회로에서 나온 신호는 첫 번째로 다이오드(D1)를 거치게 되는데 이것은 두 가지 역할로 해석된다.

첫 번째는 입력판정 회로의 출력신호를 다음 단계에 이용하기 위한 적절한 전압강하를 위한 목적이며, 두 번째는 다음 단계에서 그리고 똑같은 회로로 구성되어 있는 REAR(여기서, REAR 부분은 실제 회로에서 구성되지 않았기 때문에 본 회로에는 표시하지 않았다.)부분의 회로에서 나온 신호에 영향을 받지 않기 위한 역할로 해석된다.

즉, 첫 번째는 다이오드의 순방향 특성을 살려 12V전압은 다이오드를 거치게 되어 11.3V 정도의 논리 1로 유지시키고 위에서 설명한 5V 내지 12V 하위 전위를 논리 0이 되는 전위로 낮춰 주는 역할을

한다.

실제로 다음 단에서는 CMOS 4069를 이용해 신호는 인버팅이 되고, 이때 NOT 게이트의 입력전위가 6.5V 이하가 되어야 이를 논리 전위 0으로 인식하고 Inverting 을 수행하기 때문에 다이오드(혹은 다른 방법을 쓰더라도)에 의한 전압강하는 필수적이다.

4-4-3 방호 장치 전원 회로

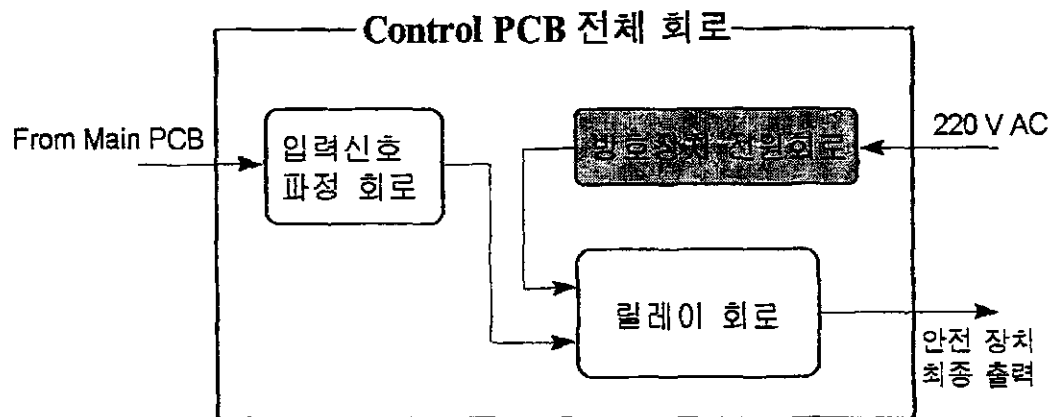


그림 4-27. Control PCB 분할 모듈 - 방호 장치 전원 회로

외부 전원으로부터 전파 정류를 통하여 방호 장치 회로에 전원 공급 및 릴레이에 전원을 공급한다.

그림 4-28.에서 전원회로는 가정용 전압 AC220V/110V를 변압기를 통해 강하한 후 다이오드 배열을 이용하여 전파 정류를 시킨 후 탄탈 콘덴서(C5)와 저항 R13의 시정수를 이용 직류 파형을 만들어 낸다.

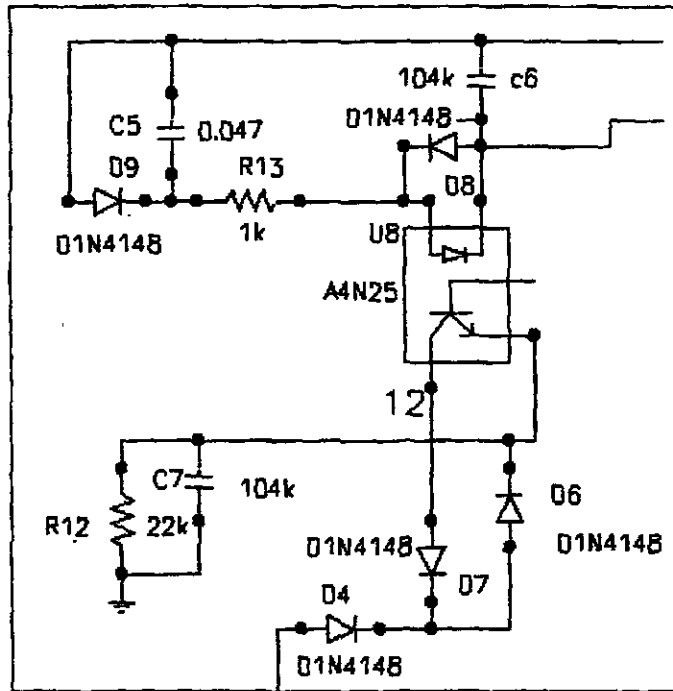


그림 4-28. Control PCB 릴레이 전원회로

그림 4-28. Control PCB 릴레이 회로와 연관지어 생각하면 최초 전류 방향은 R13 -> 다이오드와 Tr로 구성된 IC(이하 DTIC 라 명칭)의 다이오드 -> C6 -> 다이오드 배열로 흐르는데 회로를 살펴보면 알 수 있듯이 위의 경로 중간에 릴레이 회로와 연결되어 현 상태로 전류가 흐를 때는 회로 그림처럼 릴레이가 붙어 있게 된다.

그러나, 논리상 전위가 9번노드에(그림 4-26. 참조) 0이 걸리면 A 릴레이가 작동하게 되어 릴레이의 접속상태가 바뀌면서 릴레이 접점의 극성이 바뀌어 C6에 충전되어 있던 전압이 방전하며 D2를 통해 흐르는 전과 반대 방향의 전류가 된다. 그러면, DTIC의 트랜지스터가 역시 열리면서 밑부분의 릴레이와 접속되는 회로와 차단된다.

그러나, A 릴레이가(그림 4-26.참조) 제 역할을 못하는 경우에는 10번의 전위가 1인 상태로 정상적으로 DTIC가 동작하므로 C8에 충전된 전압이 방전을 시작하여 11번 노드의 값이 4069의 저 수준 Threshold Voltage 값이 되어 B 릴레이를 작동시킨다.

즉, 9번 노드의 입력 전압 값이 논리상 0이 되면 위와 같은 개념으로 회로를 해석할 수 있고 논리상 1이면 정상적으로 DTIC가 작동되면서 11번 전위를 논리상 1로 유지시켜 A, B 릴레이 모두 작동하지 않게 한다.

따라서, 9번 노드의 전압은 상기 4-4-1, 4-4-2 절에서 분석된 회로의 Front 출력 전압과 아래 REAR 부분의 출력 부분에 의해 결정된다.

4-4-4 Control PCB 회로 동작

앞절의 Control PCB 회로 해석 결과를 토대로 Control PCB 회로의 전체 동작을 정리하면 다음과 같다.

- ※ Key Switch가 ON이면 무조건 기계작동 금지
- ※ Key Switch가 OFF의 경우 입력신호가 0이면 최종 출력 기계작동 금지 신호
- ※ Key Switch가 OFF의 경우 입력신호가 주기 신호이면 최종 출력 기계 동작 신호
- ※ A 릴레이와 B 릴레이는 논리적으로 반대 신호가 들어가도록 회로가 구성되어 주 릴레이(A 릴레이)가 작동을 못하게 되는 경우에 B 릴레이가 작동한다.

4-4-5 릴레이 개폐 속도 증가 방안

(1) 릴레이 개폐속도 결정인자

릴레이 접점의 변화 시간의 결정 인자는 콘덴서 C6과 R13에(그림 4-28. 참조)의한 방전시 시정수가 되며, 시정수는 또한 DTIC의 다이오드가 ON에서 OFF됨에 따라 트랜지스터가 ON에서 OFF되는 스위칭 되는 속도, 또한 Q2의 스위칭 속도와 같은 요소로 예상된다. 물론 최초 신호 수광에서부터 릴레이 회로까지의 많은 회로들을 거치면서 소요되는 시간도 배제할 수는 없다.

(2) 개폐 속도 증가 방안

① C6나 R13값을(그림 4-28. 참조) 낮춰 상대적으로 시정수를 작게 해 방전 시간을 빠르게 한다. 주의할 점은 너무 작은 콘덴서는 충전 시에 문제가 될 수 있고 너무 작은 저항은 과전류의 위험이 있어 이는 충분한 실험에 의해 결정되어야 한다.

② DTIC의 트랜지스터 및 Q2의 스위칭 속도를 높이기 위해 베이스 쪽에 적절한 저항과 Speed Up Condenser를 부착한다.

4-5. 회로 해석 결과

본 연구에서는 기존의 수행된 국산 제품의 제작 과정에서 대두된 문제점 해결과 안전 방호 장치의 성능 개선의 기초 자료 획득의 목적으로 방호 장치 회로 해석을 수행하였다.

현재 구성된 방호 장치 회로의 문제점은, 초기 개발 단계에서 방호 장치 회로가 모듈화 되지 않은 이유로 추후의 방호 장치 성능 개선을 위한 회로 개선이나 문제점 해결 등의 수정이 필요한 경우, 또는 부분별 회로의 교체 등의 필요성이 제기 될 경우 문제 해결시 많은 어려움이 따른다. 따라서, 본 연구에서는 방호 장치 성능 개선의 첫번째 단계로 방호 장치 회로 해석을 통한 Sub PCB, Main PCB, Control PCB의 기능별 부분 분할 회로 모듈을 구성하였다.

비록, 자사의 회로 보호와 성능의 이유로 PLC(Programmable Logic Circuit)를 채용하고 있어, 미국 B사 제품과 일본 K사 제품에 대하여 회로를 분석 할 수는 없었지만, 미국 제품의 경우 수광부, 투광부, Control PCB등을 모듈화하여 여러 가지 조합으로 제품의 특성과 성능이 호환성을 갖도록 설계된 것이 특징이다.

이러한 모듈화는 부품 별로 교체가 가능하다는 장점을 가지므로 방호 장치 구매자의 구매 욕구 자극에 도움이 될 것이다.

본 연구의 회로 해석을 수행하는 과정에서 일본 제품과 국내 제품은 기능면에서 큰 차이점이 없었으나, 미국 제품의 경우 물론, 가격면에서는 차이가 있으나 전단기의 특성에 따라 미국 노동성의 산하 기관인 OSHA(Occupational Safety and Health Administration)가

제시하는 최소한의 기준을 만족시키는 여러 가지 기능을 포함하고 있다.

특히, 방호 장치 신뢰도라는 개념으로 국산 제품의 회로 해석의 결과, 일본 제품과 마찬가지로 국산 제품은 Control Box 오동작을 회로 외부에서 장착된 Key만으로 차단하는 방법을 채택하고 있었다.

반면에 미국 제품은 제품내에 오류 진단 확인 기능과 운전자 또는 장착자를 위하여 오류 원인의 정보를 알리는 자기 진단(Self-Test) 기능을 갖추고 있었고, FEMA(Failure Mode Effects and Analysis) 시험을 통하여 자기 진단(Self-Test)의 오류 원인 구별에 대하여 검증을 받도록 되어있다. 또한, 유럽 제품에 대한 직접적인 실험을 수행하지 않았으나 신뢰성 향상에 관한 유럽의 기준은 규정 번호 EN954-1의 프레스 방호 장치가 속하는 Category 4.에 대하여 '이상 상태 검출 요건(Fault Detection Requirement)'이라는 항목으로 설정해 놓고 있다

'이상 상태 검출 요건(Fault Detection Requirement)'에는 이상 검출 능력, 유효 구경각(Effective Aperture Angle), 방호 장치에 쓰이는 광소자의 파장(Wavelength) -400nm~1500nm로 정의- 등 다양한 내용을 정의하여 유럽에서 만들어지는 방호장치, 또는 유럽 시장에 진출하려는 방호 장치들에 대해서 Category 4.에서 정의된 방호 장치 신뢰도 요구 조건 즉, 이상 상태 검출 요건(Fault Detection Requirement)을 만족하도록 규정하고 있다.

이러한 부분은 결국, 방호 장치의 성능 요건을 정의하는 규정에

관계되는 문제로서 이는 곧 국내 방호 장치의 규정 개선에 관한 연구가 수행될 필요성이 있음을 의미한다.

제 5 장 방호 장치 성능 비교

본 절에서는 국내의 광선식 방호 장치에 대한 성능을 비교하여 국내 제품의 상대적인 경쟁력을 확인하고, 보다 경쟁력이 있는 제품을 개발하기 위하여서는 어떠한 노력이 필요하며 어떠한 부분이 향상되어야 하는가에 대하여 연구하였다.

우선, 성능 비교를 위하여서는 비교 지표가 결정되어야 한다. 이러한 비교 지표는 방호 장치 설계시 각 국가의 점정 기준이 중심이 되므로 국가에 따라 제품별로 차이가 있다. 국내 기준과 일본 기준과의 차이는 거의 없지만 미국 및 유럽과는 제도상에 다른 점이 많이 있고, 이런 제도 차이에 따라 각각의 방호 장치에 대한 평가 방법이 다르며, 이러한 평가 시험 방법의 차이점은 제품의 성능과 신뢰도에 영향을 미치게 된다.

따라서, 비교 실험 결과를 소개하기 이전에, 국내 규정과 선진국 규정을 비교하였다. 이 과정을 통하여 이런 규정의 차이가 국내의 제품간의 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 연구하였다.

본 연구에서는 제품의 지동 시간을 비교 지표로 설정하였다. 이를 선택한 이유는 지동 시간이 방호 장치의 성능을 결정하는 중요한 지표 가운데 하나이고, 현재 국내외 규정상 외국 제품과 국내 제품의 상대적인 정량적 비교가 용이하다는 점이다.

효과적인 시험과 성능 비교를 수행하기 위하여, 안전 방호 장치의 차광 상태 검출부터 정지 신호를 발하는 현재의 지동 시간 대신에

수광부 영역에 물체가 투입된 후부터 전단기의 전원이 완전 차단 될 때 까지로 다시 정의하였다.(5-1절 참조)

이러한 시험을 위하여 시험 장치를 제작하고, 이를 이용하여 국내외의 제품의 지동 시간을 비교하였다.

