

안전분야-연구자료
연구원 99-24-94
S-RD-I-99-24-94

방호장치 성능개선에 관한 연구(Ⅱ)

Study on the Improvement of Safety
Devices and Protective Equipments (Ⅱ)



한국산업안전공단
산업안전보건연구원

요 약 문

1. 과제명 : 방호장치 성능개선에 관한 연구(II)

- 광전자식 방호장치 개발 -
- 안전대 개발 -

2. 연구 기간 : 1998년 1월 1일 ~ 1999년 12월 31일

3. 연구자

연구책임자 : 책임연구원 김기식

<광전자식 방호장치 개발 분야>

공동연구자 : 강원대학교 전기공학과 박찬원
강원대학교 전기공학과 대학원 이영준
강원대학교 전기공학과 대학원 신형재
강원대학교 전기공학과 대학원 신영균
강원대학교 전기공학과 대학원 이종호
선광전자 심우정
선광전자 김영배
선광전자 임홍철
선광전자 심우철

<안전대 개발 분야>

공동연구자 : 선임연구원 김일수
영진산업사 박무언

4. 연구목적 :

- 선진국 수준의 광전자식 프레스 방호장치의 개발
- 근로자가 고소에서 이동시 자동으로 근로자를 쫓아 갈 수 있는 걸이 장치의 개발

5. 연구내용

<광전자식 방호장치 개발 분야>

- 기존 제품의 분석 및 평가
- 설계사양의 결정
- 시제품의 제작
- 동작기능 및 성능의 평가

<안전대 개발 분야>

- 고소작업 실태조사 및 평가
- 자동 이동식 걸이장치의 개발
- H 빔용 수평이동장치 개발

6. 활용계획

- 프레스 방호장치는 즉시 제품화 될 수 있으며 공동연구한 업체를 통한 보급
- 안전대는 좀 더 개발이 필요하며 본 연구에서의 아이디어를 이용한 다양한 제품의 출현을 유도함.

7. 연구개요

<광전자식 방호장치 개발>

프레스에 사용하는 국산 광전자식 방호 장치의 수준은 선진국에 비하여 매우 낙후되어 있고 설치된 방호 장치도 운전자의 인식 부족이나 다양한 작업 환경에 만족하지 못함으로서 제대로 활용되고 있지 못하는 실정이다.

전년도 연구 결과에 의하면 국산품은 외국제품에 비해 안전성능에 현격한 차이가 있고 주요성능의 하나인 지동시간도 매우 큰 것으로 나타나 있으며 무엇보다 다양한 방호실패조건에 대한 다중의 fail safe기능이 부족하다는 점등이 지적되었다.

따라서 본 연구에서는 먼저 기존 제품의 분석으로서 국산제품의 문제점들을 기술적으로 심층분석하고 외국산 제품의 하드웨어 구성과 기능들의 특징을 분석하여 본 연구에서 개발의 적용 타당성들을 검토하였다. 검토한 결과로부터 개발 사양들을 결정하였으며 진행과정에서의 각 단계별 시작품의 특징과 기능들의 선정을 부가하였다. 다음으로 최종 시작품의 하드웨어의 구성과 동작을 각 기능요소 별로 전개하고 개발된 지능형 소프트웨어의 구성과 기능들을 추가 제시하였다.

끝으로 개발 시작품의 성능평가로서 지동시간의 테스트 평가와 각 기능들의 동작 분석 및 검증 그리고 전기적 특성평가와 본 연구에서 부가적으로 개발된 전원 순단 시험의 결과를 제시하였다

본 연구에서 개발된 제품은 안전한 작업장을 구현하고 가격 및 성능면에서 국제 경쟁력을 갖고 있으며 현재 프레스 및 전단기 방호

장치인 중 가장 선진국형에 가깝고, 운전자에 미치는 피로가 적으며, 프레스 기계와의 연동이 용이하다.

본 개발품이 가격 경쟁력을 고려하여 저가형의 CPU를 사용하였음에도 지동시간이 우수한 것으로 나타났으며 외국산 제품의 성능에 근접하였고, 릴레이 용착 회로의 개선으로 기존 제품의 불안정성으로 인한 잦은 트러블의 문제를 해결하여 주었으며, 선택 차광 무효화 preset 기능과 연속 순차 차광 무효화 기능을 하드웨어의 변경이나 추가 없이 구현하여 가격 경쟁력을 갖추도록 하였다.

또 제어회로의 노이즈 특성 평가를 수행하였으며 전원 시험으로서 본 연구의 또 다른 부산물로서 마이크로프로세서가 부착된 기판의 전원 테스트용으로서의 전원 순단 시험 장치 시스템을 개발하여 본 실험에 유용하게 평가도구로서 사용하였다.

<안전대 개발>

본 연구에서는 근로자가 고소에서 이동시 자동으로 근로자를 쫓아 갈 수 있는 걸이 장치 2종류를 개발하였다. 하나는 구멍줄을 고정 한 지주 등의 설비를 자동으로 통과하는 장치로 근로자가 안전대의 사용을 기피하는 주된 이유인 이동시 안전대의 탈착 불편을 줄여 줌으로서 안전을 도모하고자 한 것이고 또 하나는 현대의 공사에서 많이 사용하고 있는 철골 공사의 주재료인 H 빔에 원격으로 직접 설치하여 자동으로 이동이 가능하도록 한 것이다.

자동으로 지주를 통과할 수 있는 장치는 간섭부위의 위치를 상부로 변경함으로써 간단한 구조로 사용상의 편리함을 도모하였다. 다

만 구멍줄로 섬유질 로우프를 사용하는 우리의 현실에서는 중량이 중요한 설계 변수가 되어 사용 중 어느 정도 이상의 하중이 가해지면 자동이동의 기능이 상실되고 다시 기능을 살려야만 사용이 가능하다. 우리 나라도 선진국처럼 구멍줄로 외이어 로우프를 사용하게 된다면 이러한 불편이 없는 제품의 생산이 가능할 것으로 생각된다.

H 빔용 이동장치는 빔의 상치 전에 별도의 걸이 시설을 하지 못한 경우에 사용할 수 있는 것으로 구멍줄을 설치하기 전에 사용함으로써 구멍줄 설치시의 위험을 줄일 수 있게 한다. 아직은 완전하다고 할 수 없으며 계속적인 개선이 필요한 상태이다. 그러나 이 연구에서 새로운 아이디어를 가진 장치를 고안하였다.

8. 중심어

[방호장치, 광전자식, 지능형, 프레스, 안전대, H-빔용, 자동통과, 분석, 개발,]

여 백

목 차

제 1 편 광전자식 방호장치 개발

제 1 장 서론	3
1-1 안전방호장치의 현황	3
1-1-1 현 황	3
1-1-2. 연구목적 및 필요성	5
1-2 연구내용 및 범위	7
제 2 장 기존제품의 분석	13
2-1 기존 국산제품의 문제점 분석	13
2-2. 외국 제품의 구조 및 기능 분석	19
2-2-1. 미국 B사 제품의 특징 및 기능	20
2-2-2. 독일제 S사 제품의 특징 및 기능	23
제 3 장 개발사양 진행과정	27
3-1. 지능화 회로 설계로의 전환	27
3-2. 1차 시작품의 제작과 검증 분석	29
3-3. 2차 시작품의 제작과 검증 분석	33
3-4. 소프트웨어 설계 및 수정	40
3-5. 3차 최종 시작품의 완성	42
3-5-1. 3차에서 추가된 기능의 특징	43
3-5-2. 입력스위치와 출력표시등의 각 기능	43
제 4 장 개발 시작품의 구성 및 동작	45
4-1. 개요	45

4-2 개발된 하드웨어의 구성과 동작	45
4-2-1. 투수광부의 개발과 구성 및 동작	46
4-2-2. Main PCB의 하드웨어 개발과 구성 및 동작	51
4-3 소프트웨어의 개발과 구성 및 동작	64
4-3-1 Main Control Microprocessor(CPU)의 소프트웨어	64
4-3-2 Watch Dog Timer CPU 소프트웨어	81
 제 5 장 개발시작품의 동작기능 및 성능평가	86
5-1. 지동시간 평가	86
5-1-1. 지동시간의 정의	86
5-1-2. 지동시간의 측정	88
5-1-3. 지동 시간의 측정 실험 및 평가	90
5-2. 각 기능의 동작 평가	100
5-2-1. 연속 차광폭의 동작 평가	100
5-2-2. 선택 차광 무효화 기능	101
5-2-3. 연속 순차 무효화 기능	102
5-2-4. 각 기능 스위치의 동작	103
5-2-5. 릴레이 용착 센싱 회로의 동작 시험	105
5-2-6. Watch Dog Timer 동작 시험	106
5-3. 전원 시험 및 기타	109
5-3-1. 전원 순단 시험 장치의 개발	109
5-3-2. 전원 순단 시험 평가	117
5-3-3. 전압 변동 시험 및 기타	121
 제 6 장 결 론	123
 [참고문헌]	129

제 2 편 안전대 개발

제 1 장 서론	133
제 2 장 본 론	135
2-1 자동 이동식 걸이장치 개발	135
2-1-1 개요	135
2-1-2 기존제품의 분석	136
2-1-3 개념설계	140
2-1-4 실시 설계	142
2-1-5 고찰	143
2-2 H 빔용 수평이동식 걸이장치 개발	144
2-2-1 개요	144
2-2-2 개념설계	145
2-2-3 H 빔용 수평이동식 걸이장치 설계	146
2-2-3-1 걸이부 설계	146
2-2-3-2 걸이부 이동장치	147
2-2-3-3 풀림 방지 장치	148
2-2-4 고찰	148
제 3 장 결론	150

제 1 편

광전자식 방호장치 개발

여 백

제 1 장 서 론

1-1 안전방호장치의 현황

1-1-1 현 황

고도화된 산업사회에서 다양한 생산설비는 그 효율과 속도를 증대시키기 위해 끊임없이 개발되고 있으며 생산 현장에서 사용되고 있다.

그중 특히 프레스나 전단기 등과 같이 위험성이 높은 기계에 대해서는 대부분의 국가에서 안전 방호를 확실하게 한 상태에서만 유통이 가능하도록 하고 있다. 우리 나라의 경우에도 프레스나 전단기와 같이 위험요소를 수반하는 장치들에는 가드나 광전자식 등의 방호장치를 하여 안전이 확보된 상태가 아니면 양도, 대여, 설치 및 진열을 할 수 없도록 하고 있다. 그러나 현실적으로 사용될 때 이와 같은 규정이 잘 지켜지지 않는 경향이 많으며 실제로 방호장치를 부착하고도 사용을 기피하고 있는 경우가 많다. 이는 사용자의 입장에서 이러한 장치가 불편하거나 생산성의 저하를 가져온다는 인식과 동시에 기본적으로 안전불감증의 요인이 깊이 작용되고 있기 때문이기도 하다.

우리 나라는 그 동안 생산 우선 주의에 치중한 나머지 안전방호

장치의 실장과 인식의 부족으로 구미선진국에 비해 이 분야의 대책과 기술개발노력이 매우 열악한 수준에 있다. 더욱이 이를 제작하는 업체는 매우 영세하여 기술개발에 대한 의지가 있다하더라도 기술인력과 자금 확보의 문제로 가시적인 발전 없이 기존 외국의 제품의 모방수준에서 답보하고 있는 실정이다. 그나마 이렇게 설치된 안전방호장치 조차도 사용자가 안전의식의 부족으로 편의상 방호장치를 제거하고 사용하는 등 안전 환경개선에 대한 노력도 부족한 형편이다. 이러한 원인으로는 사용자의 안전에 대한 인지도의 부족에도 원인이 있겠으나 저가의 우수하고 완벽한 방호체제를 구축하는 방호장치의 부재에 원인의 비중이 크다고 할 수 있다. 외국제품의 경우는 상당한 수준의 방호성능이 보장되나 가격이 비싸고 구입절차가 힘들어 크게 유통되고 있지 못하고 있다.

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.

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

본 연구의 대상인 광전자식 안전장치의 경우에도 위의 범주를 벗

어나지 못하여 가장 중요한 안전개념이 제대로 들어간 제품이 설계되어 있지 못하고 있다. 97년도 연구 결과에 의하면 광전자식 방호장치의 경우 국산품은 외국제품에 비해 안전성능에 현격한 차이가 있으며 성능의 주요사양인 지동시간도 매우 큰 것으로 나타나 있고 무엇보다 다양한 방호실패조건에 대한 다중의 fail safe기능이 부족하다는 점등이 지적되고 있다.

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

1-1-2. 연구목적 및 필요성

본 연구의 목적은 선진국에 비하여 안전의 수준이 떨어지고 있는 방호장치의 성능을 개선하는데 있다. 그 중에서도 2차 년도의 연구에서는 기존의 평가된 문제점들을 분석하고 새로운 접근방식의 도입을 시도함으로써 충분한 경제성과 성능을 만족시키는 방호장치를 개발하는데 있다.

광전자식 방호장치에 있어서 선진국의 제품과 국산제품의 성능과 기능의 차이는 매우 크다.

성능검정시험 항목 모두가 방호장치의 성능을 나타내는 것이지만 그 중에서도 가장 큰 부분은 회로상의 안전개념일 것이다. 미국, 유

럽의 제품은 이들 부분이 성능기준에 의하여 강제화되어 있으나, 국내제품은 이들을 고려한 설계 개념이 거의 무시되어 있는 것이 현실이다. 이를 극복하기 위해서는 국내 기존의 방식에서의 문제점을 분석하고 이에 대한 설계의 개선이 필요하다.

기존 국산 제품의 문제점으로 분석된 내용들을 열거하면 다음과 같다.

가. 기존의 국산 광전자식 방호 장치는 모두 안전 개념의 관점에서 성능이 취약한 반사식 투수광부를 채용하고 있으나 이들 반사식 방호장치는 안전상의 문제가 많으므로 투수광 분리형으로 재설계되어야 한다.

나. 기존 회로는 오래전에 일본에서 도래된 회로설계로서 지능화가 결여된 단순 방호동작 뿐의 회로이므로 현재의 미국, 독일 제품들이 모두 마이크로프로세서를 탑재한 지능화회로임을 볼 때 본 개발 계획도 지능화 설계로 방향을 잡아야 할 것이다.

다. 기존 회로는 방호 연속 차단폭을 30mm의 최소폭을 기준으로 설계되어 14mm접근에는 회로의 동작지연과 다중연결 확장에 큰 무리가 따를 것으로 판명된다.

라. 동작 안정화를 위해 신호전압 요소에 지연회로가 들어있어 전체 시스템 동작지연에 영향을 주는 회로 방식이므로 이에 대한 개선이 요구되고 있다.

마. 용도별, 사용자별, 선택사양 등 제어동작의 변경 등이 허용되지 않는 고정동작 개념의 회로 방식이어서 이에 대한 개선 및 추가 기능들이 요구되고 있다.

바. 릴레이 용착 센싱 회로에서는 포토커플러가 자주 파괴되는 등 회로의 내구성 설계개념이 미비한 부분들이 발견되고 있다.

사. 기타 하드웨어적으로 불안정 동작을 유발할 수 있는 부분들이 많으며 이에 대한 개선이 시급히 요구되고 있다.

이상의 사항들 외에도 고정된 아날로그와 디지털 회로로만 설계되어 최초의 사용환경에 부응하면서 설계의 변경에 따른 다양한 기능들의 부가나 변경에는 현행 방식으로는 대단히 어렵다.