5-1. 국내 규정과 선진국 제도와의 비교

광전자식 국내 성능 검정 규격과 유럽, 미국 성능 검정 규격의 가장 큰 차이점 중에 하나는 다음과 같다.

국내 검정 규격은 각 시험에 대하여 한 가지 기준 즉, 시험 후에 합격, 불합격의 판정을 평가하는 최소 단위의 기준으로 명시되어 있다. 이에 비하여 유럽이나 미국의 경우에는 제품의 성능과 기능에 따라 각 시험 기준을 여러 단계로 책정하여 제품의 안전 기준 등급을 다원화하고 있고, 유럽의 경우에는 지속적으로 이를 보완해 나가고 있다. 이러한 제도적인 차이를 가지는 선진국은 여러 단계의 가격과 여러 가지 기능을 갖는 방호 장치가 개발 및 생산될 수 있다는 장점을 가진다.

그에 대한 한 예로 유럽 방호 장치 규정 prEN50100-1에서는 기본적인 방호 기능 이외에도 방호 장치에 추가될 수 있는 여러 가지 기능에 대하여 다양하게 기술하고 있다. 여기에서는 이상(Fault)이 생겼을 경우 안전 부분의 반응, 방호 장치의 확률적(Random)인 이상, 규칙적인(Systematic) 이상(Fault)에 대하여 고려 했는지 여부, 이상 진단(Fault Detection) 성능을 가진 방호 장치가 정확한 기준 범주에

서 선택 되었는지, 방호 장치의 이상 진단 방법등 다양하게 명시 되어 있다.

특히, 반사판을 사용하는 반사식 방호 장치의 경우, 유럽 안전 규정 EN50100-1의 반사식 방호 장치 시험 방법(5.3)에서는 투광부 및 수광부가 독립인 방호 장치보다 더욱 높은 성능을 갖도록 규정한다.

이는 반사식 방호 장치가 투광부 및 수광부가 독립된 방호 장치에 비해 보다 엄격하게 규정을 만족하도록 하여, 결과적으로 투광부 및 수광부 독립의 방호 장치 형태를 갖도록 유도하게 되었다.

예를 들어 반사식 방호 장치 성능 구비 요건의 경우, 반사판과 투·수광부의 거리 변화, 반사판의 반사각 변화, 반사판의 위치 변화 등에 대하여 방호 장치가 이러한 환경 변화에 대한 감지 신호를 외부로 내보내도록 규정하는 것이다.

반면, 국내 개발 업체들은 선진국에 비하여 영세하고, 최소의 비용으로 한가지 기준만을 만족시킴으로써 합격 판정을 위한 최소의 기능을 갖춘 제품을 개발하게 된다.

본 연구에서는 국내외 제품의 기능과 점정 규정이 크게 다른 상황에서 정량적으로 비교하기 위한 방법으로 지동 시간을 택하였다. 다음 절에서는 지동 시간에 대한 국내외 규정을 구체적으로 제시하고, 이에 대한 문제점등을 고찰하였다.

또한, 정량적 비교의 일환으로 지동 시간에 대한 시험 방법과 결과에 대하여 후속되는 절에서 설명한다.

5-2. 지동시간 정의

5-2-1 지동 시간의 규정상 정의

본 절에서는 국내에서의 지동 시간 개념과 국외에서의 지동 시간 개념을 비교하였다. 국내와 외국의 지동 시간 정의 비교는 지동 시간의 개념이 안전 방호 장치의 규정과 밀접한 연관을 가지므로, 상대적으로 성능이 미달되는 국산 제품의 성능 개선과 국내 규정의 개선점을 도출시킬 수 있게 된다.

외국에서 정의하는 지동시간은 국내의 지동 시간 정의와는 적용 범위와 성능에 따라서 많은 차이를 보인다.

대표적인 경우로 본 연구에서는 미국에서 정의하는 지동 시간을 중심으로 고려하였다.

(1) 외국에서의 지동 시간 정의

미국에서 정의하는 지동 시간은 절대적인 수치로 제시되는 기계, 전기적인 반응 정지 시간을 의미하지 않는다. 일반적으로 산업 현장에서 안전 방호 장치 설정시 요구되는 기계적인 설정에는 두 가지 요인(Separation Distance, Hard Guarding)이 고려되는데, 이때의 두 요인 중의 하나인 안전 거리(Separation Distance)는 방호 장치의 지동 시간에 의하여 결정된다.

• 안전 거리 (Separation Distance)

안전 거리(Separation Distance)는 프레스의 위험 지점과 방호 장치의 투·수광부가 이루는 면 사이의 최소거리를 의미한다. 여기서, 투·수광부의 면은 미국 제품의 경우 투광부와 수광부가 두 개의 다른 모듈로 구성되어 있어서, 이때의 투광부와 수광부 사이의 거리와 높이로 얻어지는 면을 의미한다. 실제 안전 거리(Separation Distance)는 여러 가지 요인들이 고려되어 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$D_s = Kx(T_s + T_r) + D_{bf}$$

D_s : 안전 거리(Separation Distance)

K : 1초에 63 inches를 통과하는 운전자 손의 속도 상수

T_s : 방호 장치로부터 정지신호를 받아서 프레스 기계가 완전히 멈추는 시간

T_r : 방호 장치의 반응 시간 (지동 시간)

0.048sec이하 - 투·수광부가 이루는 면적의 높이가 4.5에서 16 inches가 될 경우

0.060sec이하 - 투·수광부가 이루는 면적의 높이가 20에서 32 inches가 될 경우

0.072sec이하 - 투·수광부가 이루는 면적의 높이가 36에서 48 inches가 될 경우

D_s : 미국 OHSA에서 정의하는 depth penetration factor에 의

한 추가 거리

1.6 inches with floating blanking off

5 inches with floating blanking on

이와같이 미국에서의 지동 시간 규정은 사용 프레스 기계의 종류와 안전 방호 장치의 투광부와 수광부가 이루는 면적의 높이에 따라 48 msec, 60 msec, 72 msec로 나뉜다.

또한 유럽의 경우에는 지동 시간에 대하여 제한이 없고 단지 안전 거리를 계산하기 위한 인자로써 측정 및 표시하도록 하고 있다.

(2) 국내에서의 지동 시간 정의

우리 나라의 “프레스 및 전단기 방호장치 성능 점정 규정” 제 7 조에서 지동시간은 “차광상태를 검출하여 프레스 기계의 슬라이드에 정지신호를 발할 때까지의 전기적 동작신호가 30 msec 이하이어야 한다.”로 정의되어 있다.

국내 규정에서의 지동 시간은 프레스 기계의 용도와 종류 및 운전자의 작업 내용과는 무관하게 설정되어 절대적인 수치로 제공된 값이므로, 실제 작업 환경에 적용하기에는 무리가 따른다.

이는 곧 앞에서 안전 거리에 의해 결정되는 미국 지동 시간 규정에서도 알 수 있듯이, 국내의 지동 시간 정의와 개념도 선진국의 지동 시간 규정처럼 작업 내용과 환경 및 프레스 기계에 따라서 차별

적인 규정을 만들어야 한다. 또한 국내 제품이 선진국 시장에 진출하기 위한 기본 요건으로서도 선진국의 안전 방호 장치의 규정에 맞도록 국내 규정을 개선하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 기본적으로 안전 장치의 성능 측정 실험을 위하여 국내외 제품을 기준으로 국내 규정에 근거하여 실험을 수행하였다.

5-2-2 성능 비교 실험 개요

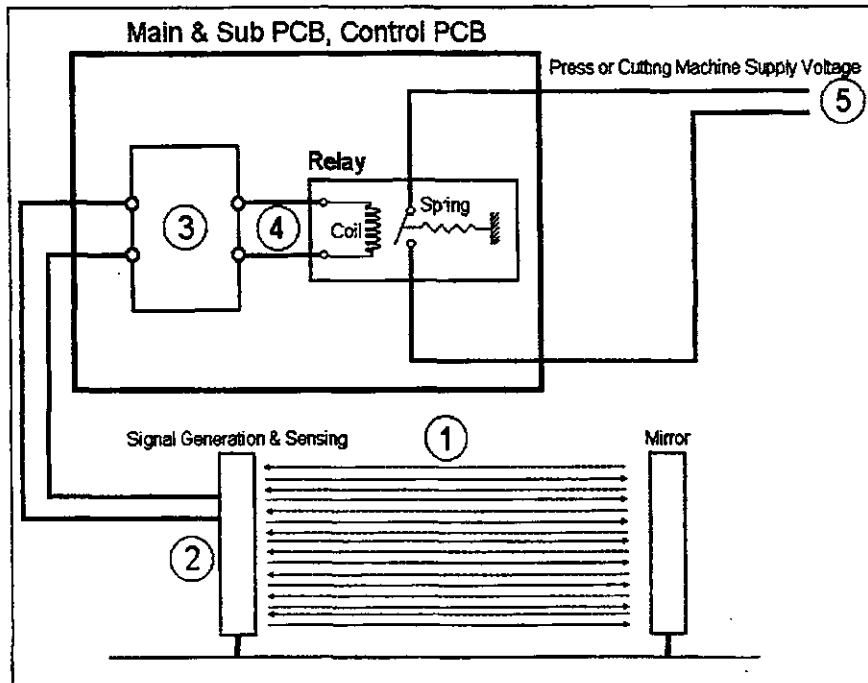


그림 5-1. 안전장치 구성도

프레스 및 전단기 안전장치의 일반적 구성은 그림 5-1.과와 같다
그림 5-1.에서 각 측정부분의 정의는 다음과 같다.

- ① : 차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점
- ② : 거울에 반사된 신호를 감지하는 포토 트랜지스터 센서 베이스
전원의 변화 시점
- ③ : 해당 수광부의 차단을 나타내는 LED의 차단 시점
- ④ : 릴레이 구동 신호의 차단 시점
- ⑤ : 프레스 혹은 전단기 공급 전원 차단 시점

그림 5-1.를 시간 축에 대한 그림으로 나타내면 다음 그림 5-2.과 같다.

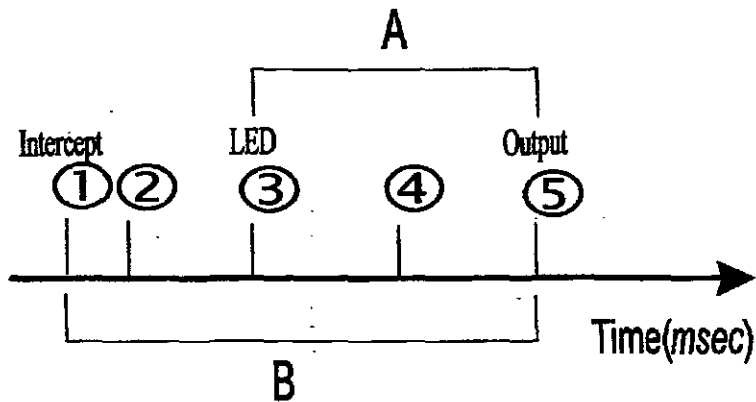


그림 5-2. 시간 축에 대한 지동 시간 측정 관계

현재 “프레스 및 전단기 방호장치 성능 검정 규정”에 의거한 지동시간 측정 방법은 Main PCB에서 ①부분의 신호가 차단되었는지 여부를 나타내는 LED 즉, ③에서 프레스 혹은 전단기의 공급전원의 출력부인 ⑤까지를 측정하여 평가되고 있다.(그림 5-2.에서 A 시간 간격)

이러한 측정이 이루어졌을 때 실제 신호 차단 물체가 ①에 투입된 시간에서부터 ③까지 회로상의 지연시간이 제외되어 방호 장치의 지연시간이 과소 평가된다.

② - ③ 사이의 시간을 평가하여야 하는 이유는 투·수광부와 반사판 사이 광축의 오차범위를 크게 하기 위해 ③의 회로 상에 조작을 가했을 때 ② - ③ 부분의 지연시간은 제품별로 큰 차이를 나타낼 수 있기 때문이다.

이는 5-3 절, 성능 비교 실험에서 자세하게 설명한다.

5-2-3 지동 시간의 새로운 정의

안전장치에서 전체 지연시간을 구성하는 주요 요소는 다음 두 가지로 고려 할 수 있다.

(1) 그림 5-2.에서 ② - ③까지의 회로부 신호 처리 지연 시간

(2) 릴레이에서 코일과 스프링에 의한 지연 시간

②의 수광부 신호의 변화에서부터 시간을 측정하는 것은 수광 트랜지스터 센서 베이스 전압이 수광부가 얼마나 가려졌느냐에 따라서 주기성을 갖는 신호의 최대 전압이 조금씩 감소하므로 어느 수준의 최대 전압일 때 안전장치가 작동하느냐 하는 것이 정의되지 않는다.

결국, 회로상의 지연시간을 감안하려면 ①부터 신호를 측정하여야 한다. 그러나, 여기서도 앞서서와 똑같이 기준이 정의되지 않는 문제점이 발생한다. 이 문제를 해결하기 위해서는 실제 수광부의 최대 지름은 수 센티미터에 불과하므로 빠른 속도로 물체를 투입시키면 수광부 영역 시작 부분에서 끝부분까지의 이동시간은 지동 시간에 비해 무시할 수 있게 된다.

본 연구에서 새롭게 정의한 지동시간은 다음과 같다.

“안전장치의 지동시간은 수광부 영역에 물체를 일정속도 이상으로 투입했을 때의 시간에서부터 프레스 혹은 전단기의 공급전원이

완전히 차단될 때까지의 시간 간격을 말한다. - 그림 5-2.에서 B의 시간 간격”

정의에서 “일정속도”의 실제 값은 수광부의 지름이나 인간 공학적 데이터 등에 따라 결정되어야 할 값이다.

5-3. 성능 비교 실험

5-3-1 실험 장치 및 기본 개념

지동 시간 측정시 그림 5-1., 2.에서 ①부분의 “차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점”을 측정하기 위해 다음과 같이 투·수광부 신호 영역에 광 스위치(포토 인터럽터) 설치한다. 즉, “차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점”은 곧 포토 인터럽터가 차단 되는 시점과 일치한다.

그림 5-3.에서와 같이 2개의 광 스위치 A, B를 수광 영역의 가로 방향으로 설치 후 물체를 투입하게 되면 투입 시작 순간이 광 스위치 A에 의해 기록되고 끝부분 도달 순간이 광 스위치 B에 의해 기록된다. 감지 영역의 폭은 미리 알고 있는 양이므로 두 시간의 차이로 거리를 나누면 투입 물체의 속도를 알 수 있다.

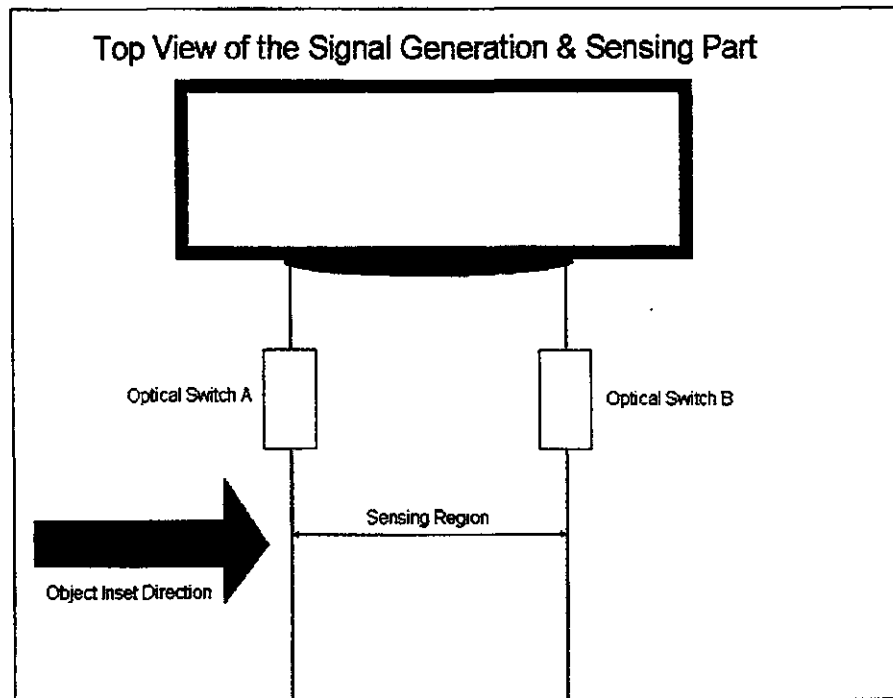


그림 5-3. 차광 시간 측정을 위한 구성도

또한, 일정 수준의 속도 이상을 유지하게 되면 전체 지동시간에 몇 %의 영향을 주게 되는지 알 수 있게 된다. 마찬가지로 투입 속도를 빠르게 할 수록 지동시간의 최대값과 최소값 사이의 오차를 줄일 수 있음을 알 수 있다.

5-3-2 실험 장치 지지대

실험장치 고정 및 비교 실험의 편의성을 위해서는 합리적인 실험 장치의 지지대 설계가 요구된다. 또한 정확한 실험 측정값, 외국 안전 방호 장치와 국산 안전 방호 장치의 동일한 비교실험 환경을 제

공하기 위해서도 지지대 설계가 요구된다. 따라서, 본 실험에서는 프레스 안전 방호 장치의 지동 시간을 측정을 위하여 그림 5-4, 5, 6과 같이 지지대를 설계하였다. 지지대는 가공의 용이함과 견고한 기능을 갖도록 두께 15mm의 플라스틱 재질을 사용하였다.

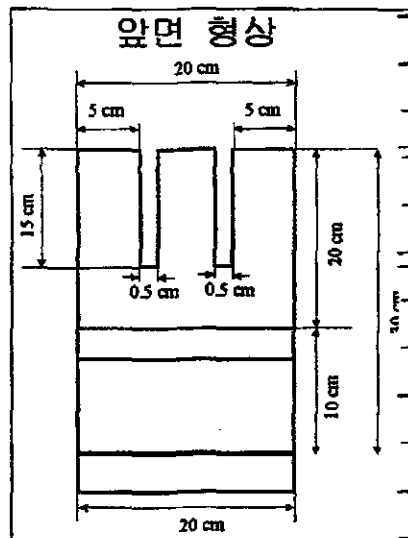


그림 5-4. 지지대 앞면형상

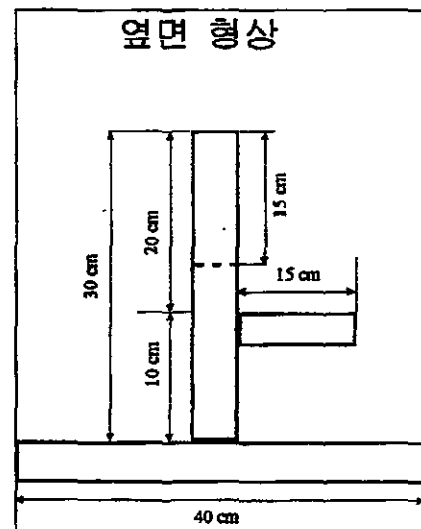


그림 5-5. 지지대 옆면형상

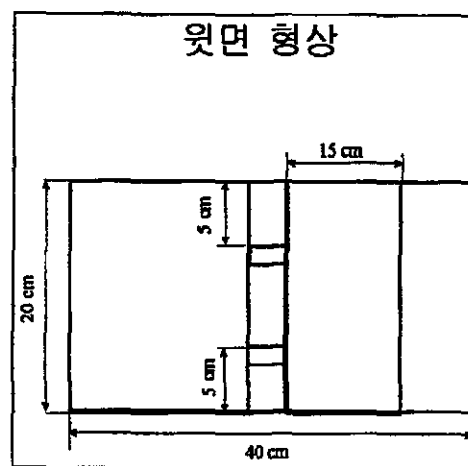


그림 5-6. 지지대 윗면형상

그림 5-7.는 지지대의 3면도와 입체 면도를 표시한 것이다

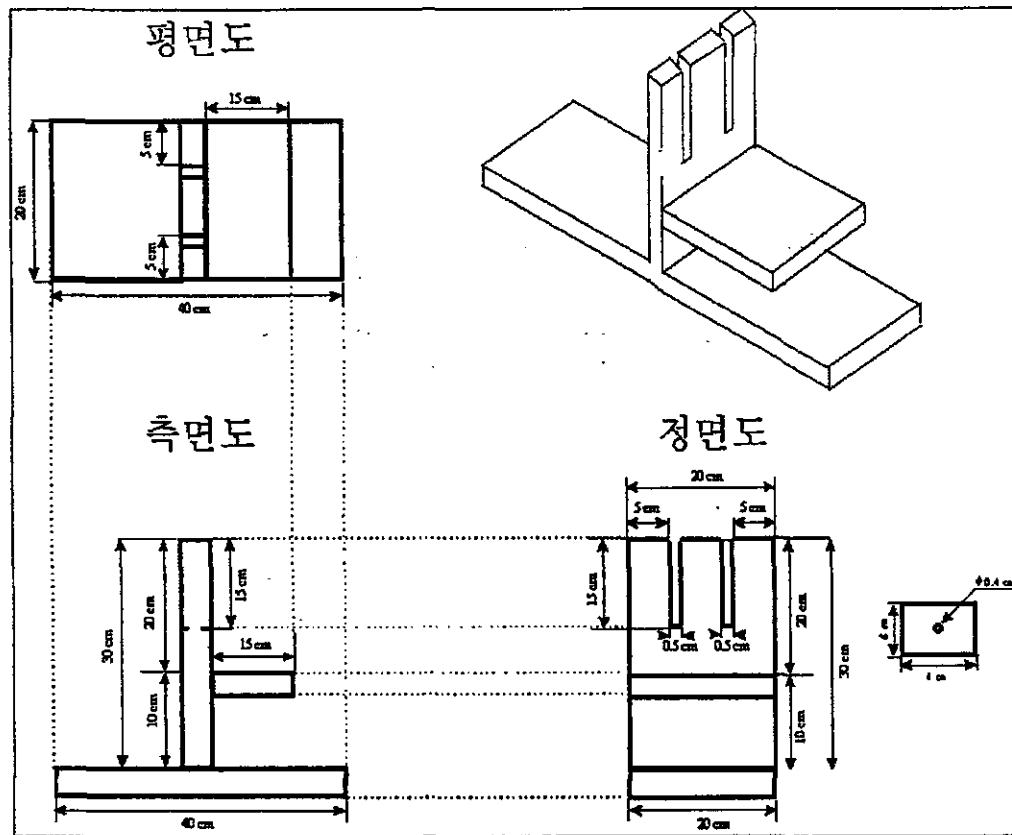


그림 5-7. 지지대 3면도

5-3-3 포토 인터럽터

프레스 안전장치의 정확한 지동시간 측정의 일환으로 차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점을 정확하게 계산하기 위하여 포토 인터럽트를 사용하였다. 본 연구에서 현재 구입한 포토 인터럽터(모델명 SG-23FF)의 성능표를 기준으로 직접 실험을 통한 인터럽터의 성능 분석을 수행하였다.

포토 인터럽터는 일반적으로 빠른 응답특성이 요구되는 시스템에서 많이 사용되며, 다음 그림 5-8.과 같이 투광 다이오드의 빛을 감지하여 수광 트랜지스터로부터 전압 출력을 내보낸다.

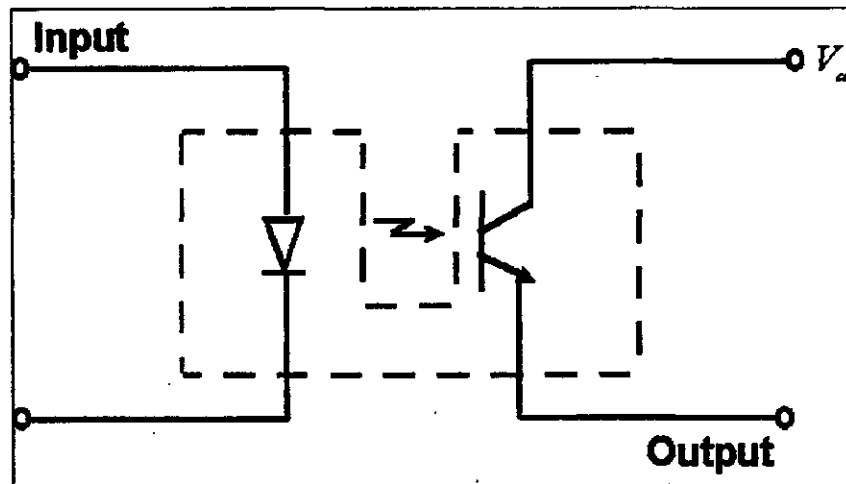


그림 5-8. 포토 인터럽터

포토 인터럽터(모델명 SG-23FF)의 외형은 그림 5-9.와 같다.

포토 인터럽터(모델명 SG-23FF)은 그림 5-9.에서와 같이 수광 트랜지스터와 투광 다이오드의 틈새가 0.5mm이고, 빠른 응답 특성을 가지며, 외부기에 장착하기 쉽고, 넓은 범위에 걸쳐서 사용된다.

실험에서 사용될 포토 인터럽트의 성능 요구 조건은 차단물이 렌즈를 차단하기 시작하는 시점에서 포토 인터럽트가 이것을 입력으로 하여 차단이 일어남을 알리는 출력 신호 발생까지 소요되는 시간이 측정되는 지동 시간보다 충분히 작아야 한다는 것이다.

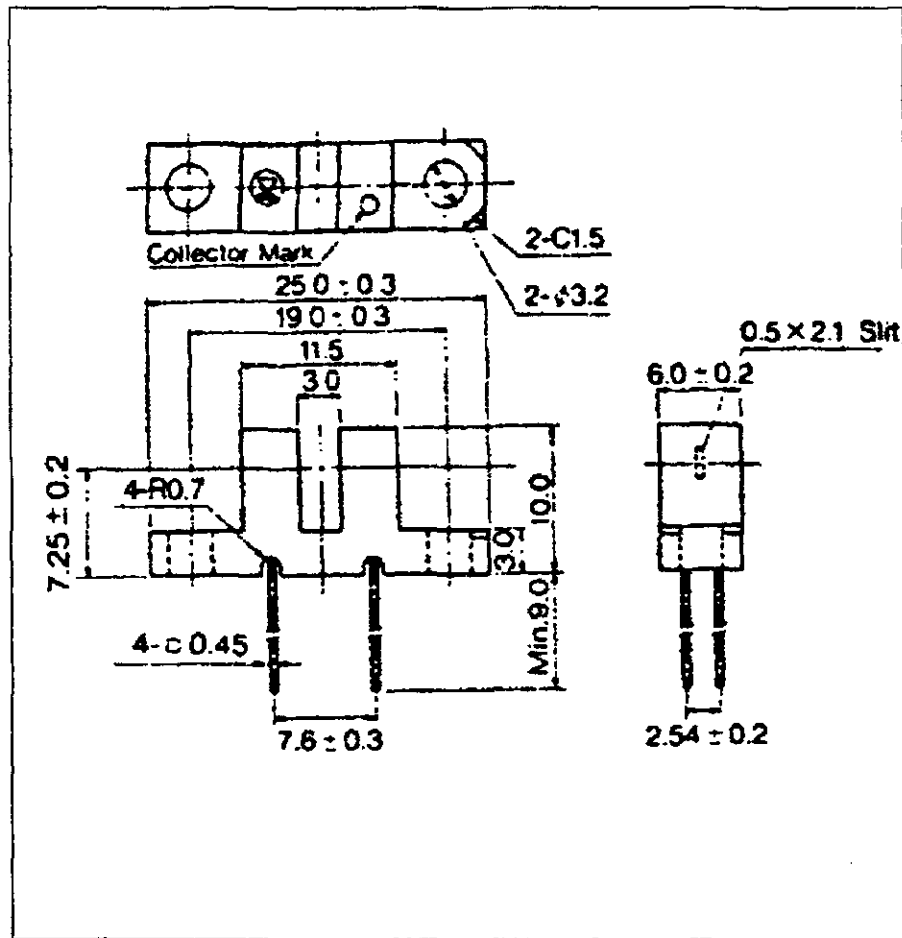


그림 5-9. 포토 인터럽터의 외형

이를 바탕으로 선택한 포토 인터럽터(모델명 SG-23FF)의 성능 사양을 표로 정리하면 다음 표 5-1.과 같다.