또한 국내의 안전 방호장치 제작업체의 대부분이 영세한 중소기업이므로 자체 기술개발이 어려운 실정이다. 중소 기업의 기술을 향상시키기 위하여서는 현재 사용되고 있는 프레스의 안정장치의 문제점들을 분석하고 선진국 제품과의 기능과 성능을 비교 분석하여 개선된 시제품의 前모델을 개발하여 중소기업체에 기술이전을 해야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 평가된 문제점들을 분석하고 새로운 접근방식의 도입을 시도함으로써 충분한 경제성과 성능을 만족시키는 방호장치를 개발하고자 하였다.

1-2 연구내용 및 범위

본 연구는 안전한 작업장 구현하고 가격 및 성능면에서 국제 경쟁력을 갖는 방호 장치 시제품 제작에 그 목적이 있으며 현재 프레스 및 전단기 방호장치인 중 가장 선진국형에 가깝고, 운전자에 미치

는 피로가 적으며, 프레스 기계와의 연동이 가장 용이한 광선식 방호 장치를 연구 대상으로 하였다.

광전식 방호장치는 발광부와 수광부의 광원과 광센서의 조합으로 광의 차단 유무를 판별하여 방호장치를 구동시키는 것을 기본 원리로 하는 센서 신호처리 시스템인데 다양한 작업 환경에 만족시키는 방호체제를 구축하기 위해 다중의 광원과 광센서를 사용한다. 이를 순차적으로 구동시키기 위해서 시분할에 따른 순차 센싱방식이 적용되고 있는데 기존의 국산제품은 타이머/카운터 회로와 아날로그 신호 변환회로로 구성되어 있다.

광전식 방호장치는 크게 입력부와 출력부로 구분되는데 양자가 동일하게 완벽한 조건으로 구동되어야 방호성능을 유지할 수 있다. 현재 국내 제품은 회로 방식에도 문제가 있지만 출력부의 부품의 성능이 전체 시스템에 치명적 영향을 주는 구조로 되어 있으며 이에 대한 다중의 안전장치가 확보되어 있지 못한 구조로 설계되어 있는 것이 문제점으로 대두된다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점들을 다음과 같은 방법으로 해결하고자 하였다. 첫째, 기존의 아날로그 회로방식만으로 구성된 신호처리 회로가 아닌 하드웨어에 지능을 부가함으로서 working sensor의 능동처리를 가하였다. 즉, 고속의 RISC칩 CPU를 사용하여 다양한 외란에 대해 능동적으로 대처하는 방호체제를 구축한다. 기존의 아날로그회로의 단순 방호가 아닌 여러 가지 요소, 즉 기본적인 방호기능의 자체 진단기능 등을 포함한 fail safe기능을 부가함으로써 방호의 완벽성을 추구하였다.

다음으로 출력부의 강화로서 기존의 방호 장치의 최대의 결점인 릴레이의 지동시간의 지연과 부품별 오차로 방호 성능이 떨어지는 단점을 보완하기 위해 고속응답이 가능한 소프트웨어를 병용한 다중 체제를 확보하고 부품별 오차를 최소한으로 할 수 있는 출력부를 구성하였다. 입 출력부의 이상유무를 항상 점검하는 feedback회로를 구성하여 이를 CPU가 관리하고 극단적인 정전 및 환경변화에도 능동적으로 대처 할 수 있는 시스템을 확보할 수 있도록 하였으며 아울러 설계와 생산에 충분히 경제성을 고려한 trade-off를 기본으로 연구를 진행하였다. 2 차 연도의 연구 내용을 주제별로 나열하면 다음과 같다.

가) 기존 제품의 분석

기존 광전식 방호 장치인 국산제품과 외국 제품을 분석하여 본 연구에서 새로 개발되는 시작품의 성능과 기능들의 결정에 참고자료로 활용하였다.

기존의 국산 제품은 타이머/카운터 회로와 아날로그 신호 처리 회로로만 구성되어 있어 신호전달 응답 안정성을 확보하기 위한 시간지연 요소가 많이 있었다.

응답속도의 개선을 위해서는 마이크로프로세서에 의한 능동적인 회로와 신호처리를 가함으로서 기존의 아날로그 안정화를 위한 회로 지연 요소를 제거하여야 한다.

한편 분석된 2가지의 외국산 제품을 모두 복수의 마이크로프로세

서를 장착하는 지능형 제어장치로 구성되어 있었으며 투수광부도 CPU를 탑재하고 각종 표시 기능들을 부가하고 있으며 부분차광 선택 기능 등 다양한 기능들의 구사가 가능한 것으로 분석되었다.

나) 개발 사양의 결정

기존 제품의 분석에서 발췌된 문제점들과 외국 제품들에서의 주요기능 사양들을 종합하여 지금까지의 낙후된 국내 방호장치 제품 수준을 과감히 탈피하고 외국 제품에 견줄만한 성능 사양들을 3차에 걸친 시제품의 시작(試作)과 테스트로서 단계적으로 진행하였다.

1차 시작품에서는 마이크로프로세서 1개를 채택한 회로로 구성시켜 응답속도를 개선하고 소프트웨어 오류 방지 알고리즘, 릴레이 용착회로 변경, 대화형 입출력 디스플레이 등의 기능을 갖는 초기 시험 제작품을 완성하였으며 평가 검증에서 수정 및 추가 사항을 조합하여 개선된 2차 시작품에서는 선택 차광 방호 기능의 추가와 입출력 스위치를 추가하는 것을 주된 특징으로 하였다.

2차 시작품의 평가에서도 사용상의 편의성과 상품성을 고려하여 연속 순차 차광무효화 기능 등 다수의 새로운 기능의 추가와 여러 가지 변경사항을 종합적으로 검토하여 하드웨어와 소프트웨어의 대폭적인 변경을 가함으로서 최종 시제품을 완성하였다.

다) 개발된 시작품의 구성 및 동작

기존 제품의 분석과정과 개발 사양 결정을 거쳐 최종적으로 완성

된 시작품 전모델의 구성과 동작을 서술하였다. 투수광부를 포함하는 주제어기판(main control board)의 하드웨어 설계와 그 요소 기술의 동작과 신호처리 단계별로 국산품에서 분석 발췌된 문제점들을 보완하여 설계에 피이드백하였고 동작 안정성과 상품성을 고려한 설계, 나아가 외국제품에 견줄만한 수준의 하드웨어를 완성하였다.

주제어기판의 구성은 기본적으로 2개의 마이크로프로세서가 하나는 전체 시스템의 타이밍 발생과 전반적인 방호 신호처리 동작을 담당하고 소형 단일칩 CPU인 또 하나의 마이크로프로세서가 fail safe 기능을 담당하는 watch dog timer로서의 기능을 수행한다.

각 프로세서에서 수행되는 지능형 소프트웨어는 다양한 외란과 방호의 경우를 고려하여 redundancy 기능을 충족시키도록 알고리즘을 구성하였으며 하드웨어의 구성과 비용을 최소한으로 하기 위한 상품성과 경제성을 고려하여 소프트웨어의 비중을 크게 하여 시스템 소프트웨어를 구현하였다.

라) 개발된 시작품의 기능 및 성능 평가

시작품의 하드웨어와 소프트웨어를 단계적으로 검증 평가하면서 발생된 개선 사항들을 종합하여 최종단계의 시제품을 제작하고 이에 대한 기능과 성능들을 평가하였다.

먼저 지동시간의 평가로서 1차년도에서 개발된 지동시간 평가 방법을 이용하여 평가하였으며 기존 국산제품보다 신호처리 회로에서의 지동시간은 당해연도의 개발품이 훨씬 우수한 것으로 나타났으며

외국산 제품의 성능에 근접하였다. 외국산 방호 장치들은 고가의 고속 CPU를 사용한 당연 결과로 해석되며, 본 개발품은 가격 경쟁력을 고려하여 low cost형을 사용하였다.

redundancy 조건을 고려한 릴레이 동작 회로는 relay 용착 회로의 개선으로 기존 제품의 불안정성으로 인한 잦은 트러블의 문제를 해결하여 주었으며 여러 가지 조건에서도 이상 없이 동작됨을 확인하였다. 선택 차광 무효화 preset 기능과 연속 순차 차광 무효화 기능은 외국 제품과의 경쟁력을 위하여 도입한 기능으로 소프트웨어의 대폭적인 수정으로 하드웨어의 변경이나 추가 없이 구현하여 가격 경쟁력을 갖추도록 하였다.

다음으로 제어회로의 노이즈 특성 평가를 수행하였으며 전원 시험으로서 본 연구의 또 다른 부산물로서 마이크로프로세서가 부착된 기관의 전원 테스트용으로서의 전원 순단 시험 장치 시스템을 개발하여 본 실험에 유용하게 평가도구로서 사용하였다. 실험 평가의 결과 규정된 범위 내에서 양호한 동작을 수행하는 것을 확인하였다.

제 2 장 기존제품의 분석

본 절에서는 기존 방호 장치로서 국내 S사의 제품과 외국 2개사의 제품을 심층분석하여 본 연구의 개발 성능과 기능의 참고적 자료로 활용하고자 하였다.

2-1 기존 국산제품의 문제점 분석

97년도 연구결과에서 기존 국산 제품으로서 국내에서 널리 사용되고있는 국산 S사 제품에 대한 방호장치 회로 동작 분석과 기기의 성능분석 평가를 수행하였다.

그 기본 구성은 기능별로 그림2-1과 같이 3부분으로 구성되어 있다.

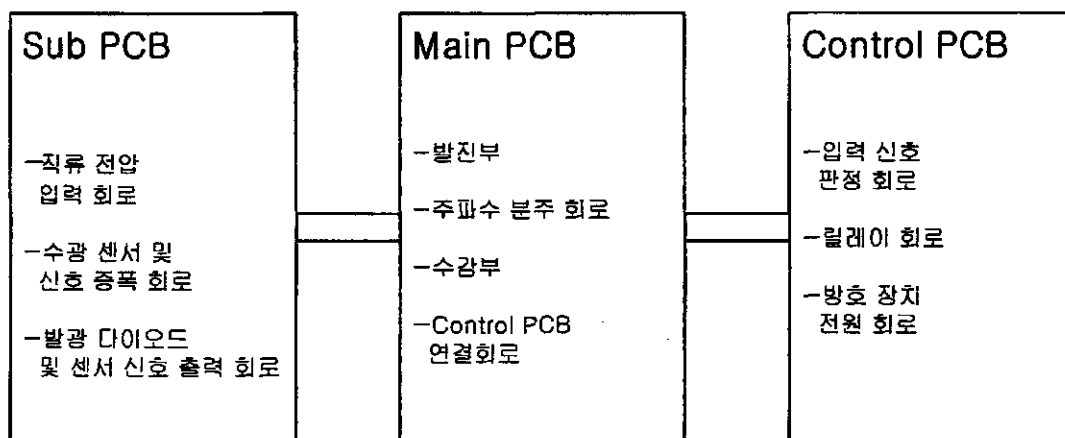


그림 2-1. 기존의 국산 제품의 기능별 구성도

과년도 연구 수행에서 일부 지적되기는 하였으나 보다 나은 성능개선을 위해 국산제품이 가지고 있는 근본적인 문제점을 심층 분석하고 이에 대한 개선점을 도출하였다.

기존 국산제품의 문제점들은 다음과 같이 분석되었다

1. 기존의 제품은 투광부의 광원을 거울형 반사판으로 반사하여 수광부에서 수광하고 이때 차단되는 광축이 발생할 경우의 프레스의 클러치를 해체시키고 기계적 브레이크 장치를 구동시키는 것을 기본으로 하는 방호장치이다.

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 엄격한 의미에서 손가락이나 손의 방호장치로 사용이 불가능한 것이다.

선진국에서는 거울형은 찾아보기 힘들며 유명 제조회사에서는 생산조차 하지 않고 있다.

이는 간편한 반사판만을 설치하고 투수광부가 한 부분에 집약되어 있어 설치가 편리하고 저가격화가 가능한 장점이 있으나 반사판 가까이에서의 광축차단의 불안전요소의 발생과 외국 수준의 연속 차광폭 14mm이하의 정밀한 방호기능을 수행하기에는 기술적으로 제약

이 수반된다.

또한 외국 제품의 다양한 기능들, 즉 선택적 차광 무효화 기능 및 연속 순차 차광 무효화 기능 등 다양한 작업환경과 생산공정에 요긴한 기능들의 이식이 거의 불가능하다.

이는 기존 제품이 최초의 급속한 산업발달에 부응하지 못하고 전용 작업을 위해 개발된 것이 아니라 범용적인 목적으로 생산 현장과 무관하게 범용적인 안전 방호측면 사항만을 고려하여 개발되어 사용되어 옴으로서 실제 사용자의 다양한 작업 환경과 투입 가공 소재의 특수성에 따르는 요구를 만족시키지 못하고 일부 작업장에서는 안전 장치의 기능 자체를 해제하고 무리하게 사용하여 잠재적인 재해 발생 요인을 가져다준 것이 사실이었다. 따라서 이에 대한 해결책으로서는 기존의 반사식이 아닌 투수광 분리형으로 하여야만 이러한 문제점들을 해결할 수 있다.

2. 기존 국산 제품의 회로는 오래 전에 일본에서 도래된 회로설계로서 지능화가 결여된 단순방호동작 뿐인 회로이므로 기능의 변경이나 프리셋트 기능 등 디지털적인 기억요소가 필요한 설계로의 변경시 논리회로의 추가가 매우 복잡해지며 아날로그 회로와의 연관성 또한 복합적으로 기존의 상관 관계가 무너지는 경우가 허다하다. 특히 복잡한 아날로그 회로에 의한 신호처리는 온도의 변화, 습도, 계절, 물리, 화학적인 환경조건에서 변화가 심하여 일률적인 동작의 안정성을 생명으로 하는 방호장치에는 치명적인 결함과 제조상의 조정부위와 균일한 신뢰성 있는 부품의 선별을 위한 노력이 부가적으로

필요로 된다. 따라서 기술 선진국들의 최근의 방호장치는 거의 대부분 마이크로프로세서를 탑재한 회로로 구성되고 투수광부의 모듈화에다가 심지어는 투수광부에까지 별도의 마이크로프로세서를 탑재하여 디지털 직렬 통신에 의한 Main PCB와의 데이터 통신으로 방호 시스템을 구축함으로써 부위별 모듈화 및 다양한 기종과의 연결 확장을 이루하고 있다. 즉, 현재의 미국, 독일 제품들이 모두 마이크로프로세서를 탑재한 지능화회로임을 볼 때 본 개발 계획도 지능화 설계로 방향을 잡아야 할 것으로 분석되었다.

3. 기존 회로는 방호 연속 차단폭을 30mm의 최소폭을 기준으로 설계되어 14mm 접근에는 회로의 동작 지연과 다중연결 확장에 큰 무리가 따를 것으로 판명되었다.

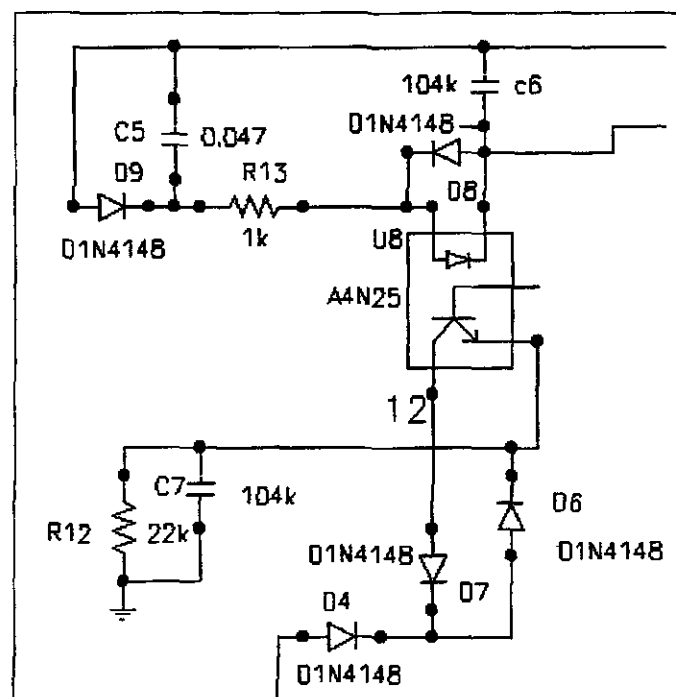
광전자식 방호장치의 해상도는 안전거리를 계산할 때 침투거리를 결정하는 매우 중요한 인자로 우리의 경우 투·수광부 또는 반사판 사이를 4m로 고정시킨 후 차광봉을 통과시켜 연속적으로 차광할 수 있는 최소직경을 연속차광폭이라 하고 있다.