표 5-1.에서 보면, 포토 인터럽터의 상승시간과 하강시간이 $5 \mu\text{sec}$ 로서 일반적인 안전 장치의 지동 시간이 수 msec인 점을 감안한다면 이에 의한 지동 시간 오차는 무시 할 수 있다는 것을 예측할 수 있다.

표 5-1. 포토 인터럽터의 전기적 광학적 특성

Photointerrupter Electrical and Optical Characteristics							
입력	Forward Voltage	V_F	$I_F=30\text{mA}$		1.2	1.5	V
	Reverse Voltage	I_R	$V_R=5\text{V}$			10	V
	Capacitance	C_i	$V=0$		25		
	Peak Wavelength	λ_p					
출력	Collector dark current	I_{CEO}	$V_{CE}=10\text{V}$		940	0.1	mA
	Light current	I_L	$V_{CE}=5\text{V}$	0.3			mA
	C-E saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F=30\text{mA}$			0.4	V
Switch Speed	Rise Time	t_r	$V_{CC}=5\text{V}$		5		μsec
	Fall Time	t_f	$I_F=2\text{mA}$		5		μsec

그림 5-10.은 포토 인터럽터의 성능 지표를 나타낸 것으로 주기적인 입력 Pulse에 대한 포토 인터럽터의 정의된 상승시간과 하강시간을 나타낸 것이다.

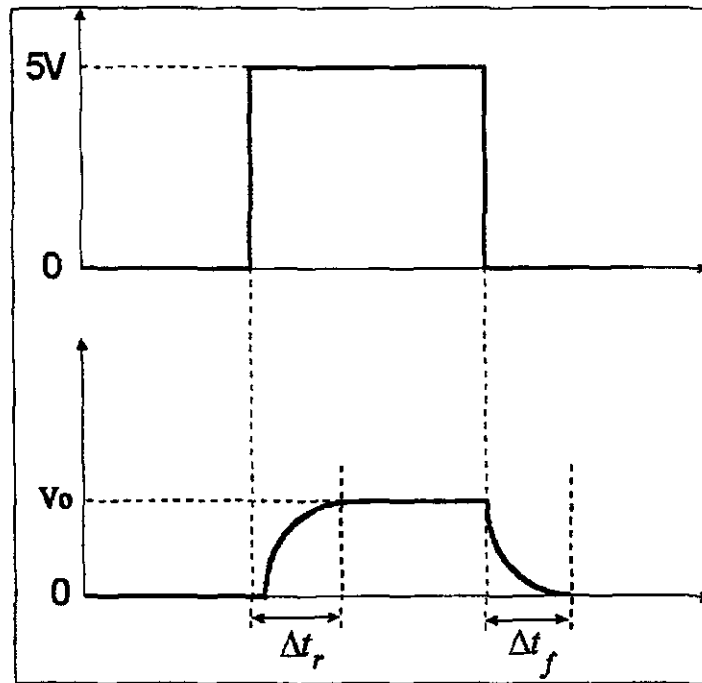


그림 5-10. 포토 인터럽터 성능 지표

실험에 사용된 포토 인터럽터 SG-23FF의 성능을 알아보기 위하여 다음 그림 5-11.과 같은 실험 모듈을 구성하였다.

그림 5-11.와 같이 일정한 펄스를 입력으로 하는 조건하에서 오실로 스코프를 이용한 포토 인터럽트의 상승시간과 하강시간을 측정하였다.

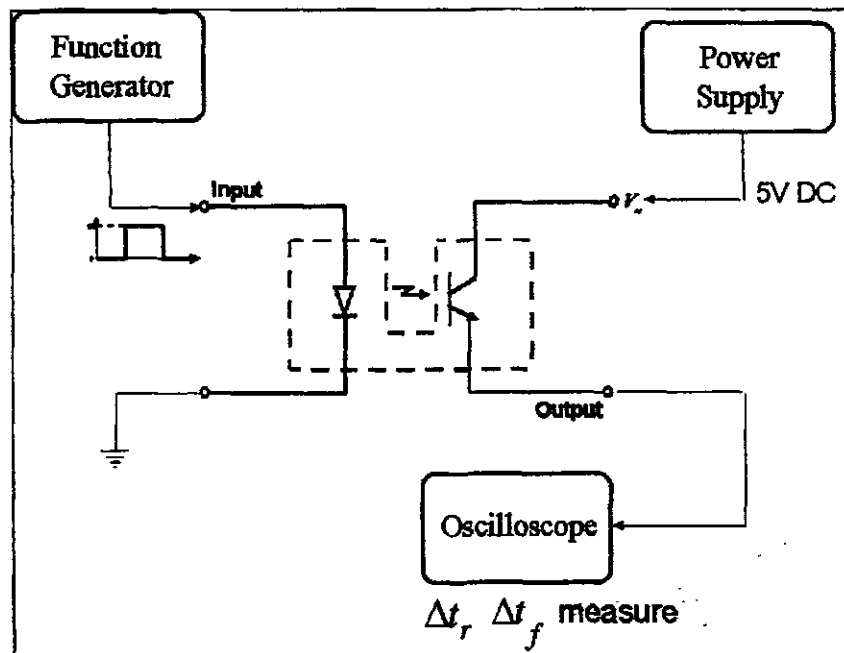


그림 5-11. 포토 인터럽터 성능 실험 구성도

실험 구성을 개략적으로 나타내는 그림 5-11.에서 살펴보면 먼저 함수 발생기로부터 일정한 주기를 받는 사각펄스를 생성하여서 포토 인터럽터의 입력 부분에 넣어주고 5V 전원을 V_{cc} 단자에 연결한 뒤 포토 인터럽트의 출력을 측정하였다. 포토 인터럽트 측정 실험 결과 사각 펄스 파형에 대하여 출력은 그림 5-10.와 같은 형태를 띄었으며, 결과는 표 5-2.와 같다.

표 5-2. 포토 인터럽터 성능 실험 측정 결과

측정변수	측정값	단위
입력 전압	5	V
입력 형태	사각 펄스	.
출력 전압	1	V
상승 시간	2.6	μs
하강 시간	3.4 ~ 3.5	μs

표 5-2. 결과에서 측정값의 상승 시간과 하강 시간을 고려하면 프레스 안전 방호 장치의 지동 시간 측정의 일환으로 제시된 포토 인터럽터의 성능은 지동 시간에 비해 충분히 작음을 확인하였다.

5-3-4. 포토 인터럽터 위치 설정

본 실험은 렌즈의 순차적인 차단을 이용한 릴레이 구동이 되는 순간에 수광 트랜지스터 베이스의 신호특성을 측정하여 차단 물체가 신호 영역에 투입되는 위치를 구하는 것이다. 차단 물체가 신호 영역에 투입된 위치를 알 경우 차단 물체의 투입 시점을 알 수 있게 된다.

또한, 이 위치에 포토 인터럽트를 설치하면 투입물에 지동 시간 측정 오차는 더욱 줄어들 것이다.

수광 트랜지스터 베이스의 출력 신호변화를 대상 제품 일본 K사

제품과 국산 S사 제품에 대하여 비교 실험하였다.

실제로 렌즈의 차단 정도에 따라 베이스에 측정되는 신호는 많은 차이를 보이고(신호의 크기(Magnitude)에 대하여), 일정한 차단율을 초과할 경우 수광부 신호의 어떤 한계에서 안전 장치는 릴레이를 구동하게 된다.

(가) 실험 내용

(1) 외국산 제품 실험

그림 5-12.과 같이 2mm부터 3mm간격으로 10mm 까지 렌즈의 순차적인 차단을 통하여 포토 트랜지스터의 베이스 신호를 측정한다.

렌즈의 차단 효과에 의한 원인으로 신호변화(교류 전압 변화)를 통해 릴레이가 구동되므로 본 실험에서는 단순히 교류 전압만을 측정하였다. 따라서, 모든 전압표시는 교류 전압으로 나타낸다

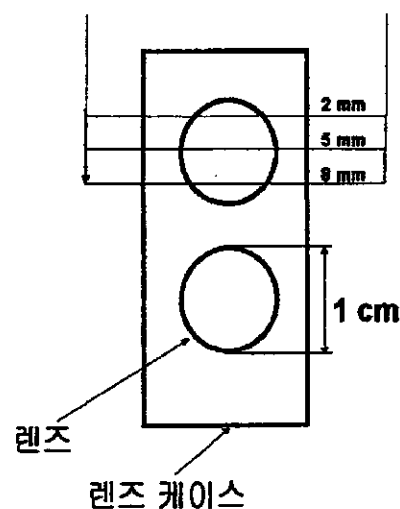


그림 5-12. 일본 K사 안전 장치 렌즈 차단 과정

다음 표 5-3.과 같이 실험 데이터로부터 일본 제품은 렌즈 직경의 90%이상이 차단되었을 경우에만 릴레이가 구동됨을 알 수 있다. 또한 이때 수광부 트랜지스터 베이스의 신호는 완전히 0V를 유지한다.

표 5-3. 렌즈 차단 크기에 따른 수광부 베이스 신호 물리값 비교

	렌즈차단이 없는 상태	2mm 차단	5mm 차단	8mm 차단	10mm 차단
Maximum Voltage	2V	1.2V	1V	0.4V	0V
Minimum Voltage	0V	0V	0V	0V	0V
Period	1.95msec	1.95msec	1.95msec	1.95msec	1.95msec

(2) 국산 제품 실험

수광 트랜지스터 베이스 신호를 그림 5-13.과 같이 렌즈를 2mm 부터 2mm 간격으로 10mm 까지 차단하여 측정하였다. 국산 제품 역시 교류 전압을 측정하였으며, 렌즈의 직경은 14mm이다.

그러나, 국산 제품은 일본 제품과는 달리 정상 상태(렌즈 차단이 없는 상태)에서조차 수광부의 광량이 일정치 않아 수광 트랜지스터 베이스에서 출력되는 신호가 반사판의 거리와 렌즈 및 반사판의 방향에 따라 변화폭(전압)이 매우 컸다.

따라서, 본 실험에서는 가능한 반사판과 렌즈가 수직이 되도록 설

정한 뒤 이때의 출력 신호가 베이스 신호의 가장 명확한 상태로 고정하여 실험을 수행하였다.

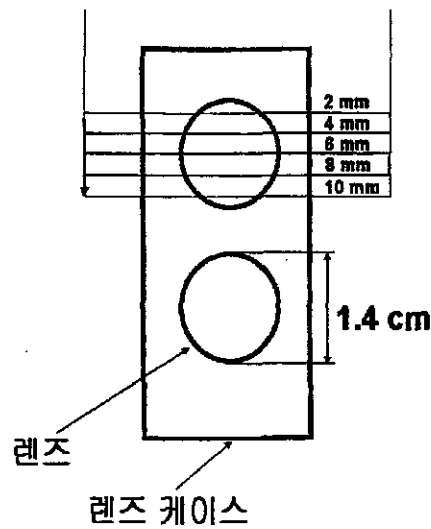


그림 5-13. 국산 제품의 렌즈 차단 과정

실험 데이터로부터 렌즈의 차단이 10mm를 넘을 경우(차단을 70%이상)에서 릴레이가 구동됨을 알 수 있다.

표 5-4. 렌즈 차단 크기에 따른 수광부 베이스 신호 물리값 비교

	렌즈차단이 없는 상태	2mm 차단	5mm 차단	6mm 차단	8mm 차단	10mm 차단
Maximum Voltage	0.3V	0.18V	0.18V	0.14V	0.1V	0.03V
Minimum Voltage	-0.12V	-0.1V	-0.08V	-0.04V	-0.02V	0V
Period	*	*	*	*	*	*

(나) 실험 결과 분석

실험 결과 일본 제품은 렌즈 차단이 모두 일어났을 경우(즉, 차단 물이 렌즈를 모두 가렸을 경우)에 릴레이 구동이 일어나고, 국산 제품(S사 제품)은 렌즈차단이 70%가 이루어졌을 경우 (렌즈 직경 14mm중 10mm 차단되었을 경우)에 릴레이 구동이 이루어진다. 위의 실험 결과로부터 성능 비교 실험의 전 단계로서 렌즈에서의 포토 인터럽터 위치 설정 및 국산 제품과 일본 제품의 렌즈 차단 시점을 측정 할 수 있다.

또한 그림 5-14.와 5-15.에서 정상상태(렌즈의 차단이 없는 상태)에서 수광 트랜지스터 베이스의 신호를 고려해 볼 때 상대적으로 일본 제품에 비해 국산 제품이 적은 전압을 출력하고 있고, 렌즈의 차단이 진행될수록 감소되는 전압폭 즉, 전압 감소율이 매우 작음을 알 수 있다.

이러한 신호 출력 전압 변화의 상대적인 미소함은 결국 일본 제품에 비해 민감성(차단 상태를 감지하는 능력 - 연속차광의 문제)의 저해를 가져오고, 정확한 지동시간의 측정을 저해하는 요인이 된다. 또한 미약한 출력신호의 과도한 증폭을 위한 회로의 구성은 지동시간의 증가를 가져오는 원인이다.

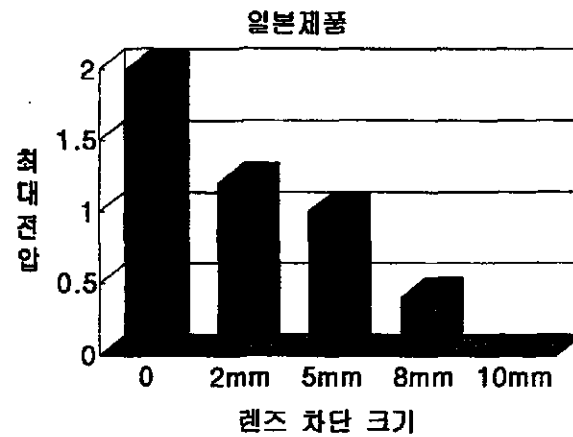


그림 5-14. 일본 제품 렌즈 차단에 따른 최대 전압 비교

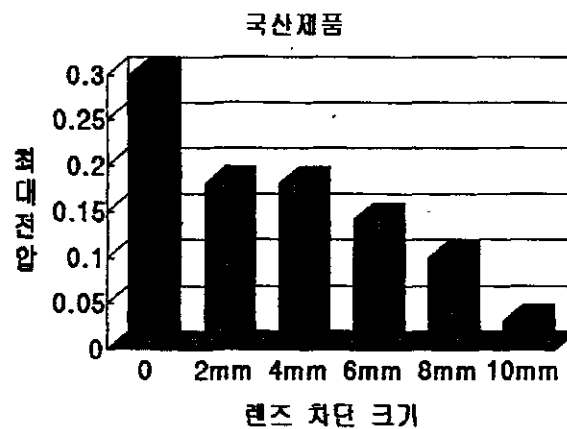


그림 5-15. 국산 제품 렌즈 차단에 따른 최대 전압 비교

정확한 지동시간의 측정이 어렵게 되면, 결국 지동시간이 안전 방호 장치 검정 규격보다 클 경우 원인 분석 및 개선이 쉽지 않다.

렌즈의 성능에 있어서도 차단율을 고려할 경우 차단율 90%에서 릴레이구동이 일어나는 일본 제품과는 달리 국산 제품은 렌즈 차단

을 70%에서 릴레이 구동이 이루어진다. 이는 곧, 수광부 수광 트랜지스터가 동일한 수광능력을 보유하고 있을 경우 일본 제품의 렌즈가 국산 제품에 비해 성능이 우수함을 알 수 있다. 따라서, 위의 실험으로부터 국산품의 상대적인 문제점을 정리하면 다음과 같다.

- 수광 트랜지스터의 출력 신호 미약
- 렌즈의 상대적인 성능 미달

5-3-5 지동 시간 측정 장치

지동 시간 측정을 위해 최종적으로 구성된 장치는 그림 5-16.와 같다. 그림 5-16.에서 우측에 위치한 것이 투광부 및 수광부가 있는 감지부이며, 왼쪽에 위치한 것이 반사판이다. 중앙에 위치한 것은 안전 장치의 제어 부분(Control Box)이다.

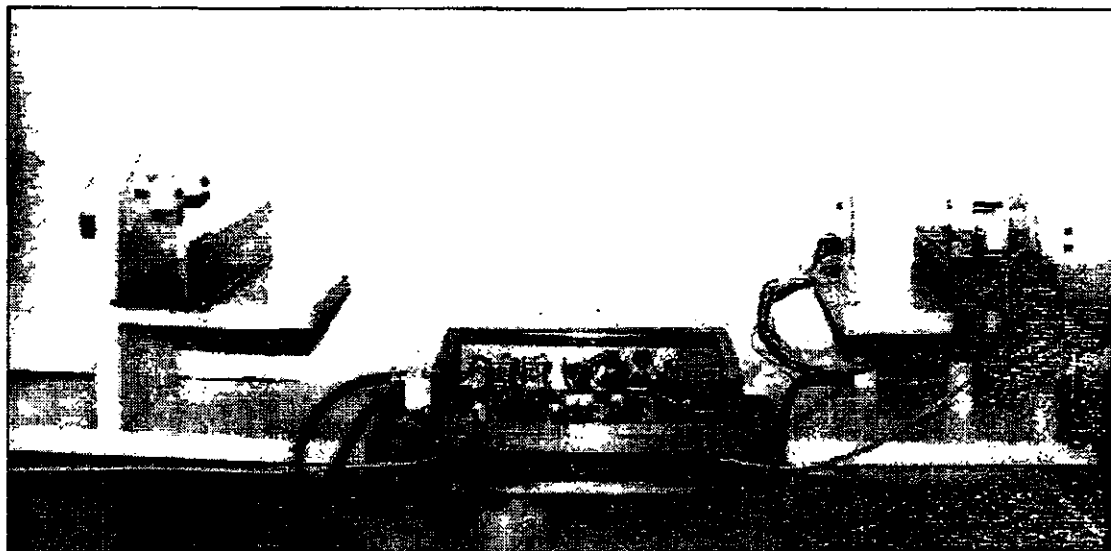


그림 5-16. 지동 시간 측정 장치

우측 지지대 앞부분에 위치한 것은 포토 인터럽터와 슬라이드
 즉, 차단물과 차단물의 수직 낙하를 유지해 주는 유도 장치이다.

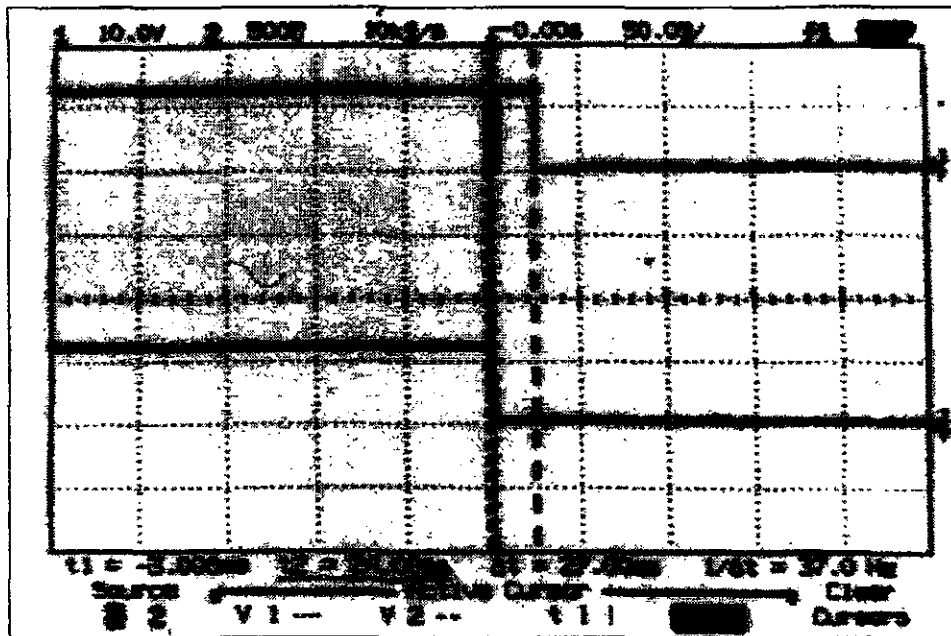


그림 5-17. ①④간의 회로 지연 시간 측정 신호

오실로스코프를 이용하여 그림 5-1., 2.에서 ①④간의 회로 지연
 시간 측정 신호를 관찰하면 그림 5-17.와 같다. 그림 5-17.에서 아랫
 부분의 신호가 하강하는 부분이 포토 인터럽터에 차단물이 낙하했을
 때의 신호이며, 윗부분의 신호가 하강하는 부분이 릴레이 구동 전원
 이 작동하는 시점이다.

두 신호 사이의 시간 간격을 측정함으로써 릴레이가 제외된 그림
 5-1., 2.에서의 ①④간의 시간 즉, 순수 회로 지연 시간을 알 수 있다

그림 5-17.의 측정 예를 보면 Δt 가 27.00msec임을 알 수 있다.

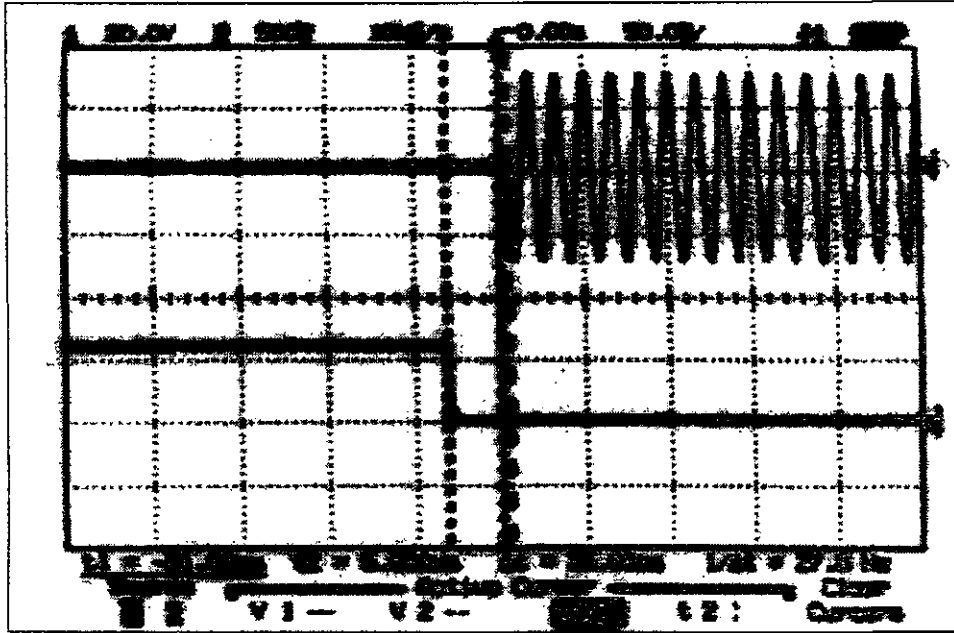


그림 5-18. ①⑤간의 지동 시간 측정 신호

그림 5-1., 2.에서 ①⑤간의 지동 시간 측정 신호를 관찰하면 그림 5-18.과 같다. 그림 5-18.에서 아랫부분의 신호가 하강하는 부분이 그림 5-17.와 마찬가지로 포토 인터럽터에 차단물이 낙하했을 때의 신호이며, 윗부분의 신호가 구형파로 바뀌는 부분이 릴레이가 작동하여 점점이 단락된 시점이다.

두 신호 사이의 시간 간격을 측정함으로써 릴레이가 제외된 ①⑤간의 지동 시간 즉, 안전 장치의 전체 지동 시간을 알 수 있다.

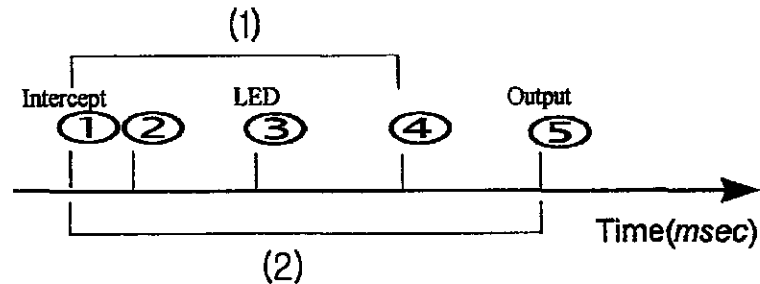
그림 5-18.의 측정 예를 보면 Δt 가 36.00msec임을 알 수 있다.

그림 5-16.와 같이 구성된 실험 장치에 대하여 성능 비교 실험을 수행하는 전 단계로 구성된 실험 장치가 신뢰성이 있는지 판단할 필요가 있다.

실제로 그림 5-16.에서 구성된 실험 장치에서는 차단물의 속도가 자유 낙하에 의해 결정 되는데, 이때의 자유 낙하 속도가 5-2-3 절에서 정의한 “일정 속도”를 만들지 못할 경우 또는 차단물의 신호 영역에 투입 시점을 알기 위한 포토 인터 랩터 위치가 오차를 가질 경우 그림 5-16.의 실험 장치를 사용하여 측정한 지동 시간은 고유의 지동 시간에서 벗어난 값을 갖게된다.

결국, 본 연구에서 구성한 실험 장치는 방호 장치 제품 자체에 대한 절대적 지동 시간 평가는 미흡하나, 모든 방호 장치에 대하여 동일한 실험 환경을 제공한 상태에서 실험을 수행한다면 방호 장치의 상대적인 지동 시간 비교에는 만족 할만한 결과를 얻을 수 있다.

5-3-6 실험 종류



- ① : 차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점
(포토 인터럽터 차단시점)
- ② : 거울에 반사된 신호를 감지하는 수광부 센서
전원의 변화 시점
- ③ : 해당 수광부의 차단을 나타내는 LED의 차단 시점
- ④ : 릴레이 구동 신호의 차단 시점
- ⑤ : 프레스 혹은 전단기 공급 전원 차단 시점

그림 5-19. 자동 시간 측정 실험 종류

본 연구에서는 실험 방법에 대한 새로운 정의를 토대로 그림 5-19.과 같은 내용의 실험을 수행하였다.

그림 5-19.에서 ①의 “차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점”은 5-3-4절에서 구한 포토 인터럽터 위치 결과를 이용하여 포토 인터럽터 차단시점으로 설정 하였다.

그리고, ①-④의 “회로 지연 시간”은 “차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점(포토 인터럽터가 차단되는 시점)부터 릴레이 구동 신호 차단 시점”으로 정의하였다. 따라서, 회로 지연 시간은 방호 장치를

구성하는 Sub PCB, Main PCB, Control PCB에서 소요되는 시간을 의미한다.

①-⑤의 “지동 시간”은 “차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점 (포토 인터럽터의 차단 시점)부터 프레스 혹은 전단기 공급 전원 차단 시점”으로 실험 내용을 규정하였다.

결과적으로 지동 시간 측정을 위한 실험의 종류는 다음과 같다.

- (1) 그림 5-19.에서 ①④간의 회로 지연 시간 측정
- (2) 그림 5-19.에서 ①⑤간의 지동 시간 측정

그림 5-20.의 (a)가 차단물이 낙하하기 전의 모습이며, (b)가 차단물이 낙하한 후의 모습이다. 여기서, 두 개의 포토 인터럽터 신호를 관찰함으로써 차단물의 평균 낙하 속도를 계산할 수 있다.



(a)

(b)

그림 5-20. 슬라이드 차단 전 (a), 차단 후 (b)

5-4. 성능 비교 실험 결과

본 절에서는 국내 방호 장치 규정 기준을 토대로 국내의 방호 장치 제품에 대한 성능 비교 실험을 수행하였다.