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

선진국에서는 완벽한 안전을 확보하기 위해서 방호장치의 해상도는 투광부 렌즈를 통과한 빛의 퍼짐 정도를 측정하고 이를 바탕으로 기하학적으로 광선이 완전히 차단될 수 있는 상태를 기준으로 결정하고 있다. 예컨대 투·수광형이면 두 개의 인접한 렌즈의 양단사이

후술하는 외국 제품의 경우 연속 차광폭이 14mm 기준으로 설계되어 있고 투수광부의 광축형성을 위한 정밀한 가공기술과 하드웨어적 노력을 발견할 수 있다. 따라서 국내 신개발품도 14mm 수준으로 이행하여야 될 것으로 본다.

그림 2-2의 회로는 기존 회로의 릴레이 용착 센싱 회로이다.



- 17 -

주 릴레이가 전원이 차단되어 개방되어야 함에도 용착으로 계속 붙어있을 경우 u8의 포토커플러의 LED가 동작하여 용착으로 판정하고 용착 릴레이를 차단시켜주는 회로로 되어 있다.

그러나 포토커플러의 투수광부간에 디지털 전압(5V)과 상용 전원 전압(AC 220V)의 전위차가 걸려있고 용착 릴레이가 open될 때, 포토커플러 LED에 고전압이 인가되는 우려가 발생하는 안정성이 좋지 못하며 실제로는 이 I.C가 자주 파괴된다고 제조업체로부터의 경험을 들은 바 있다. 따라서 이 부분의 안전성을 위한 회로 변경이 이루어져야 한다.

또한 부분적으로 전원 라인(AC 220V)과 저전압 회로 간선이 인접교차하고 있는 등 기판의 내구성에 의문시되는 부위가 몇 개소 존재하였으며 이는 추후 설계시 변경되어야 한다.

5. 동작 안정화를 위해 신호전압 요소에 지연회로가 들어있어 전체 시스템 동작지연에 영향을 주는 회로 방식이므로 이에 대한 개선이 요구되었다.

그림 2-3의 회로는 기존의 수광센서 신호 출력 회로이다.

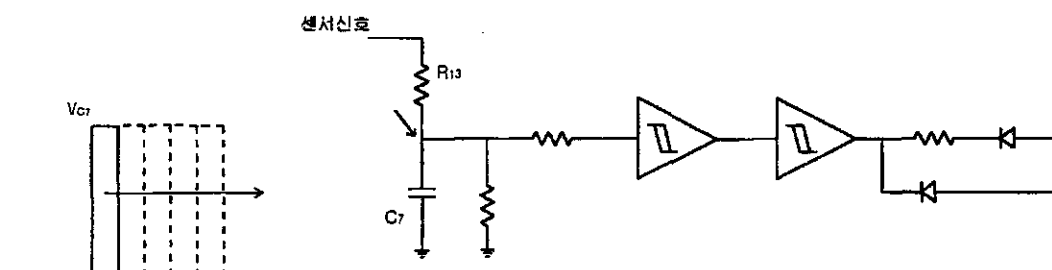


그림 2-3. 기존의 수광 센서 출력 회로

17kHz의 좁은 펄스로 투광된 광원이 수광센서에 센싱되어 증폭되고 Q6 TR로 개별 차광 신호가 검출된다. 이때 동작의 안정화를 위해 그림 2-4에 표시한 바와 같이 R12과 C7로서 몇 개의 펄스를 모아 다음 단의 슈미트트리거 I.C의 입력으로 보내고 있는데 신호 안정화를 위한 생각은 좋으나 일정 개수의 펄스가 모아져야 슈미트레벨 감지가 됨으로 이때까지의 신호지연은 피할 수가 없다. 따라서 회로 동작 지연 요소의 가장 핵심적인 부분으로 이 부분의 지연을 최소화시키고도 안정화된 센서 전압레벨 검출이 가능하여야 제어회로에서의 지동시간을 최대한 단축시킬 수 있다.

6. 용도별, 사용자별, 선택사양 등 제어동작의 변경 등이 허용되지 않는 고정동작 개념의 회로 방식이어서 이에 대한 개선 및 추가 기능들이 요구되었다.

7. 기타 하드웨어적으로 불안정 동작을 유발할 수 있는 부분들이 분석되었다. 즉 아날로그 회로와 디지털 회로와 상호 간섭 등 부품수가 많고 구성 배치가 동작 안정성을 저하시키는 부위품이 많이 존재하였다.

2-2. 외국 제품의 구조 및 기능 분석

본 절에서는 광선식 방호 장치로 세계적 명성이 있는 2개의 외국

제품을 입수하고 그 내부 구조를 분석하고 제품의 특징 및 기능을 평가하여 본 연구의 개발 대상 성능과 기능에 참고로 하고자 하였다.

2-2-1. 미국 B사 제품의 특징 및 기능

기본적으로 의견상 견고한 구조로 제작되어 있으며 그림 2-4와 같은 구성을 기본 단위로 하고 있다.

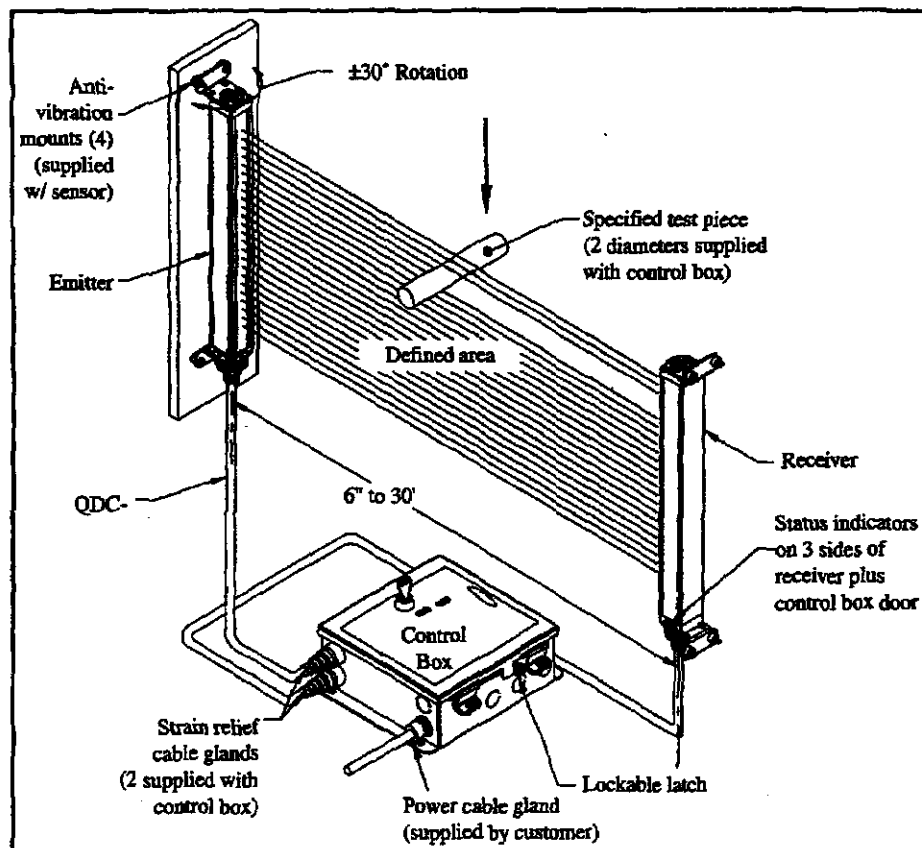


그림 2-4. 미국 B사 제품의 기본 구성

국산과 외국 제품의 공통적인 차이점은 Main PCB 회로뿐만 아

니라 투수광부에도 제어 마이크로프로세서가 장착되어 있어 제어장치와의 디지털 직렬 통신으로 투수광부센서의 신호처리를 담당하고 있는 것을 특징으로 한다. 한편 수광부(receiver)에 3개의 status indicator LED와 본체(control box)에 diagnostic Indicator로서 4개의 LED, 그리고 3개의 system status를 표시하는 LED가 장치되어 있다.

status indicator는 색깔별로 각각

Green : Clear

Red : Blocked

Yellow : Reset

을 표시하며 시스템의 상태 표시를 보여준다.

자기 진단 기능 표시는 1개의 녹색 LED와 3개의 적색 LED로서 9개의 종류를 녹색 LED를 MSB로 하여 2진 코드로 분류하고 각각의 상태표시를 다음과 같이 구별하고 있다.

0 : System is O.K

1 : Relay Signal err

2 : Key Input err

3 : Controller err

4 : Receiver err

5 : Emitter err

6 : Communication err

7 : DIP switch err

8 : CPU err

또한 option 기능으로서 부분 차광 무효화 기능을 수행할 수 있는데 2개의 DIP 스위치로서 2개의 광축까지 무효화시킬 수 있게 되어 있다.

그림 2-5는 내부를 분해하여 Main PCB 기판부를 분석해 본 구성 블록도로서 2개의 microprocessor, 즉 87C51 Main CPU와 RISC chip CPU인 PIC 16C65로서 시스템 상태 체크와 watch dog timer 기능을 구성하고 있다.

대부분의 부품들이 표면 실장형 소자(Surface Mounted Device : SMD)로 제작되어 있어 compact하면서 견고한 구조를 특징으로 하고 있었다. 전원은 상용 전원(115VAC) 사용을 기본으로 하고 있다.

미국제 B사제품

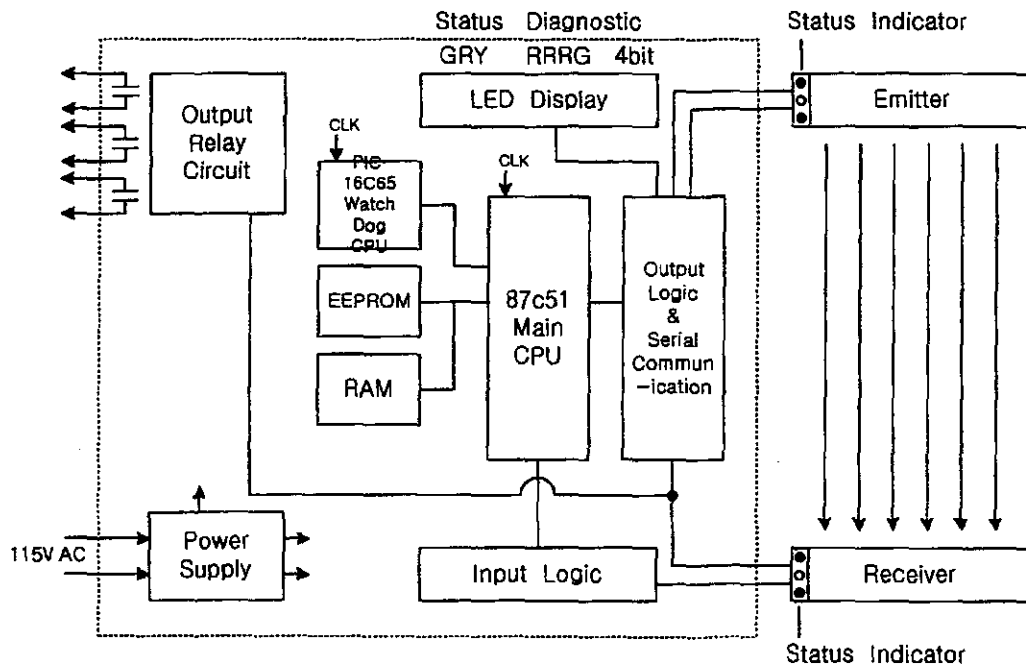


그림 2-5. 미국 B사 방호장치의 내부 구조 분석도

2-2-2. 독일제 S사 제품의 특징 및 기능

독일 S사의 방호 장치 제품은 그림 2-6과 같이 외견상 PLC처럼 간결하면서도 특히 투수광부는 렌즈나 주위 금속 금형몰이 상당히 견고하고 값비싼 구조로 되어 있는 것이 첫인상의 특징이다.

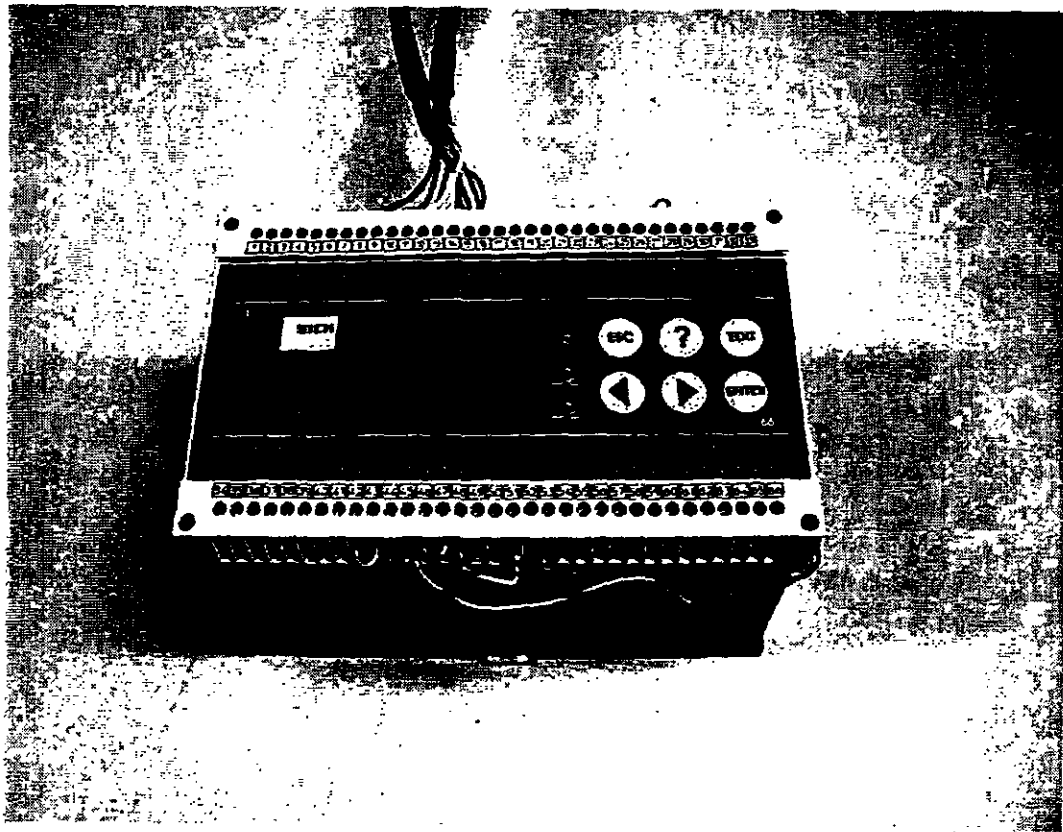


그림 2-6. 독일 S사의 방호 장치 주 제어부

사진과 같이 Main PCB는 흡사 PLC의 모습과 같이 상당히 많은 (66개) 입출력 단자수를 가지고 있었으며 다양한 동작과 기능을 구사

하는 것을 특징으로 하였다. 또한 대화식 LCD 디스플레이 구비하여 입출력 관련 정보를 교환할 수 있도록 배려하고 있었다.

독일제 S사 제품

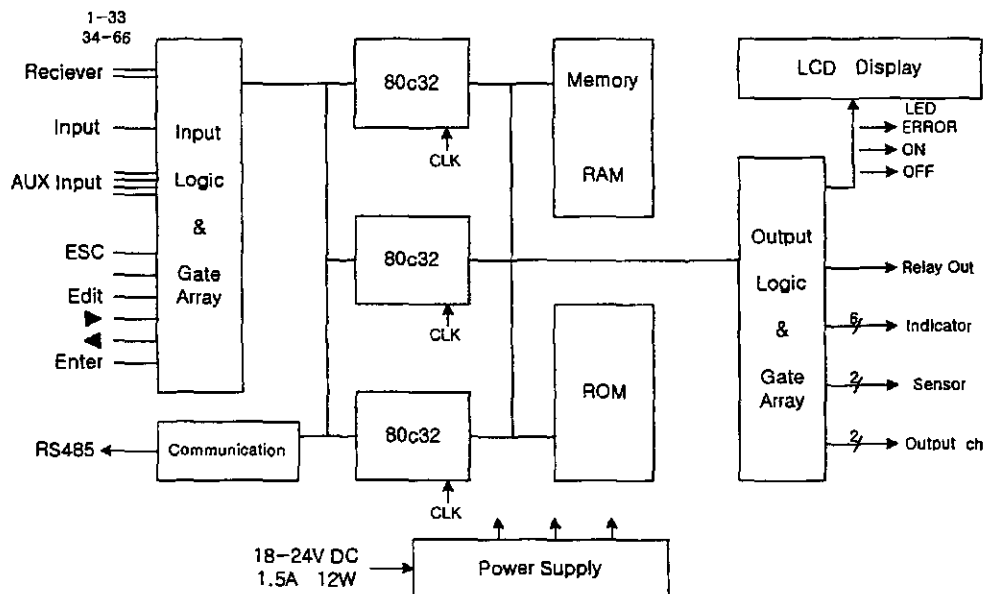


그림 2-7. 독일 S사 방호장치의 내부 구조 분석도

그림 2-7은 분해하여 분석해 본 독일 S사 방호장치의 내부 블록 구성도로서 고속의 마이크로프로세서인 80C32를 3개를 사용하여 main처리와 WDT처리, self diagnositic처리, 디지털 통신 등을 수행하고 있다. 특히 투수광부에도 그림 2-8과 같이 1개씩의 통신 전용 마이크로프로세서를 탑재하여 본체와 디지털 직렬 data 통신으로 차광위치 신호를 파악할 수 있고 명령에 의하여 부분 차광 무효화 기능, 연속 순차 차광 무효화 기능 등을 수행하는 것으로 분석되었다.

그림 2-9는 투수광부의 사진이다.

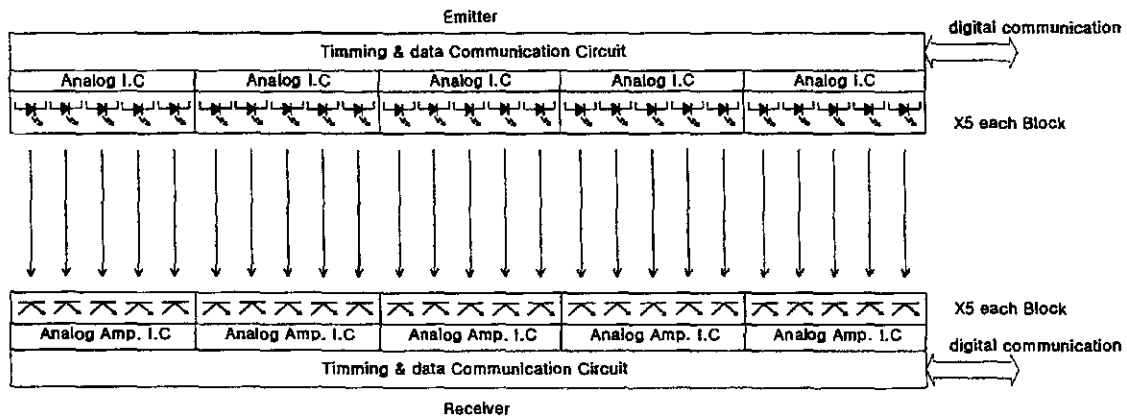


그림 2-8. 독일제 투수광부의 구성도

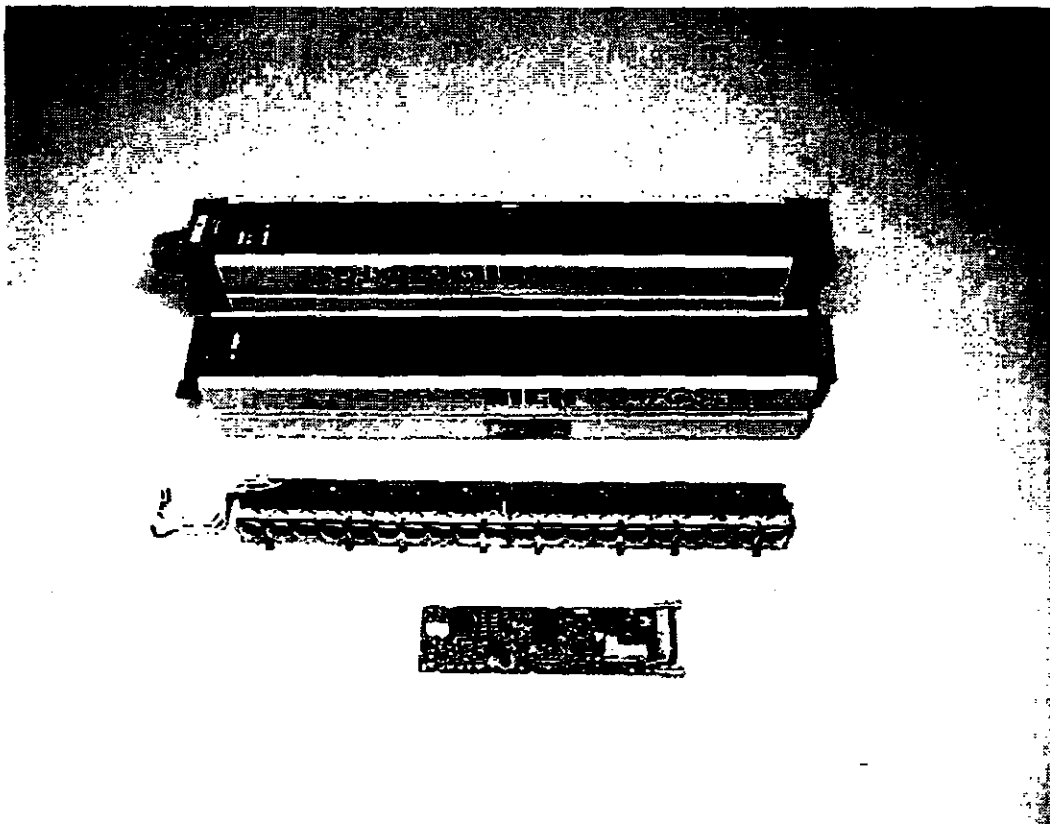


그림 2-9. 독일제 투수광부의 사진

또 다른 특징으로는 매우 compact한 본체의 케이스 내부에는 동작 릴레이가 장착되어 있지 않았으며 외부 연결 방식으로 되어 있었고 전원회로도 간단하게 DC 18-24V 입력으로 되어 외부 전원 장치와 릴레이 구성을 필요로 하고 있었다.

제 3 장 개발사양 진행과정

본 절에서는 본 연구의 진행 과정을 서술한다. 기존 국산 방호장치의 문제점 분석에서 외국 제품의 특징과 기능 등을 참고하여 본 연구의 방호 장치 개선 시제품을 단계별로 설계 제작하였는데 3차에 걸쳐 시제품의 평가와 수정을 수행하였다. 이하 그 과정에 대한 세부 내용은 다음과 같다.

3-1. 지능화 회로 설계로의 전환

기존의 국산 제품은 투수광부 회로와 제어 회로로 크게 구성되어 있는데, 제어회로는 카운터 IC와 몇 개의 논리 회로 그리고 신호처리 안정화를 위한 아날로그 회로만으로 구성되어 있어 사실상 시간 지연요소가 많고 사양 변경에 대한 유연성(Flexibility)이 제한되어 있는 결점이 많다. 그러나 부품의 입수가 용이하고 가격이 싸다는 장점과 오랜 기간 생산 판매되어 오던 경험으로 지금까지 사용되고 있으나 본 과제에서 분석된 외국 제품의 성능과 사양 등과 비교해 볼 때 너무 큰 격차가 있어 외국제품과 견줄만한 제품을 개발 생산하지 않을 수 없는 시기에 이르렀다.

먼저 외국제품과의 가장 큰 차이점은 모두가 마이크로프로세서를 내장한 소프트웨어에 의한 유연성을 갖는 기종들이라는 것을 쉽게

확인할 수가 있었으므로, 본 과제도 제어회로의 유연성화 즉 지능형 마이크로프로세서 내장 회로로 개발되어야 한다는 결론에 이르렀다.

마이크로프로세서가 내장됨으로 갖는 장점은 아래와 같다.

- ① 동작 및 사양의 신호처리 변화에 대한 유연성 확보
- ② 아날로그 신호처리 안정화를 위한 지연 요소 제거
- ③ 투수광부의 확장이 용이
- ④ Redundancy 조건의 하드웨어 및 소프트웨어 2중 안전장치 확보
- ⑤ 입출력 조건 설정의 편의성
- ⑥ PC와의 데이터 통신 확장 가능

따라서 마이크로프로세서 내장 제어회로를 채택하는 것을 우선적으로 결론을 내렸으며, 본 연구를 수행하기 위하여 과년도 연구결과를 분석검토하고 국내방호장치의 문제점을 도출하여 성능이 개선된 시제품 개발을 위하여 다음과 같이 수행하였다.

- ① 기존의 문제점 분석에 대한 개별 요구사항 결정
- ② 성능향상을 위한 방향 결정 → 지능화 회로 설계
- ③ 방호속도 향상 및 신뢰도 향상을 위한 설계 → 출력회로의 무접화 다중방호 방식 채택
- ④ 참여 업체와의 협의를 통한 생산성 및 경제성을 고려한 하드웨어 설계 및 사양최종결정
- ⑤ 선진국 안정장치 성능 비교 분석

- ⑥ 지능화 소프트웨어 설계 및 수정 개선
- ⑦ 방호 회로 PCB CAD 설계
- ⑧ 시제품 전모델 제작 및 평가 시험
- ⑨ 국내외 제품과 비교 검증 및 특성 보완

3-2. 1차 시작품의 제작과 검증 분석

본 연구의 최초 설계의 타당성 검증을 위한 시행으로서 1차 시작품을 제작하였으며 그 주요 특징은 다음과 같다.

- ① 마이크로프로세서 채택 응답 속도 개선
- ② 소프트웨어 오류 방지 알고리즘
- ③ 전류 검출 방식 릴레이 용착 회로
- ④ 7 segment 4 digit Display에 의한 입출력 확인기능

따라서 기존 문제점으로 분석된 사항들을 바탕으로 마이크로프로세서가 탑재된 지능형 회로로서 기존의 성능과 동작속도를 충분히 증가하는 기초 회로를 구상하였다. 그 기본 주요 특성은 다음과 같다.

- ① 2개의 마이크로프로세서를 탑재시켜 하나는 주 프로세서(Main CPU), 나머지는 보조 프로세서(Watch Dog Timer)로 주프로세서의 오동작을 감시하며 fail-safe기능을 갖도록 했다.

- ② 센서 신호 입력 오동작 방지를 위한 펄스입력 조절선택 기능을 추가하였다.
- ③ 릴레이 용착 센싱회로를 전류 검출 방식으로 하고 릴레이 3개에 의해 redundancy 조건을 확립하였다.
- ④ 각 사양에 대한 사용자 설정 기능을 추가하여 이를 LED 7 segment display로 표시하는 기능을 추가하였다.
- ⑤ CPU의 소프트웨어 보강으로 오동작 방지 및 system out에 대한 최대한의 대책알고리즘을 추가하였다.

그림 3-1은 1차로 설계된 주 제어 장치의 전체회로로서 watch dog timer 사양이 결정되지 않은 상태에서 실험적으로 설계 제작하여 동작 테스트를 해본 것이다.

출력회로는 그림의 회로와 같이 relay 3개 (RL1, RL2, RL3)를 a, b 점점교대동작으로 하여 redundancy조건을 구현하였으며 릴레이 용착은 RL1과 RL2 직렬회로에 흐르는 부하전류를 CT로 검출하고 이를 OP amp를 이용한 파형정형회로와 증폭안정회로를 거쳐 CPU가 인식하도록 설계하였다.

그림 3-2는 1차 설계회로로 제작된 동작 실험용 시험기판의 사진이다.

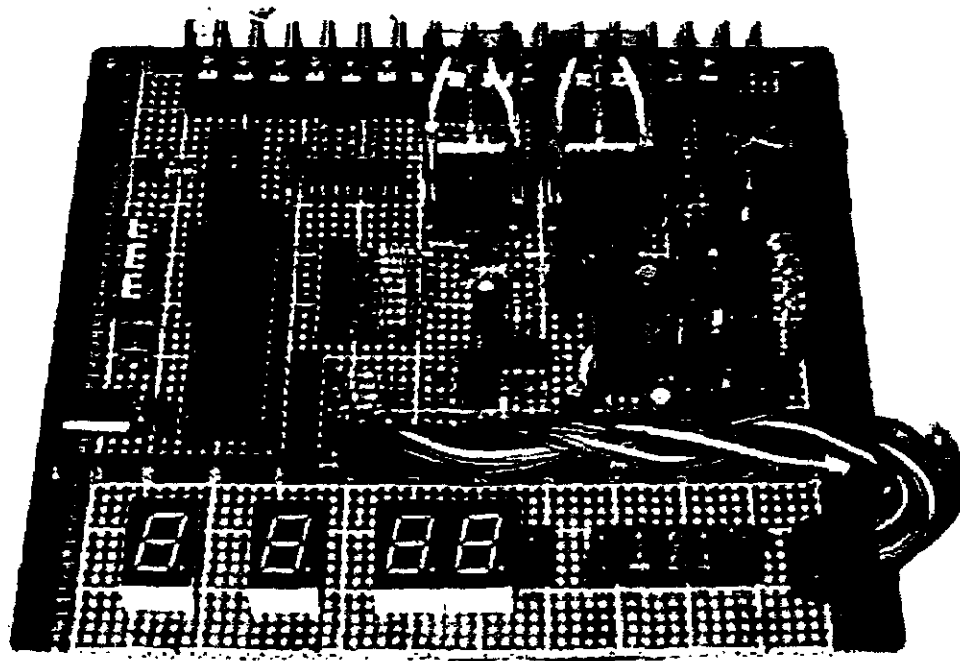


그림 3-2. 1차 설계회로의 시험 기판

1차 시작된 회로의 기본동작을 테스트해본 결과 동작속도와 응답 특성은 비록 투수광부는 확정되지 않은 단계였지만 기존 국산 방호 장치 회로보다 지동시간 성능 등이 훨씬 능가하는 만족할 수준이었다. 아직 watch dog timer 기능 등 보조 CPU가 장착되지 않은 상태에서 광센서의 차단동작에 대한 모의실험 응답기능만 테스트한 상태여서 성능의 수치적인 검증은 하지 않았으며 적용테스트 후 협력업체측의 요구에 의해 새로운 성능과 사양을 추가하였다.