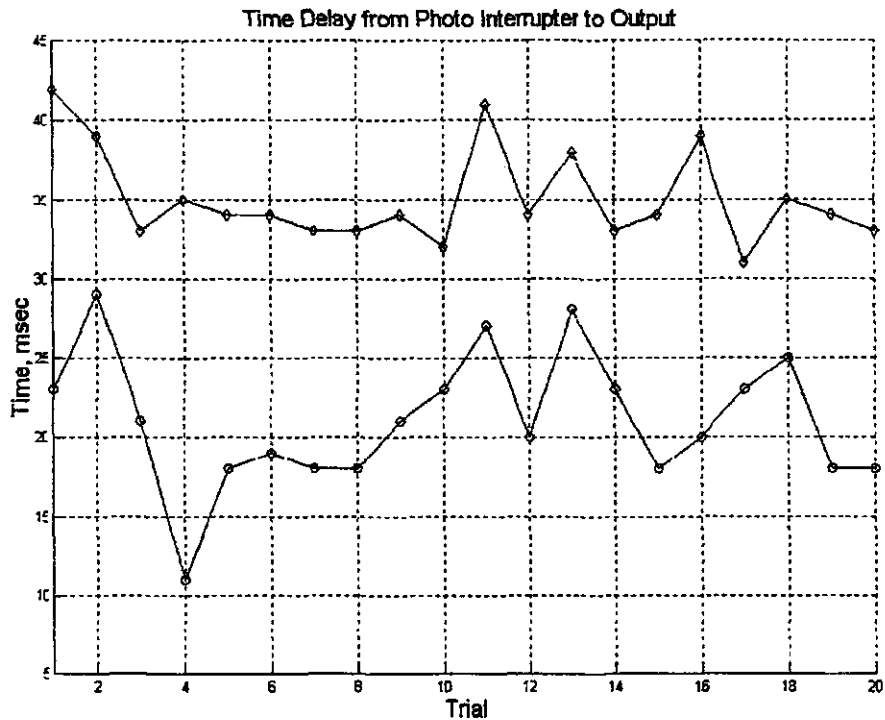
5-2-3 절에서 새롭게 정의한 지동 시간의 측정을 위해서는 정확한 지동 시간의 측정 기준 마련이 필요하다. 지동 시간의 범위는 대략 수십 msec의 단위를 가지므로 약간의 부정확한 실험 요인에 의해 큰 변화를 보인다.

이에 대한 예가 실험 초기에 수행한 차단물의 수동 낙하 방법에 의한 지동 시간 측정 방법이다. 수동 낙하 방법에 의한 결과는 그림

5-21.와 같다.

수동 낙하 방법에 의한 데이터는 그림 5-21.와 같이 국내 S사, 일본 K사 제품에 대해서만 제시하였다. 그림 5-21.에서 나타나듯이 수동 낙하 방법에 의한 결과는 국내 S사의 지동 시간의 경우 34 msec - 42 msec의 비교적 큰 편차를 갖는다. 실험 결과가 편차를 많이 가질 경우 성능 비교 실험의 요건을 만족시켜 주지 못한다.

이러한 방법에 의해 측정된 지동 시간의 지배적인 오차는 포토 인터럽트 사이를 통과하는 차단 속도에 기인한다.



- 국산 방호 장치 S사 지동 시간 ◇
- 일본산 방호 장치 K사 지동 시간 ○

그림 5-21. 수동 낙하 방법을 이용한 지동 시간 측정

따라서, 본 실험에서는 포토 인터럽트 사이클을 통과하는 차단 물체의 차단 속도를 일정하게 유지하도록 차단 물체를 자유 낙하시켜서 프레스 안전 방호 장치의 지동 시간을 측정하였다.

실험에 적용한 릴레이는 모두 4종류이며 모두 국산 제품이다. 릴레이의 종류는 다음과 같다.(그림 5-22.참조)

- A사, S모델
- B사, U모델
- C사, D모델
- D사, K모델

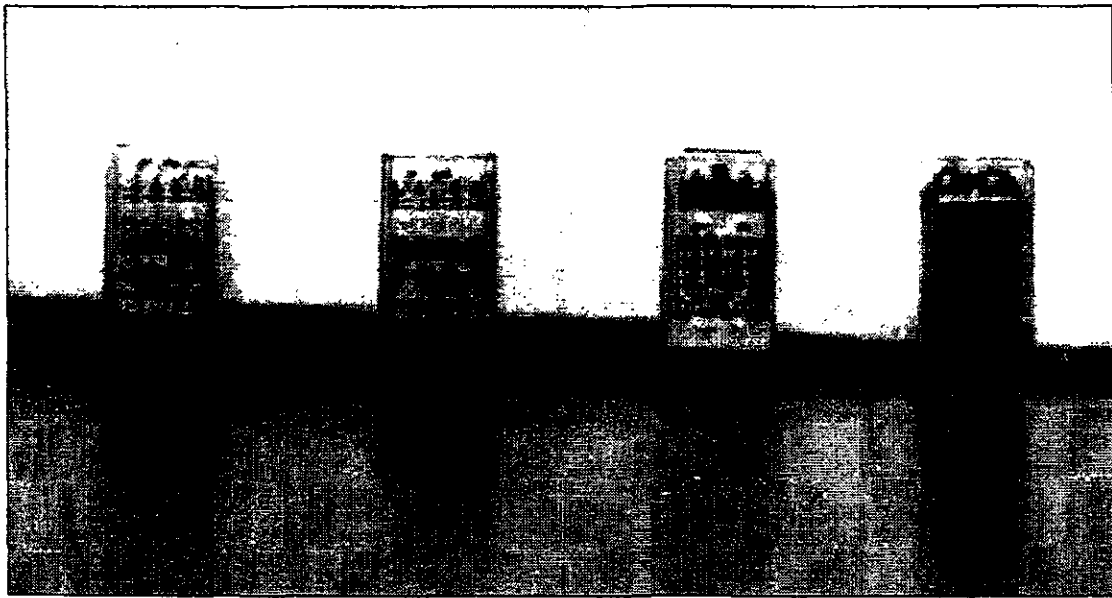


그림 5-22. 국산 릴레이

5-4-1 자유 낙하를 이용한 성능 비교 실험

(1) 실험 방법 및 결과 해석

본 실험에서는 실험 데이터의 비교를 위하여 다음과 같이 분류하였다.

- **국산 프레스 안전 방호 장치 지동 시간 측정**

이 실험에서는 현재 가장 많이 사용되고 있는 국내 S사, I사 및 H사 제품을 사용하였으며, 구동 장치인 릴레이 역시 각 회사에서 사용하는 제품을 사용하였다.

(그림 5-19. ①⑤시간 측정)

- **외국산 프레스 안전 방호 장치 지동 시간 측정**

이 실험에서는 일본 K사에서 제작한 제품을 사용하였으며, 구동 장치 릴레이 역시 K사에서 사용하는 제품을 사용하였다. 또한, 방호 장치의 형식은 틀리지만, 미국 B사 제품에 대한 지동 시간을 측정하였다. 그러나, 미국 제품은 일본 제품 및 국산 제품과는 달리 수광부와 투광부가 같은 회로를 구성하지 않고, 모듈화 되어 나뉘어 있기 때문에, 미국 제품의 측정된 측정 실험 결과는 정량적으로 일본 제품과 국산 제품에 대해 비교 할 수는 없다.

(그림 5-19. ①⑤시간 측정)

- **국산 방호 장치와 외국산 방호 장치의 회로 지연 시간 측정**

이 실험에서는 차단 시점부터 릴레이 구동 전까지의 시간을 측정하여 각각 국산 제품 3개(S사 제품, I사 제품)와 외국 제품의 Sub PCB, Main PCB, Control PCB에서 소요되는 시간을 측정하였다. 특

히 외국제품의 경우 독일 G사 제품은 제품 외부에 릴레이를 부착하여 방호 장치가 외부 릴레이에 동기되어 작동하도록 구성되어 있다.

(그림 5-19. ①④시간 측정)

● 릴레이 교체에 따른 국산 안전 방호 장치의 지동 시간 측정

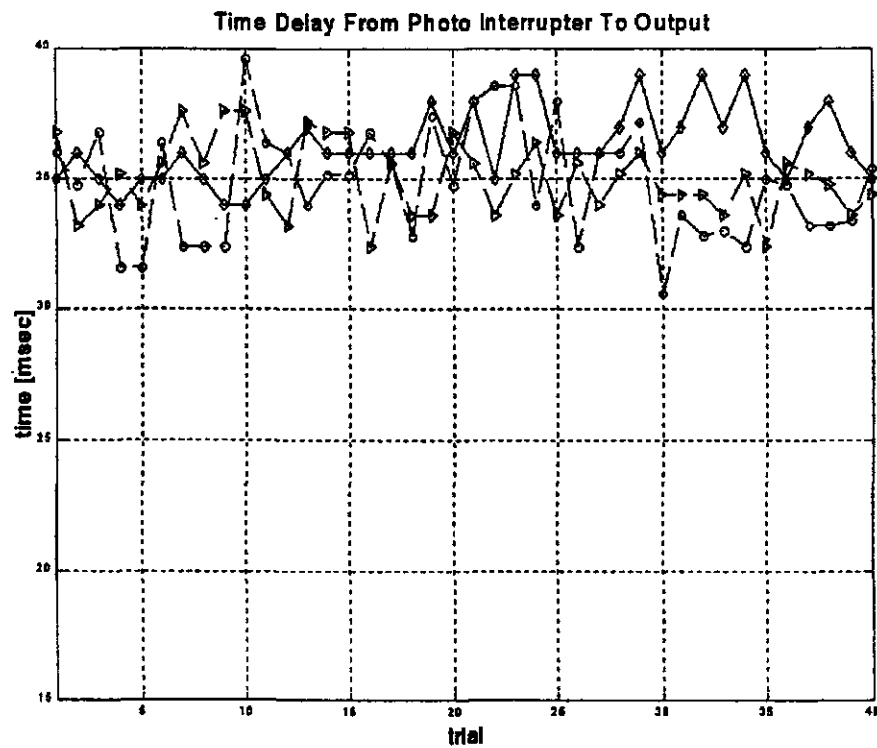
확보한 릴레이(U모델, D모델, K모델)를 국산 프레스 안전 방호 장치에 차례로 연결한 뒤 지동 시간을 측정하였다. 이 실험의 목표는 릴레이의 작동 시간이 지동 시간에 미치는 영향을 고려하는 것이므로, 국산 S사 제품 하나의 모델에 대해서만 실험을 수행하였다. 이 실험으로부터 통계적인 릴레이 반응 시간, 최적 시간을 갖는 릴레이 선택 및 지동 시간을 차지하는 중요 요인을 찾아낼 수 있다.

각 실험 항목 별로 40회의 실험을 수행하였으며, 실험 데이터의 평균값(Mean Value) 및 편차(Deviation)를 성능 평가 기준으로 삼았다.

(2) 국산 프레스 안전 방호 장치 지동 시간 측정

국산 프레스 안전 방호 장치는 앞에서 설명한대로 시판 중인 S사와 I사 제품을 사용하였고, 구동 장치인 릴레이는 각 제품에서 기존에 사용하고 있던 A사 S모델, B사 U모델을 사용하였다. 40회 지동 시간 측정 결과는 그림 5-23.과 같다.

그림 5-23.에서 보면 수동 낙하 방법에 비해 편차가 크게 줄었음을 알 수있다.



- 국산 방호 장치 I사 지동 시간 △
- 국산 방호 장치 S사 지동 시간 ◇
- 국산 방호 장치 H사 지동 시간 ○

그림 5-23. 국산 제품 지동 시간 측정 결과

국산 제품에 대한 지동 시간 측정 결과는 표 5-5.와 같다.

표 5-5. 국산 제품의 지동 시간 평균값 및 편차

방호 장치 제품 및 릴레이 모델명	평균 지동 시간	지동 시간 편차	단위
S사, S모델	36.3	1.43	msec
I사, U모델	35.0	1.43	msec
H사, S모델	34.9	2.22	msec

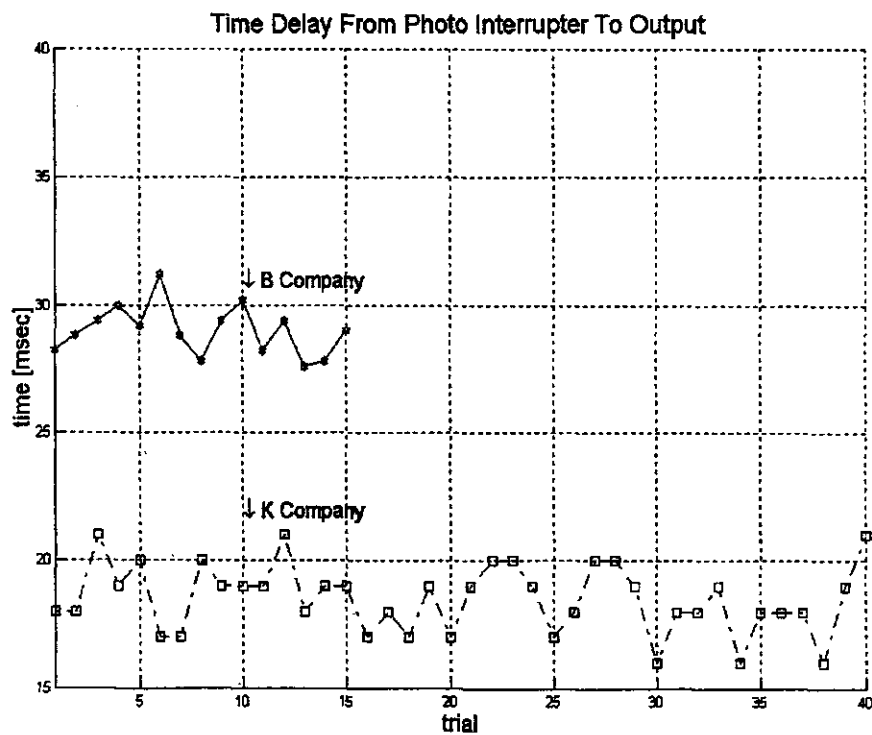
(3) 외국산 프레스 안전 방호 장치 지동 시간 측정

외국산 프레스 안전 방호 장치 지동 시간 측정에서는 일본 K사의 제품에 대하여 40회 실험을 수행하였고, 미국 B사에 대하여 15회 실험을 수행하였다. 실험 결과는 그림 5-24. 표 5-6.과 같다.