3-3. 2차 시작품의 제작과 검증 분석

1차 시작품의 시험평가 협의에서 다음과 같은 수정 및 추가 사항이 지적되었다.

- ① 선택 차광 방호 기능의 추가
- ② 사용 및 차단 센서 변경 입력 스위치 추가
- ③ 릴레이 동작 방식의 변경
- ④ digit식 표시 방식을 개별 투수광 동작 표시 LED로 변경
- ⑤ 릴레이 용착회로의 방식변경

이상의 검토 사항을 근거로 하드웨어와 소프트웨어를 대폭적으로 변경하여 2차 시작품을 완성하였는데 그 주요 특징은 다음과 같다.

- ① 2 CPU(마이크로프로세서) 채택 watch dog timer 기능 강화
- ② 소프트웨어 알고리즘 강화
- ③ Photo-coupler식 릴레이 용착 회로
- ④ LED diode에 의한 status indicator 표시
- ⑤ 선택 차광 preset 기능 추가

2차 시작품의 성능 평가 회의에서 전단기나 절곡기(Bending Press)와 같은 용도로 사용의 경우, 연속순차 차광무효화 기능이 새로이 대두됨에 따라 본 기능을 추가하기로 협의하였다.

한편 업체측에서 완성하기로 한 투수광부는 2가지 안이 제시되었는데 제1안은 수광부를 기존의 회로와 최대한의 호환성을 살려 향후 병행하여 사용과 생산이 가능하도록 한 회로로서 수광회로의 출력을 공통으로 묶어 출력신호를 전송하는 것이다. 이 방법은 개별차광위치는 판독하지 못하는 단점이 있으나 기존 회로와 호환성이 있으며 부품 등이 많이 생략되었다. 투광부는 기존 회로와 유사하며 IC 4017 카운터로서 순차적으로 투광 LED를 스캔 동작시킨다. 역시 신호처리부에서는 투광위치를 파악하지 못한다. (그림 3-3 참조)

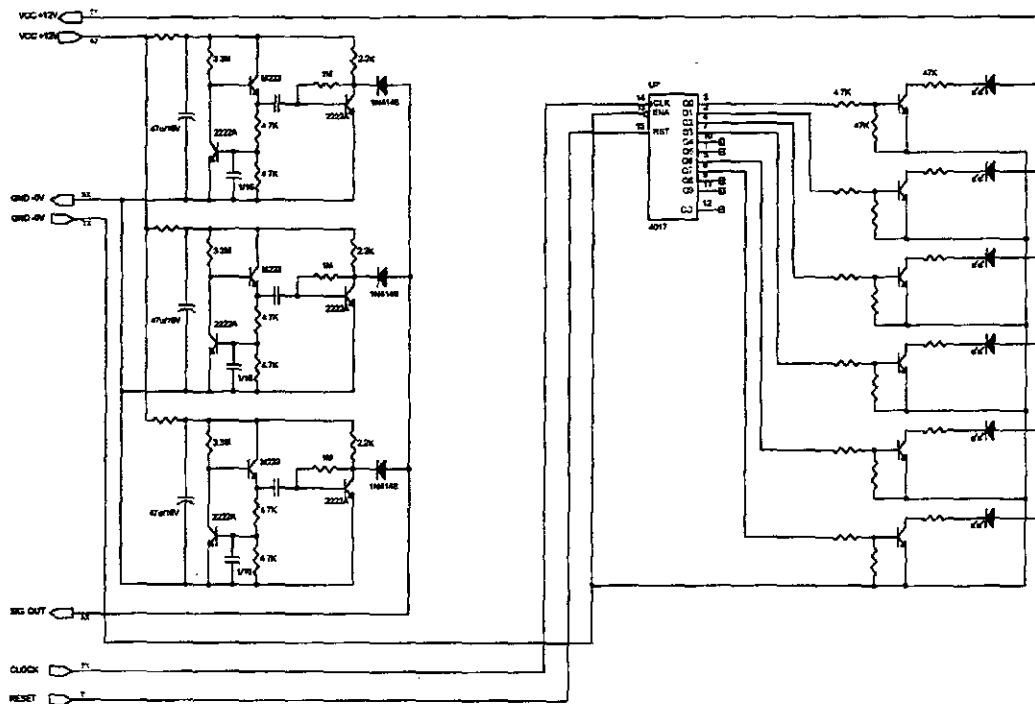


그림 3-3. 제1안의 투수광부 회로

제2안은 제1안의 개별 차단위치를 CPU로서 catch할 수 있도록 설계한 것으로, 4051 analog switch LSI를 이용하여 각 신호에 address를 부가함으로써 각 수광부의 위치를 판독할 수 있도록 하는 것이다.(그림3-4) 또한 다단의 투수광 블록을 확장하더라도 회선수만 증가하여 확장이 용이하다. 투광부는 1안과 동일하며 수광부는 기존 회로와의 호환성이 없다.

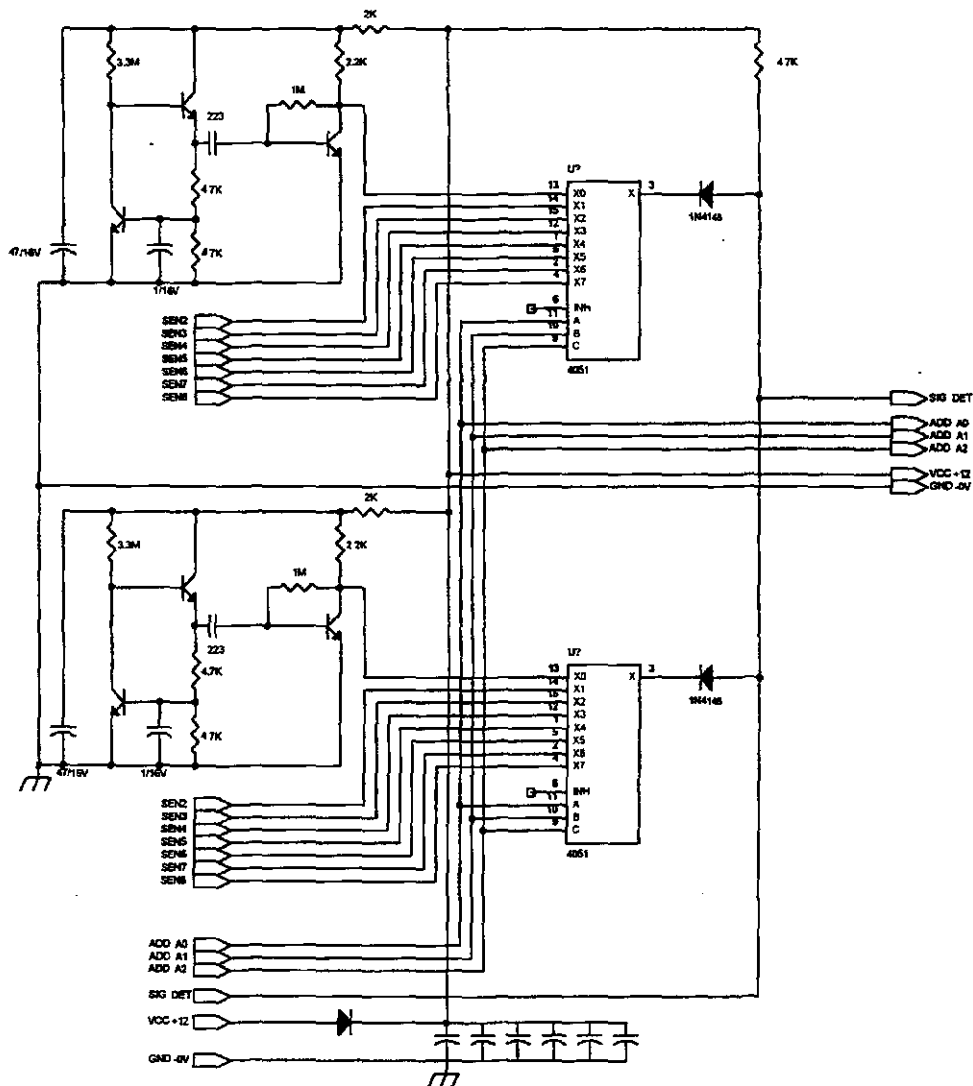


그림 3-4. 제2안의 수광부 회로

2 가지 안 중에서 협의와 검토를 거쳐 제1안으로 결정하였으며 기존의 광센서 회로의 특성을 최대한 호환성있게 보완하여 동작의 확실성과 속도의 개선에 중점을 두어 수정, 개선하며 진행하였다.

그림 3-5는 2차 수정된 회로 시작품의 완성회로이며, 그림 3-6은 그 부품 실장 도면이고 그림 3-7 및 그림 3-8은 각각 PCB lay-out과 시제품 사진이다.

한편 2차 시작품의 평가 검증에서 협력 업체와의 협의에 의해 하드웨어의 수정 및 추가사항이 제시되었는데 그 내용은 다음과 같다.

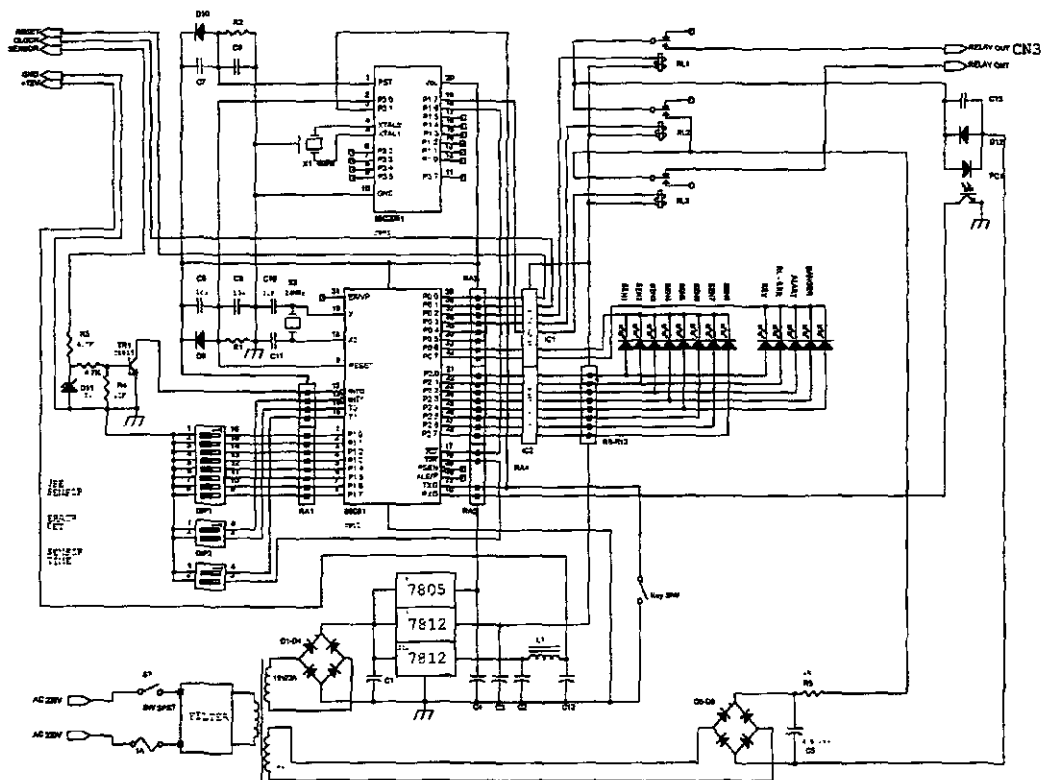


그림 3-5. 기능이 보장 및 수정된 2차 설계 회로

- ① 릴레이 음착 검지회로의 전류검출 방식을 무부하시에도 검출이 가능하며 방호규정에 맞는 사양으로 수정
- ② 방호 차광위치를 임의로 선택 제거할 수 있는 기능을 추가
- ③ LED segment Display는 실용상 제거하고 대신 각 투수광 센서의 표시 LED를 추가
- ④ 사용 및 차단 센서의 위치를 DIP 스위치 형태로 입력하는 기능 추가

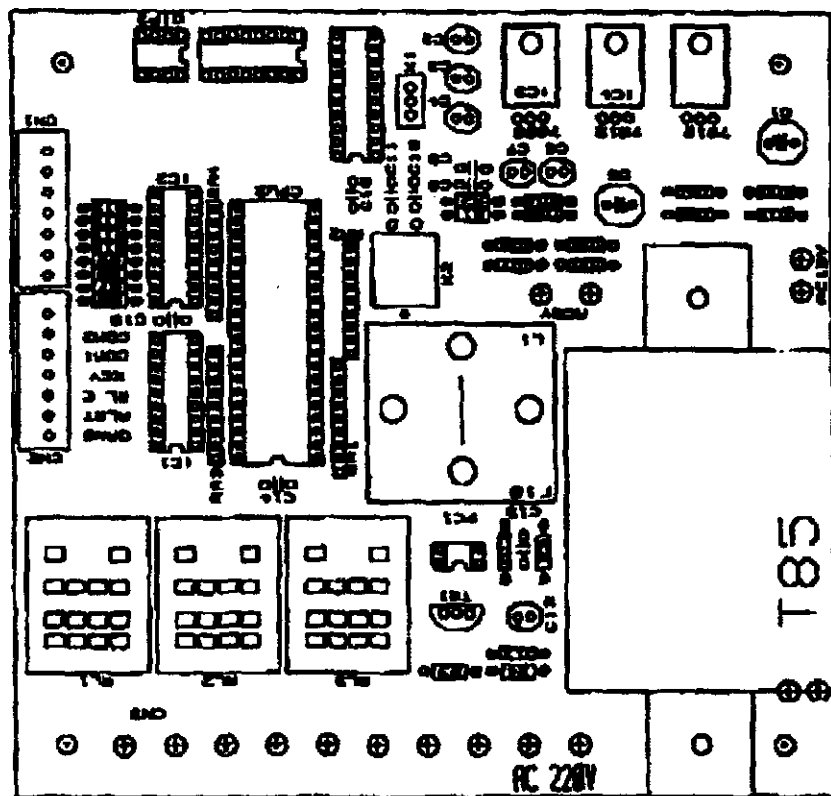


그림 3-6. 수정 2차 회로의 부품 실장 도면

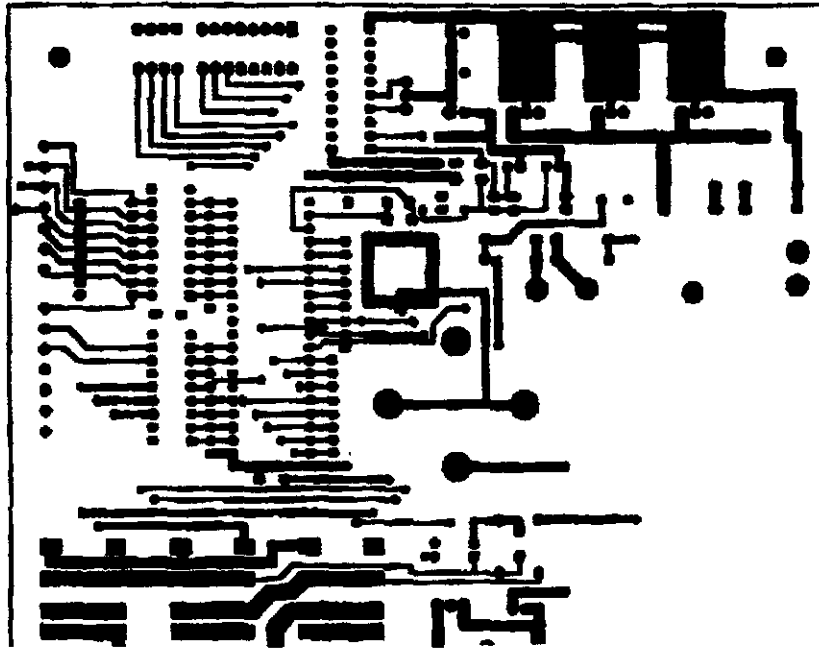


그림 3-7a. PCB lay-out(上)