여기서, 미국 제품에 대하여 실험을 15회만 수행한 이유는 국산 제품 및 일본 제품의 방호 장치 형식과 미국 제품의 방호 장치 형식이 틀리고, 방호 장치의 규모에서도 많이 차이가 나므로 본 연구에서는 미국 제품의 경향성 파악만을 목적으로 했기 때문이다.

표 5-6. 외국 제품의 지동 시간 평균값 및 편차

방호 장치 제품 및 릴레이 모델명	평균 지동 시간	지동 시간 편차	단위
일본 K사	18.5	1.34	msec
미국 B사	29.0	1.00	msec



- 미국 방호 장치 B사 지동 시간 ☆
- 일본 방호 장치 K사 지동 시간 □

그림 5-24. 외국산 제품 지동 시간 측정 결과

(4) 국산 방호 장치와 외국산 방호 장치의 회로 지연 시간

측정

회로 지연 시간은 신호가 Sub PCB, Main PCB, Control PCB에서 소요되는 시간을 의미하며, 안전 방호 장치의 성능과 밀접한 연관을 갖는다.

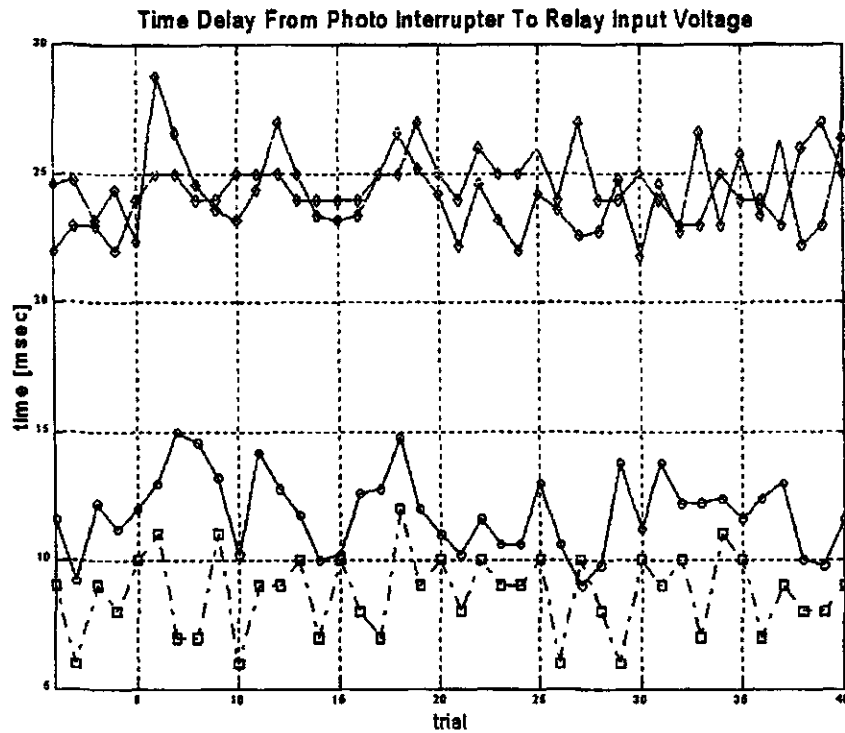
본 실험에서는 회로 지연 시간 정의를 차단물에 의해 차단이 이루어지는 시점부터 안전 방호 장치의 릴레이가 작동하기 전까지의 소요되는 시간으로 정의하였다.(5-3-6 절 참조)

실험은 각각 국산 제품과 외국 제품에 대하여 40회 실행하였으며, 실험 결과는 그림 5-25. 표 5-7.과 같다. 그림에서와 같이 외국 제품에 비해 국산 제품이 상당히 많은 회로 지연이 일어남을 알 수 있다.

여기서, 미국 제품은 방호 장치 자체의 복잡한 회로 구성과 릴레이가 고정되어 있어 미국 제품에 대한 회로 지연 시간을 측정 할 수 없었다.

표 5-7. 회로 지연 시간 평균값 및 편차

방호 장치 제품 및 릴레이 모델명	회로 지연 시간	지동 시간 편차	단위
일본 K사	8.7	1.55	msec
S사	24.5	1.20	msec
I사	24.5	1.50	msec
독일 G사	11.9	1.55	msec



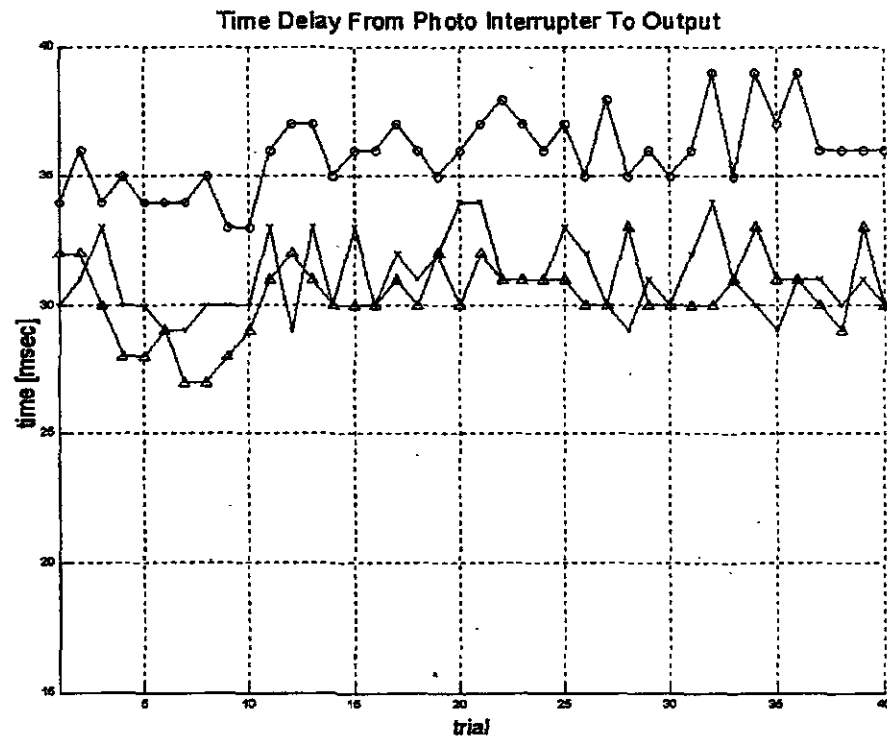
- 국산 방호 장치 I사, S사 회로 지연 시간 ◇
- 일본 방호 장치 K사 회로 지연 시간 □
- 독일 방호 장치 G사 회로 지연 시간 ○

그림 5-25. 회로 지연 시간 측정 결과 비교

(5) 릴레이 교체에 따른 국산 안전 방호 장치의 지동시간 측정

릴레이를 교체해 가면서 대표적으로 많이 사용되고 있는 국산 방호 장치 S사 제품에 대한 지동 시간을 측정하였다. 사용한 릴레이는

다음과 같으며, 40회 실험한 결과는 그림 5-26., 표 5-8.와 같다.



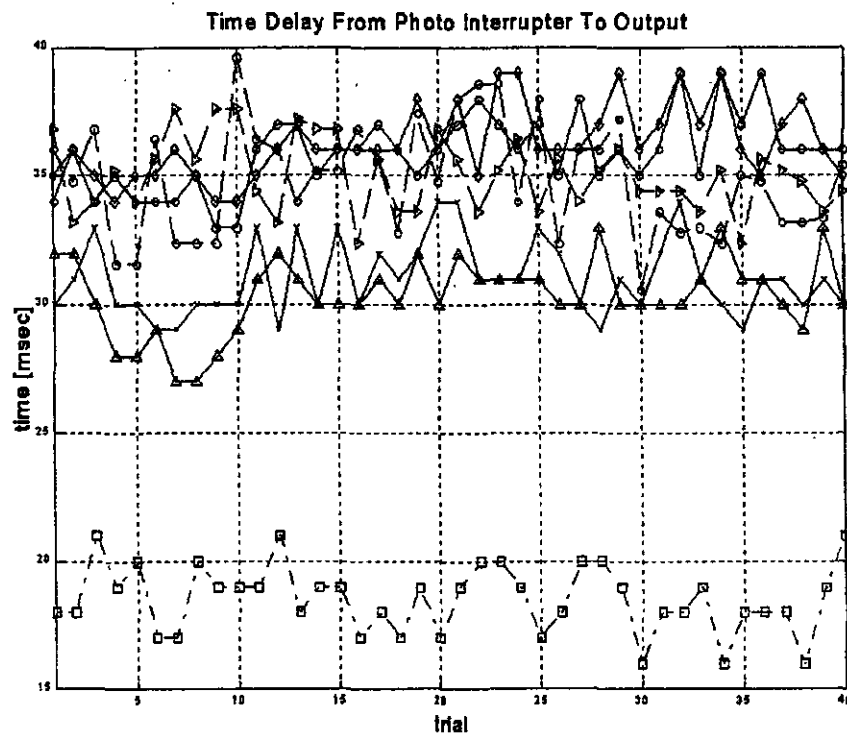
- 릴레이 U모델 •
- 릴레이 D모델 ×
- 릴레이 K모델: △

그림 5-26. 릴레이에 따른 지동 시간 측정 결과

표 5-8. 지동 시간 평균값 및 편차

릴레이 제조회사, 제품명	평균 지동 시간	지동 시간 편차	단위
A사, U모델	35.9	1.50	msec
B사, D모델	31.0	1.47	msec
C사, K모델	30.4	1.48	msec

5-4-2. 국산 방호 장치의 문제점



- 국산 방호 장치 S사 (릴레이 S모델 사용) *
- 국산 방호 장치 S사 (릴레이 U모델 사용) ○
- 국산 방호 장치 S사 (릴레이 D모델 사용) ×

- 국산 방호 장치 S사 (릴레이 K모델 사용) △
- 국산 방호 장치 I사 (릴레이 U모델 사용) △(점선)
- 국산 방호 장치 H사 (릴레이 S모델 사용) ○(점선)
- 일본 방호 장치 K사 □

그림 5-27. 지동 시간 측정 결과

국산 안전 방호 장치의 지동 시간, 외국산 안전 방호 장치의 지동 시간, 다른 릴레이를 부착한 국산 제품의 지동 시간 측정 결과를 함께 나타내면, 그림 5-27.와 같다.

그림 5-27.에서 외국산 안전 방호 장치와 국산 안전 방호 장치의 성능 차이의 원인을 다음의 두 가지 요인으로 가정 할 수 있다.

1. 릴레이 성능 문제
2. 안전 방호 장치 구성 회로 문제

(1) 릴레이 성능 문제

표 5-9.는 국산 제품과 외국산 제품의 회로 지연 시간 측정 결과와 지동 시간 측정 결과로부터 릴레이의 반응 시간을 통계적으로 계산한 것이다.

그림 5-27.에 의한 외국산 제품과 국산 제품의 성능 차이는 표 5-9.를 고려해 볼 때 릴레이의 평균 반응 시간이 지배적이지 않음을 알 수 있다. 그러나, 그림 5-27.과 표 5-9.의 결과로부터 국산 제품의 성능 개선의 한 방법으로 비교적 반응 시간이 빠른 C사 D모델과 D

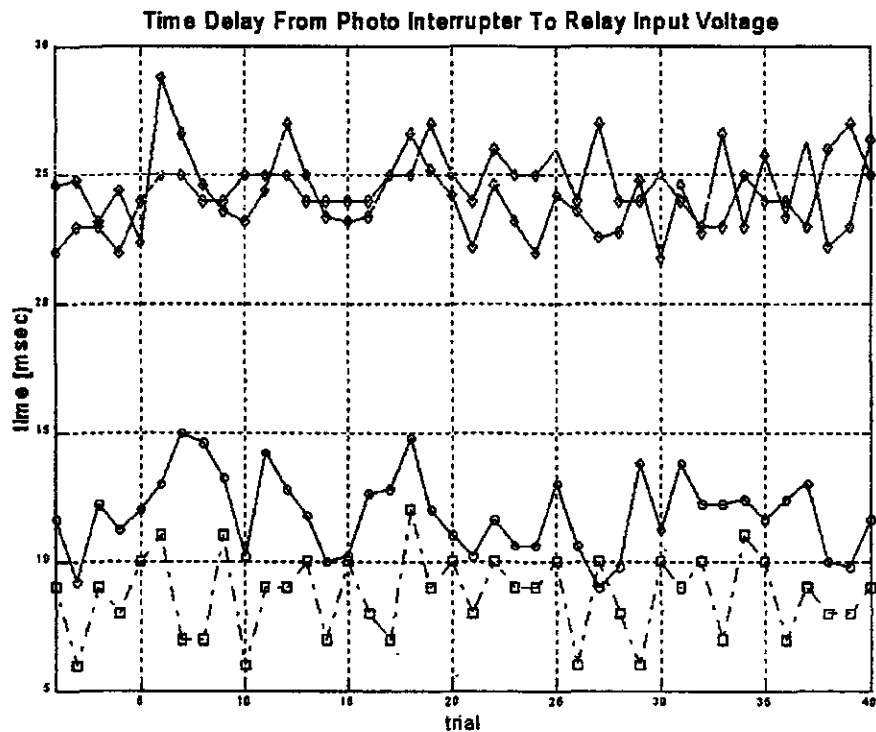
사 K모델로 릴레이를 바꾼다면, 국산 제품의 전체 지동 시간이 약 5~6msec 정도 줄어듦을 알 수 있다.

표 5-9. 릴레이 반응시간 평균값 및 편차

릴레이 제조회사, 제품명	릴레이 평균 반응시간	지동 시간 편차	단위
A사, S모델	11.8	1.84	msec
B사, U모델	11.4	1.90	msec
C사, D모델	6.5	1.90	msec
D사, K모델	5.9	1.90	msec
K사 릴레이	9.8	2.02	msec

(2) 안전 방호 장치 구성 회로 문제

그림 5-28.에서 알 수 있듯이 국산 제품과 외국산 제품의 성능 차이는 회로 구성에 의한 문제가 지배적임을 알 수 있다. 따라서, 국산 안전 방호 장치의 성능 향상을 위해서는 방호 장치를 구성하는 Main PCB, Sub PCB, Control PCB 회로의 개선이 필요하다.