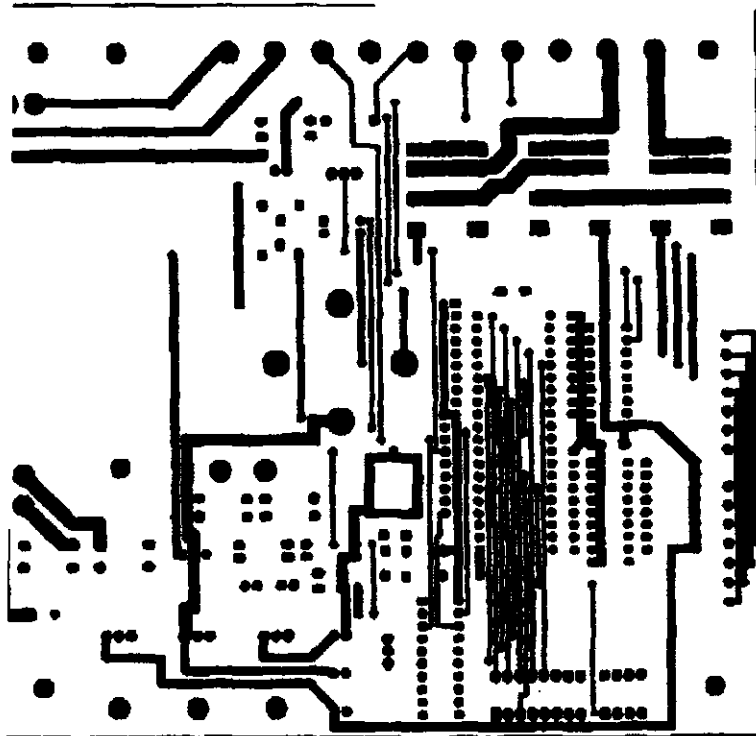


그림 3-7b. PCB lay-out(下)

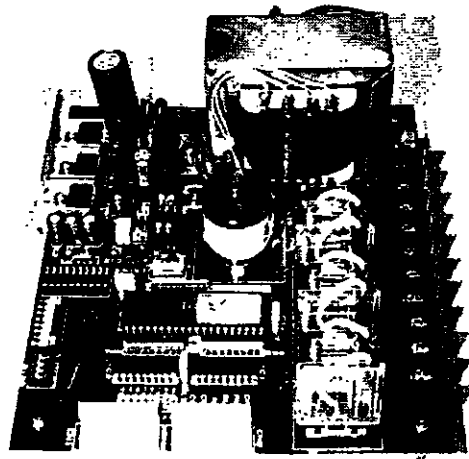


그림 3-8a. 수정 2차 회로의 실제 사진

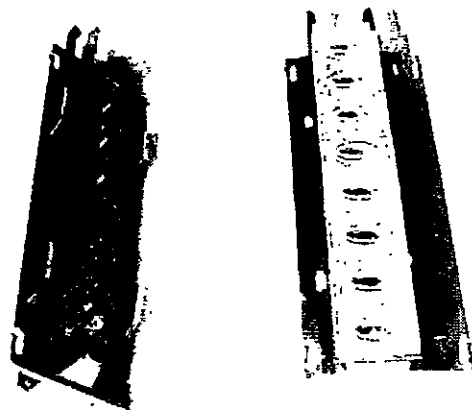


그림 3-8b. 하우징의 실제 사진

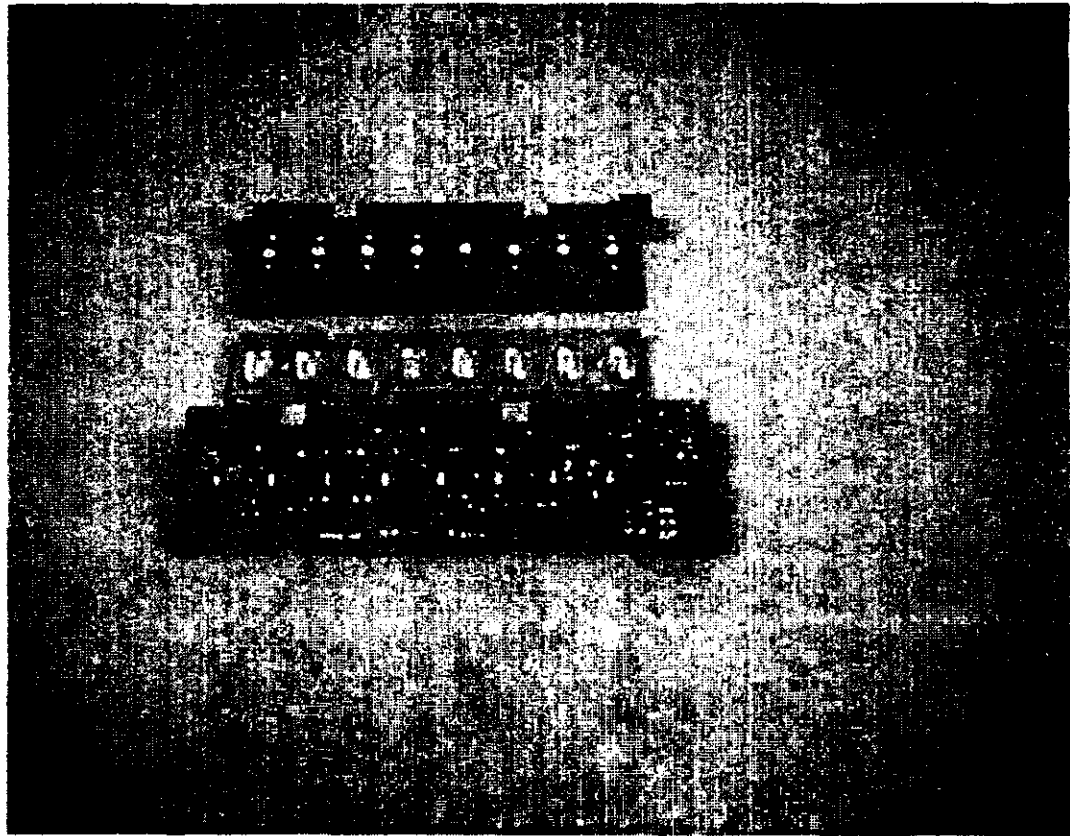


그림 3-8c. 투수광부 실제 사진

3-4. 소프트웨어 설계 및 수정

1차 시험회로는 투수광기의 선택 on, off 기능이 없는 방식으로 소프트웨어의 타이밍 결정이 비교적 용이하였으나 수정된 기능과 추가 사항이 있는 2차 회로는 소프트웨어적으로 시간을 맞추기가 대단히 어려워 1차 시작품의 소프트웨어를 대폭적으로 수정하였다.

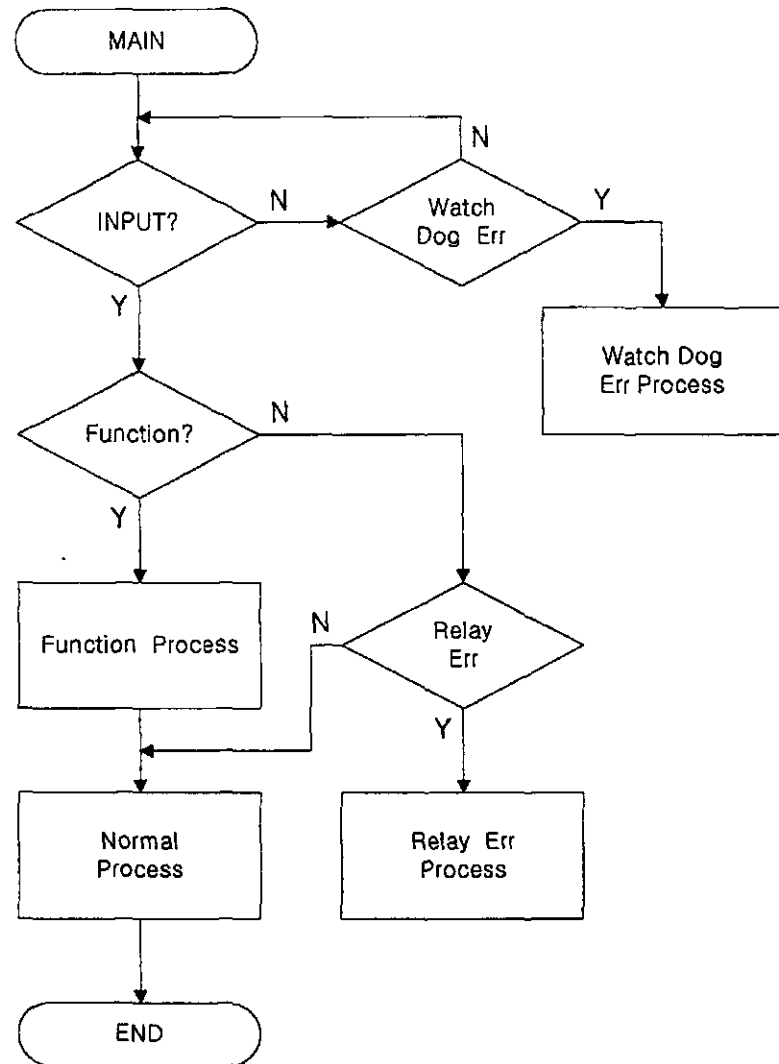


그림 3-9. 주 프로그램의 흐름도

그림 3-9는 방호장치의 주 프로그램의 흐름도로서 주 프로그램의 흐름도에서 차단 방호 동작을 수행하는 Normal process에서 그림 3-10의 수정된 추가 timing 발생 및 인식 알고리즘을 수행시켜 개별 위치 선택 및 파악이 가능하도록 프로그램 수정하였다.

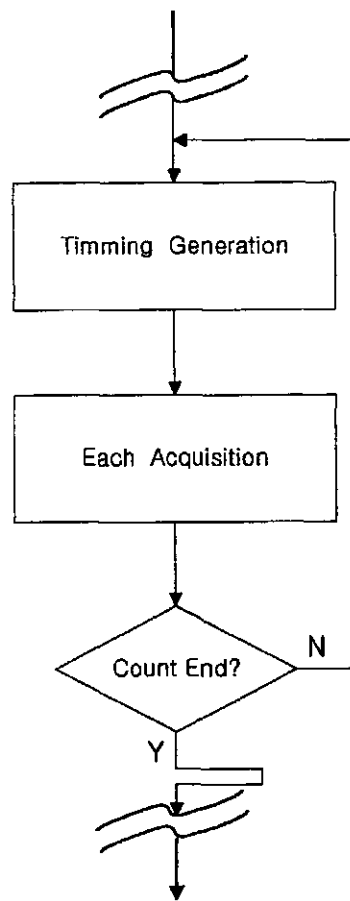


그림 3-10. 수정 부분의 흐름도

3-5. 3차 최종 시작품의 완성

이상의 협의와 검토를 거쳐 최종 기능과 성능들을 구현하는 최종 시작품을 완성하였으며 그 기능의 특징과 추가 기능을 요약하면 다음과 같다. 보다 상세한 내용과 설명은 각 절에서 서술한다.

3-5-1. 3차에서 추가된 기능의 특징

최종 시작품에서는 현장에서의 다양한 작업 환경에서 사용이 가능하고 외국 제품과 경쟁력을 갖추도록 아래와 같은 기능들을 부가하였다.

- ① Mode 1 : 가. 선택 차광 (1 - 8) 기능
 - 나. 차광 상태 응답 속도 조절 기능
 - 다. 릴레이 복귀지연 조절 기능
- ② Mode 2 : 가. 연속순차 차광 무효화기능
 - 나. 연속차광 중 다른 광축에식 투입 → 차단 기능
- ③ Watch Dog : CPU 에러시→ 차단→ 4 LED 점멸경보→ Key 재투입 해제
- ④ 용착 회로 : 가. 용착회로의 개선에 의해 동작안정성 및 내구성 강화 보완
 - 나. 용착시 차단→ 전원 차단후 고장 수리 후→ 재가동

3-5-2. 입력스위치와 출력표시등의 각 기능

입력 DIP 스위치의 각 기능과 출력 표시 LED의 내용은 다음과 같다.

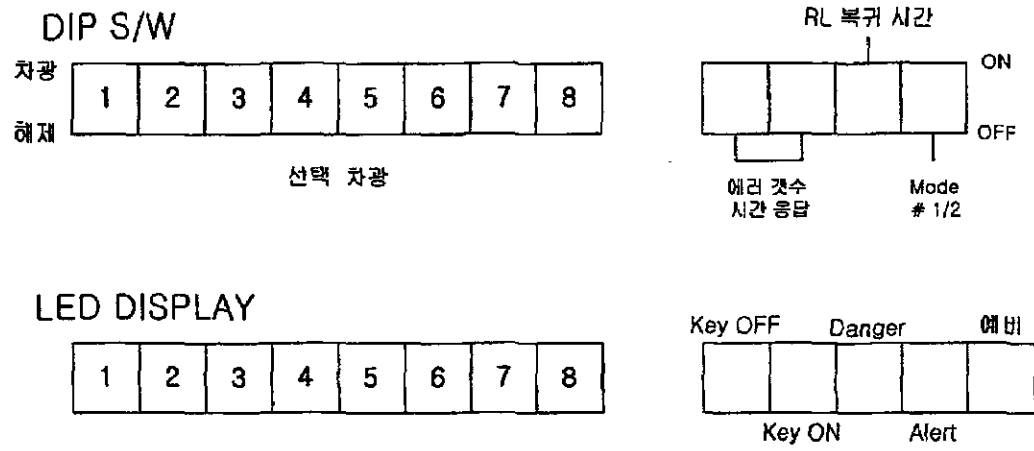


그림 3-11. 입력 DIP 스위치 기능 및 출력 표시 LED의 내용

제 4 장 개발 시작품의 구성 및 동작

4-1. 개요

본 절에서는 본 연구에서 개발된 최종 시작품의 구성과 동작에 대해 설명한다. 개발된 광선식 방호 장치는 전체적으로 그림 4-1과 같이 투광부 및 수광부와 Main PCB장치로 구분되며 Main PCB장치에는 2개의 마이크로프로세서에 각각의 소프트웨어가 구성되어 있다.

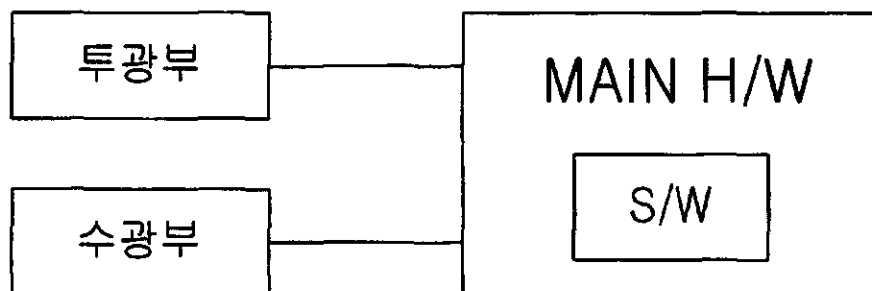


그림 4-1. 개발된 광선식 방호 장치의 개략 구성도

4-2 개발된 하드웨어의 구성과 동작

본 연구에서 개발된 하드웨어의 기본 구성은 그림 4-2와 같다.

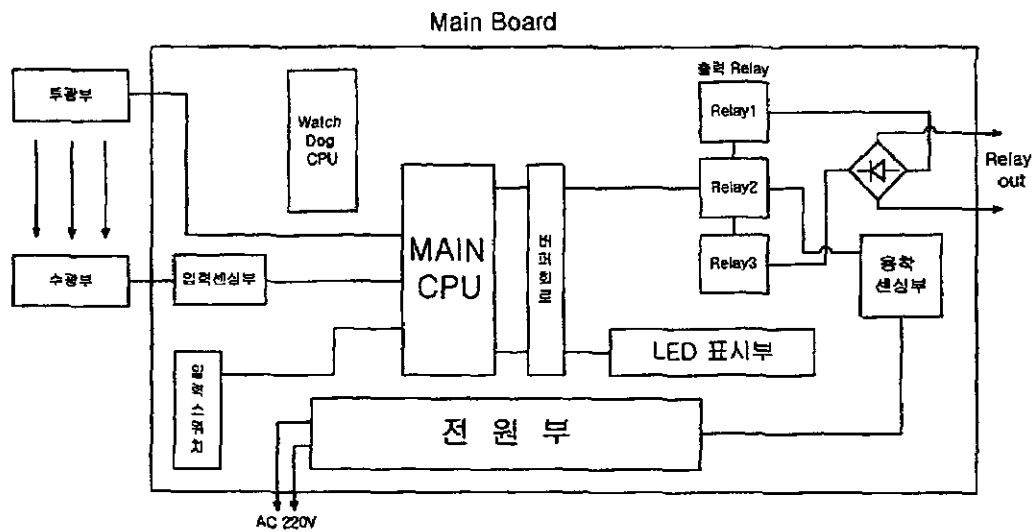


그림 4-2. 개발된 방호장치 시스템의 전체 구성 블록도

이하 각 부위별로 구성과 동작은 다음과 같다.

4-2-1. 투수광부의 개발과 구성 및 동작

(1) 투광부

그림 4-3은 본 연구에서 최종적으로 확정 개발된 투광부의 회로도이다.

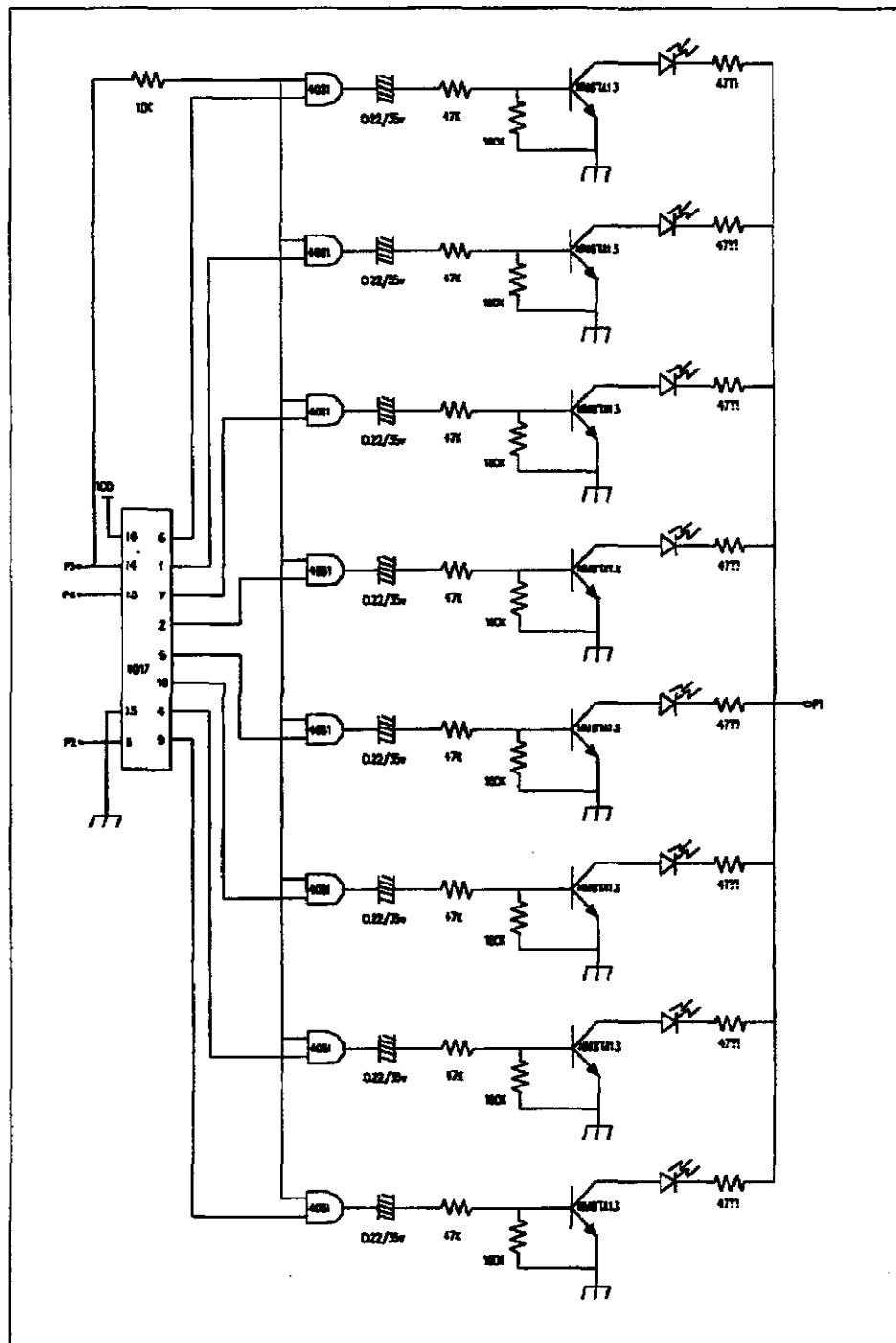


그림 4-3. 투광부

그림 4-4에서 4017 카운터 IC는 Q0~Q9까지의 10진 카운터이므로 본 연구의 대상으로는 8개 광축이 1조로 되어있어 Q0~Q7까지의 8개의 카운터 출력만을 사용하는 것을 기본으로 한다. 즉 다음 그림과 같이 17kHz의 클럭 주파수별로 8개의 클럭마다 리세트 신호를 가함으로서 각 타이밍의 투광 다이오드에 출력되어 광축이 형성된다.

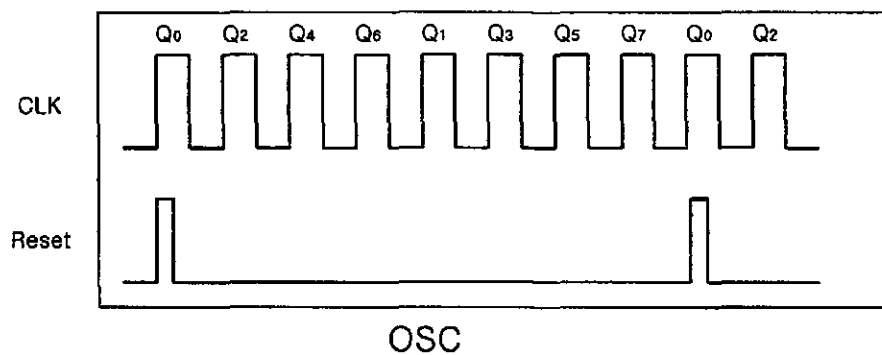


그림 4-4. CLK, Reset 신호

이 리세트 신호는 수광부와 같이 사용되므로 자동적으로 광축의 동기를 유지할 수 있다. 광축의 순서와 동기 타이밍에 대해서는 소프트웨어 설명에서 언급한다.

(2) 수광부

그림 4-5는 본 연구에서 최종적으로 결정된 수광부의 회로도이다.

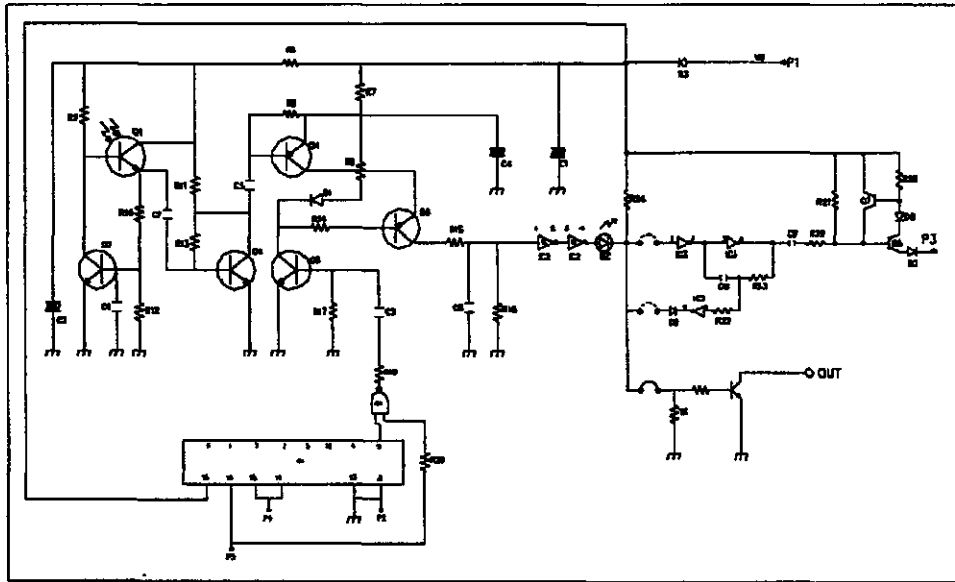


그림 4-5. 수광부

광축 형성의 불안정 때문에 앞장에서 열거한 바와 같이 몇 번 회로가 수정되어 본 회로가 결정되었다. Q1의 수광 다이오드로 광축이 투광부로부터 들어오면 증폭회로와 안정화 회로를 거쳐 수광신호가 전달되는데 이때 광축의 타이밍이 매우 중요하다. 따라서 투광부와 동기를 맞추기 위해 수광부에도 4017 카운터 IC를 장착하여 8개의 투광 타이밍에 따른 수광동기를 잡고 있다. 이때 타 광축에 의한 수광부의 간섭에 의한 오동작과 동기의 확실성을 강화하기 위해 카운터의 출력(Q0~Q7)과 클록 주파수와 AND 게이트로 파형 동기를 맞추어 수광부 증폭 출력 회로와 다시 타이밍을 맞추는 구성으로 되어 있다.

동기가 되는 과정에서 센서로부터 받은 신호는 그 펄스폭이 매우 좁게 정형되어 있으므로 이를 디지털 펄스 형태로 마이크로프로세서

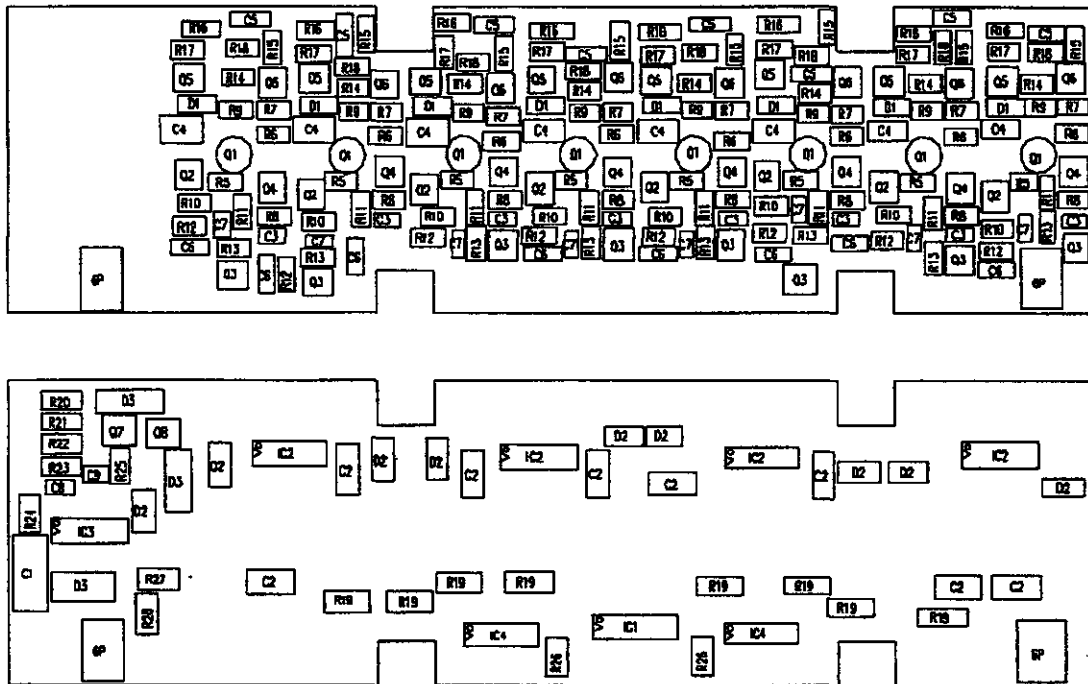


그림 4-7. 수광부의 SMD PCB lay-out

4-2-2. Main PCB(Main Control Board)의 하드웨어 개발과 구성 및 동작

(1) 입출력 센싱부

입출력 센싱부는 그림 4-8과 같이 5개의 입출력단자와 입력 센싱 신호전압 변환 회로로 구성된다.

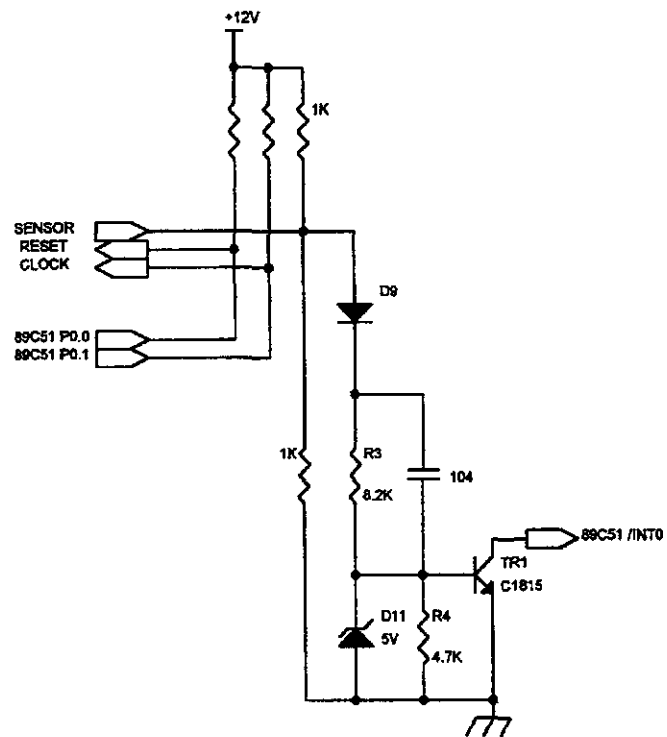
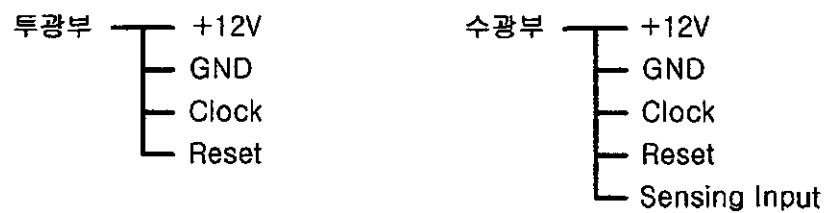


그림 4-8. 입출력 센싱부

이때 각 단자는 아래와 같이 각각 투·수광부의 단자와 연결된다



이때 clock과 Reset은 투수광부가 함께 동기적으로 동작한다.

그림 4-9는 clock 신호와 Reset 신호의 파형이다.