- 국산 방호 장치 I사, S사 회로 지연 시간 ◇
- 일본 방호 장치 K사 회로 지연 시간 □
- 독일 방호 장치 G사 회로 지연 시간 ○

그림 5-28. 회로 지연 시간 측정

(3) 결과 및 검토

본 연구에서는 프레스 안전 방호 장치의 국산 제품 2종류와 외국 제품 2종류, 국산 제품 1종류에 대한 릴레이 3종류의 지동 시간 및 회로 지연 시간 등을 측정하였다.

각 제품에 대하여 성능 비교를 한 결과 국산 제품 2종류의 경우

거의 동일한 성능을 보였고, 일본 제품과 비교하여 약 10-15msec 정도 지동 시간이 더 소요 되었다. 성능 비교 결과 국산 제품의 성능 미달 원인은 방호 장치를 구성하는 회로 지연 시간이 지배적임을 알 수 있었다.

표 5-10.은 성능 비교 실험 결과를 이용하여 각국의 규정에서 정의한 지동 시간과 제품에서 제시되는 지동 시간, 본 연구에서 제시한 성능 평가방법을 이용한 지동 시간 측정 결과의 세 가지를 비교한 것이다.

국적, 제품	실험 결과	규 정 값	제품에서 제시된 값
미국, B사	29.0 msec	48.0 msec	-
일본, K사	18.3 msec	30.0 msec	18.0 msec
독일, G사	11.9 msec	-	15.0 msec
한국, I사	36.3 msec	30.0 msec	18.0 msec
한국, S사	35.0 msec	30.0 msec	18.0 msec
한국, H사	34.9 msec	30.0 msec	20.0 msec

표 5-10. 지동 시간 비교

기본적으로 위의 실험은 국내 규정에 근거한 상태에서 즉, 절대적인 수치로 제시되는 지동 시간의 기준 값으로부터 외국 제품 및 국내 제품을 국내 규정에 근거하여 실험을 수행한 것이다.

이에 대한 결과로써 국내 제품의 경우 외국 제품 보다 지동 시간이 약 10 msec - 15msec 정도 성능 향상이 필요하다는 결론을 얻었다.

또한, 국내 제품의 상대적인 성능 미달의 요인이 프레스 안전 방호 장치를 구성하는 Sub PCB, Main PCB, Control PCB이라는 것을 알 수 있었다.

그러나, 합리적인 성능 비교 실험이 이루어지기 위해서는 5-1절에서 밝혔듯이 국내 성능 검정에 대한 기준이 새롭게 마련되어야 한다. 국내의 규정과 일본의 규정은 비슷하지만 작업 환경, 사업장 규모 등을 고려해 볼때 비교할 수 있는 여건이 되지 못하고, 유럽 또는 미국 규정의 경우 작업 내용과 프레스 기계의 작업 종류 및 작업 환경 등에 의해 세분되어 다원화된 안전 방호 장치의 규정을 두고 있다.

따라서, 국내 제품의 국제 경쟁력 획득과 성능 개선을 위해서는 먼저 안전 방호 장치의 대한 규정이 선진국과 같은 수준을 이루어야 할 것이다.

제 6 장 결 론

우리 나라 안전방호장치의 제품 수준은 선진국에 비하여 상대적으로 매우 낙후되어 있으나 이를 개선하기 위한 노력을 기울이지 못하고 있는 실정이다.

프레스 방호 기준의 측면에서 보면 선진국의 경우 프레스 사용상 편의를 위하여 여러 가지 작업환경에 맞추어 사용할 수 있도록 방호 장치의 규정이 다양하게 준비되어 있으나 우리는 그러한 다양성이 매우 부족하다.

가장 중요한 안전개념이 제대로 들어간 제품이 설계되어 있지 못하고 있으며, 대표적인 성능기준인 지동시간도 선진국제품에 비하여 떨어지고 제품별 성능편차도 큰 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 유럽기준을 중심으로 프레스 방호장치 관련 규정을 우리와 비교하여 개선점을 도출하였고 이 과정을 통하여 우리의 기준 안전거리계산 문제, 광전자식방호장치를 기동스위치로 사용하도록 하는 문제, 작업에 맞게 일부광축을 무효화할 수 있도록 허용하는 문제, 프레스 정지성능의 측정, 유지, 관리문제, 지동시간의 완화 문제 등의 해결방안을 제시하였다.

인간공학적 설계 및 해석방법 제시하였으며 국산품의 회로분석 및 선진국 제품과 비교하여 기능별 모듈화 문제, 이상의 자가진단문제, 등 설계개선방향을 제시하였다.

끝으로 가장 대표적인 성능 지표인 지동시간의 측정 및 평가 방

법을 개발하고 이를 이용하여 선진국제품과의 지동시간 비교함으로써 릴레이 성능, 회로지연의 문제점을 제시하였다.

본 연구는 안전한 작업장 구현 및 가격 및 성능면에서 국제 경쟁력을 갖는 방호 장치 시제품 제작에 그 목적이 있으며 위의 과정을 통하여 얻은 결론을 주제별로 나열하면 다음과 같다.

(1) 법, 제도적인 측면

유럽기준을 중심으로 우리의 기준을 선진국과 비교할 때 사용상의 편의에 중점을 둔 다음과 같은 다양한 방호방법이 요구된다.

- 방호수준이 높은 광전자식 방호장치를 사용하고 시스템의 안전이 충분히 확보된 프레스시스템에는 이 방호장치를 기동스위치로 사용할 수 있도록 허용할 필요가 있다.
- 광전자식 방호장치의 해상도(연속차광폭)를 자유롭게 선택할 수 있도록 하고 이 해상도에 맞게 안전거리를 확보하도록 하는 것이 프레스 작업에 도움이 된다.
- 연속재를 사용하는 프레스나 전단기에 광전자식 방호장치를 사용하는 경우 일부광축을 무효화 할 수 있도록 허용하는 것이 사고 예방에 도움이 될 것이다.
- 양수조작식 방호장치의 경우 이격거리를 300mm로 일률적으로 정하기보다는 무효화방지를 할 수 있는 한도에서 다양하게 인정해야 할 것이다.

또한 우리의 안전기준 중 개선이 필요한 사항은 다음과 같다.

- 안전거리의 계산에 있어 광전자식 방호장치의 경우 방호장치의 해상도에 따른 신체의 침투거리에 대한 항목이 없고 양수조작식 방호장치에는 안전거리 계산을 위한 지동시간 측정항목이 누락되어 있어 위험을 초래할 수 있다.
- 일반적으로 방호장치의 지동시간은 프레스의 정지시간보다 매우 작으며 따라서 지동시간을 30msec 등으로 일률적 정하기보다는 제조자가 제시하도록 하고 공단이나 프레스 생산업체, 사용업체는 프레스의 정지성능을 측정, 유지 관리하는데 힘을 써야 할 것이다.
- 광전자식 방호장치의 지동시간은 실제 지동시간보다 과소평가 되고 있으며 이는 즉시 시정되어야 할 것이다.
- 광전자식 방호장치의 해상도(연속차광폭)의 측정은 제조자가 제시한 자료에 근거하여 시험해야 할 것이며 연속차광폭은 차광봉을 사용하여 측정하기보다는 물리적 구조에 의한 확실한 빛 차단율 전제로 결정하여야 할 것이다.
- 양수조작식 방호장치가 전도나 외부의 충격에 의하여 작동이 되지 않도록 충격시험을 실시해야 할 것이다.
- 양수조작식을 매립형으로만 정하고 있는 바, 이는 레버형이나 광감응 방식 등을 고려하여 완화시키고 대신 불의의 동작을 막을 수 있도록 물리적 구조에 역점을 두어 기준을 개정할 필요가 있다.

(2) 인간공학

인간 공학적 측면에서 전단기 혹은 프레스와 운영자라는 것을 하나의 시스템으로 간주하여 안전 사고의 가능성을 개선할 수 있는 설계 및 해석 방법에 대한 고찰을 하였다.

이것은 오류 영향의 측정을 통해 시스템과 관련된 위험도의 변화를 측정할 수 있게 해준다. 이 해석 방법은 향후 사고가 일어날 가능성에 대한 자세한 계통도와 가능성을 정량화 함으로써 실제 발생할 수 있는 안전 사고율을 크게 낮출 수 있을 것으로 기대되며 이를 위해서는 전단기와 안전장치 그리고 운영자의 행동양식을 함께 고려하여 자세한 설계 및 해석이 필요하다.

(3) 요소 기술의 모듈화

현재 국산 제품이 갖고 있는 문제점 파악 및 해결을 위해서는 방호 장치를 구성하는 회로에 대한 기능별 모듈화가 필요하다. 이에 대한 해결 방법으로써 본 연구에서는 방호 장치를 구성하는 Main PCB, Sub PCB, Control PCB에 각각에 대하여 기능적으로 세분화된 모듈을 생성하였고, 또한 각 모듈들의 유기적인 입력과 출력의 특성 및 구성 소자 특성에 관하여 회로 실험 및 이론적인 계산으로 명시하였다.

또한, 미국 제품의 회로와 비교하여 현재 국내 제품에서는 도입되지 않은 자기 진단(Self-Test) 기능에 대한 고찰을 통해 국내 안전 방호 장치 규정 개선의 방향을 제시하였다.

능 비교 실험은 기본적으로 국내 규정에 근거한 기준 지표로써 지동 시간을 설정하여 성능 비교 실험을 수행하였다.

본 연구에서 수행된 방호 장치 성능 비교 실험에서는 국내 S사에서 시판 중인 제품과 국내 I사에서 시판 중인 제품 및 각 회사에서 채용하고 있는 릴레이 구동 장치를 사용하였다. 그리고, 외국산 방호 장치 지동시간 측정 실험에서는 일본 K사에서 제작한 제품 및 미국 B사 제품, 독일 G사 제품을 사용하였다.

국산 제품과 외국산 제품의 회로 지연 시간 비교 측정 실험에서는 차단 시점부터 릴레이 구동 전까지의 시간을 측정하여 각각 국산 제품과 외국산 제품의 Sub PCB, Main PCB, Control PCB에서 소요되는 시간을 측정하였다.

릴레이 교체에 따른 국산 안전 방호 장치의 지동시간 측정에서는 확보된 릴레이(U모델, D모델, K모델)를 국산 프레스 안전 방호 장치에 차례로 연결한 뒤 지동시간을 측정하였다.

실제, 실험 결과 예측한 대로 안전 장치 지동시간의 대부분이 Sub PCB, Main PCB, Control PCB의 회로부에서 소모됨을 확인할 수 있었다.

차후의 연구 과제로 본 연구에서 제안한 지동시간 측정 방법에 대하여 차단물 투입 속도에 대한 명확한 수치를 제시하고 그에 따른 방호 장치의 절대적인 지동시간 평가가 요구된다.

그리고, 국산 제품과 외국산 제품의 지동시간 차이의 주요 원인인 전기 회로부를 분석하여 이를 안전성과 지동시간이라는 측면에서 최

(4) 성능 평가 방법 개발

국내 안전 방호 장치의 규정과 선진국 안전 방호 장치의 규정을 비교하여 비교 지표 설정과 함께 기존의 지동시간 측정시의 단점을 개선한 새로운 지동시간 측정 방법을 제시하였다. 새로운 시험 방법의 장점은 투·수광부를 갖는 모든 안전장치에 대해 회로상의 소형화나 구조 변경 등에 무관하게 쉽게 구현될 수 있으며, 전기적 지동시간 전체를 포함하므로 현재 규정상에 있는 지동시간의 정의와 부합하며, 회로 지연 시간의 과소 평가 가능성이 없다는 것이다.

또한, 미국과 유럽의 안정 기준을 국내 안정 기준과의 비교를 통해서 국내 규정의 문제점과 한계를 알아내었고, 비교 자료와 안전 장치 전체의 지동시간 측정결과를 토대로 현재 국내 안정 기준에서 30msec이하로 정해져 있는 규정상의 제한을 일률적으로 모든 제품에 적용하지 않고 실제 안전장치가 설치되었을 때 확보되는 안전거리에 따라 유연하게 안전장치를 적용할 수 있는 근거 자료를 얻을 수 있게 되었다.

(5) 성능 비교 실험

방호 장치의 설계시 각 국가간의 검정 기준의 차이로 국가간의 성능 차이가 있으므로, 성능 비교 실험 전에 국내 방호 장치 규정과 선진국 제도와의 규정 차이를 조사하여 이러한 규정의 차이가 국내의 제품간에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 알아보았다. 또한, 성

적화 시켜야 한다. 전기 회로부에서 일반적으로 시간을 지연시키는 요인은 콘덴서 용량으로서 회로 분석을 통해 이를 적은 용량 혹은 사용하지 않는 방향으로 개선을 시켜야 할 것이다.

[참고 문헌]

1. 노동부고시 제1993-36호, “프레스 및 전단기 방호장치 성능검정규격”, 1993
2. Banner, “MINI-SCREEN System, Instruction Manual”,
3. MOTOROLA, “CMOS Data Sheet”
4. MOTOROLA, “Selection Information FAST/LS TTL”, 1989
5. “월간 자동화 기술“, 1996년 6월호.
6. KODNSHI CORP. “SG-23FF, SG-23FH, SG-23FI, SG-23FT Photo Interrupters Features”
7. 영진 출판사, “최신 리니어 IC 데이터 북”, 1988
8. The European Committee for Electrical Standardization, “SAFETY OF MACHINERY - ELECTROTECHNICAL ASPECTS”, 1994

방호장치 성능개선에 관한 연구

(안전연 97-6-27)

발 행 일 : 1997. 12

발 행 인 : 원 장 이 한 훈

연구수행자 : 책임연구원 김 기 식

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업안전연구원

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032)5100-837

(032)518-0230

F A X : (032)518-6483

비매품