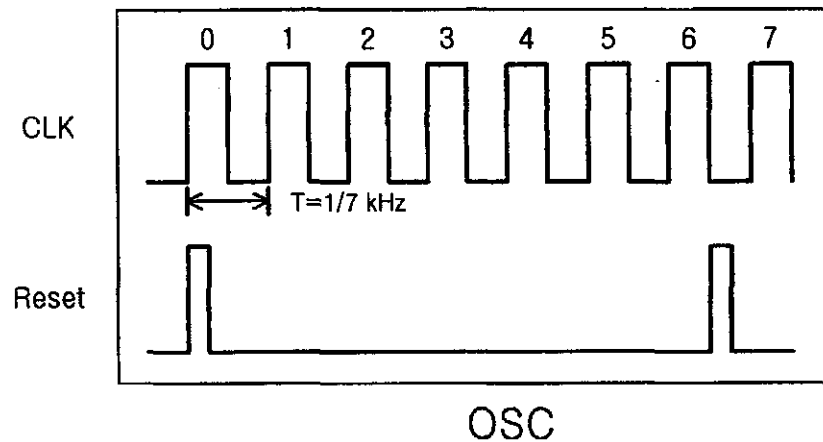


그림 4-9. CLK, Reset 신호

오실로스코프 파형과 같이 17kHz clock 신호에 8개의 광축에 해당하는 8개의 pulse마다 카운터 IC의 동기를 맞추기 위한 Reset 타이밍을 main microprocessor 에서 소프트웨어적으로 발생시켜 투수광부 카운터의 동기를 맞추고 있다.

sensing 입력과 clock, Reset 단자는 모두 pull-up되어 있으며 역극성 방지용 다이오드 D9를 통하여 입력된 수광부의 각 광축신호는 TR1과 주변 bias회로를 통하여 디지털 레벨 5V 신호로 변환된다. 이때 제너 다이오드 D11은 수광부가 12V DC를 사용하므로써 전압 레벨 차이를 보호하기 위한 정전압 다이오드이다.

TR1의 출력이 디지털 레벨로서 광축의 형성 유무와 함께 각각 5V, 0V로 대응되어 main microprocessor로 입력된다.

(2) Main microprocessor와 Watch dog microprocessor

1) Main microprocessor

클록 주파수가 24MHz인 고속 ATMEL사 8KB EEPROM형 89C51을 주프로세서로 사용하였다. 그림 4-10과 같이 P1 port는 8개를 개별 해당 광촉 선택 DIP 스위치 입력으로 사용하였고 P2 port는 8개 모두 이에 대한 표시 LED 포트로서 사용하였다. 각 port는 모두 pull-up되어 있으며 나머지 port를 적소에 배치하였다.

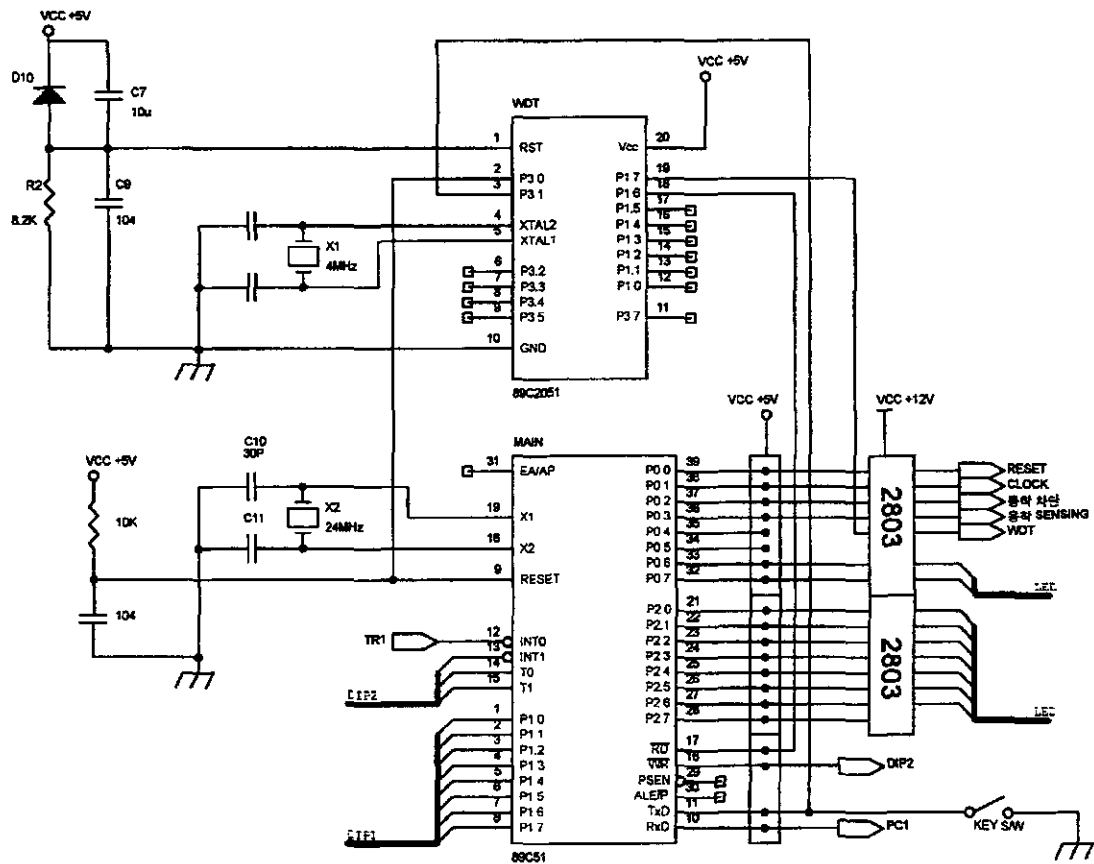


그림 4-10. Main CPU 주위

마이크로프로세서의 reset는 전원 투입시 watch dog timer microprocessor가 먼저 리셋되고 난 뒤의 신호를 받아 reset되는 하드웨어 구조로 설계되어 전원 투입시 오동작을 방지하도록 배려하였다. 이중 17번 pin은 주기적으로 watch dog 펄스를 발생시켜 watch dog timer 마이크로프로세서에 공급함으로서 main 마이크로프로세서의 폭주 감시를 수행하고 있다. 한편 릴레이 출력 포트와 LED 표시 포트는 마이크로프로세서의 전류 드라이브 능력을 고려하여 buffer transistor array인 2803 I.C를 사용하여 릴레이와 LED 표시의 구동능력을 안정화시켰다.

그림 4-11은 IC 2803의 TR 어레이 1개당의 내부 구조로서 그림 속의 diode는 릴레이 부하와 같은 유도 부하의 경우 발생하는 inductive kick을 방지하기 위한 써어지 흡수용 diode이다.

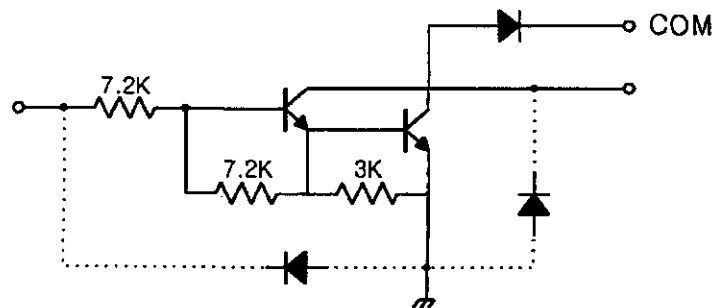


그림 4-11. IC 2803의 TR 어레이 내부 구조

또한 clock 신호와 reset 신호는 투수광부의 확장을 위하여 다수의 블록을 연결하더라도 충분한 드라이브 능력을 확보하기 위하여 buffer를 사용하였다.

2) Watch dog processor

watch dog processor는 MAIN 프로세서와 소프트웨어가 호환성이 있는 같은 계열인 ATMEL사의 89C2051을 사용하였으며 클록은 4MHz ceramic resonator를 사용하였다.

main 프로세서로부터 주기적으로 watch dog 펄스를 입력받아 자신의 up-counter를 리셋시킴으로서 watch dog reset 신호를 연장시키는 동작을 주업무로 하며 main 마이크로프로세서의 폭주를 감시하는 역할을 수행한다. watch dog 상황 발생시에는 P1.7 포트에서 TR 버퍼를 거쳐 3번 릴레이(RL3)를 차단시켜 방호장치를 차단시키도록 되어있다.

전원 투입시에는 자신을 리셋하고 key 스위치의 ON/OFF 유무를 파악하고 정상동작 후 main 마이크로프로세서를 리셋 시키도록 되어 있다.

(3) 입력 스위치와 LED 표시부

입력 스위치는 main 프로세서의 I/O 포트로부터 pull-up된 레벨을 DIP 스위치로서 ground 전위에 연결하여 5V와 0V를 인식하는 하드웨어로 되어 있다. DIP 스위치는 선택 차광용 DIP1 스위치군과 기능설정용 DIP2 스위치군으로 나뉘며 각각 기능과 해당위치는 다음과 같다.

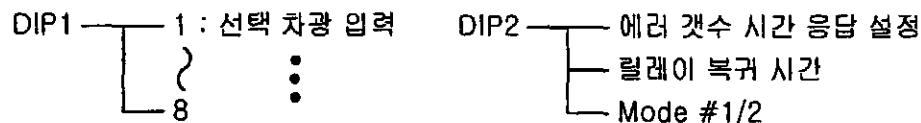


그림 4-12는 DIP 스위치 입력부의 회로도이고 그림 4-13은 그 기능이다.

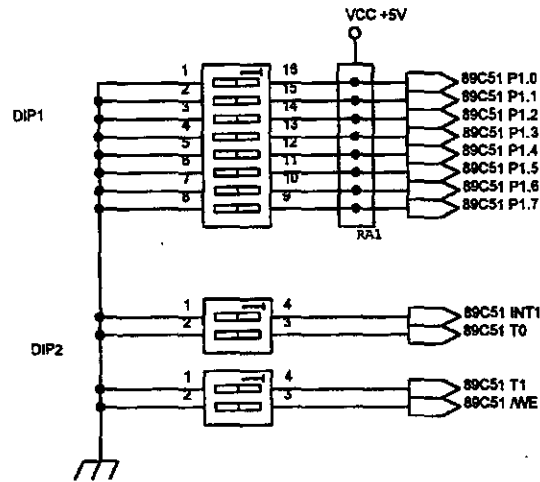


그림 4-12. DIP 스위치 입력부

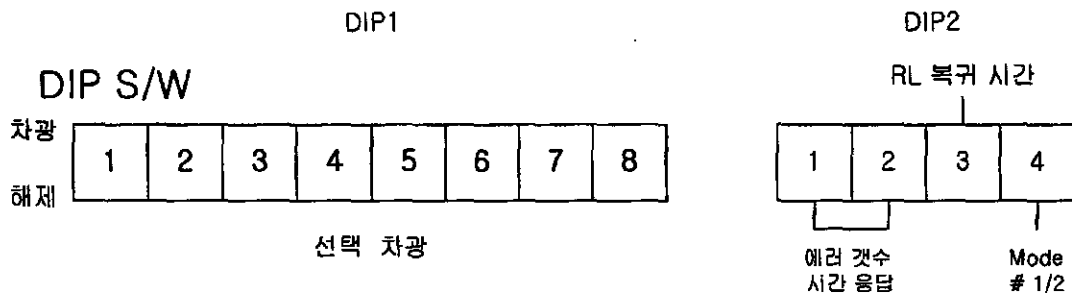


그림 4-13. DIP 스위치 기능

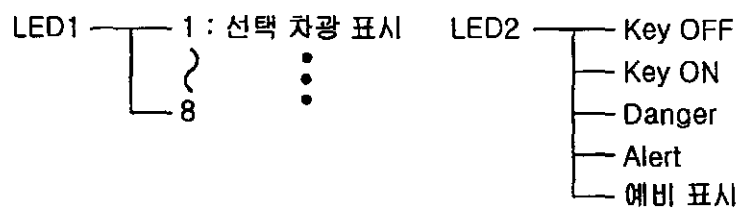
DIP1 스위치군은 투수광기의 수광부 센서를 선택 무효화시킬 때 해당번호를 지정하는 것으로서 해당 스위치를 ON(5V 레벨)함에 의해 무효화되고 off 시킴으로써 해제된다.

DIP2 스위치군은 4개로서 2개의 2bit 스위치는 2진수로 4가지의

조합을 이루어 센서 차광 신호(err No.)에 대한 시간응답을 설정하기 위한 것이고 릴레이 복귀 시간 스위치는 2가지의 복귀 지연 시간을 설정할 수 있다. 즉, 릴레이가 방호 차단시 떨어졌다가 다시 복귀되는 타이밍을 설정하기 위한 것이다.

네 번째의 모드 전환 스위치는 선택 차광 무효화기능(mode 1)과 절곡기능 등에서 사용되는 방호 기능인 연속 순차 차광무효화 기능(mode 2)을 설정하는 기능이다. 이상의 스위치는 안전 확보상 중요한 기능이므로 사용자가 함부로 설정하지 못하고 감독자가 설정할 수 있도록 디지털 DIP 스위치로서 방호 장치 케이스 내부에 장치되어 있다.

표시 LED는 스위치와 마찬가지로 개별 차광 위치 표시 LED1군과 상태 표시 LED2군으로 나뉘어 있으며 주프로세서에서 column row 신호에 의한 dynamic drive 구동으로 해당표시를 한다. 각각의 LED군은



로 구성되며 해당표시 위치는 그림 4-14 회로도나 그림 4-15의 LED 표시와 같으며 위의 기능외에도 watch dog err시에는 LED2군의 5개 모두가 점멸되며 릴레이 용착 에러시에는 LED 전체가 점등되는 기능을 부가적으로 갖는다.

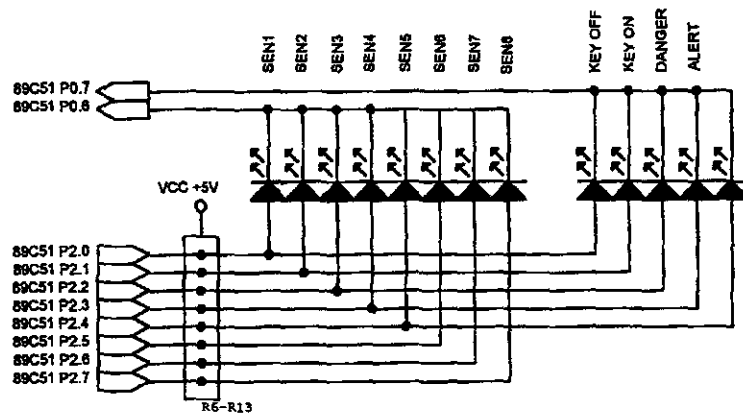


그림 4-14. LED 표시 출력부

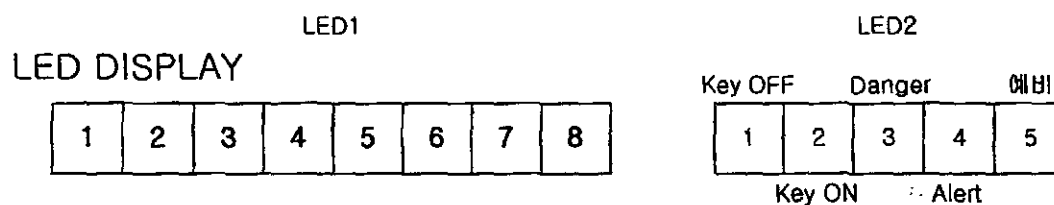


그림 4-15. LED 표시

(4) 출력 릴레이와 용착 센싱 회로

그림 4-16은 릴레이부와 용착 센싱부의 부분회로도이다.

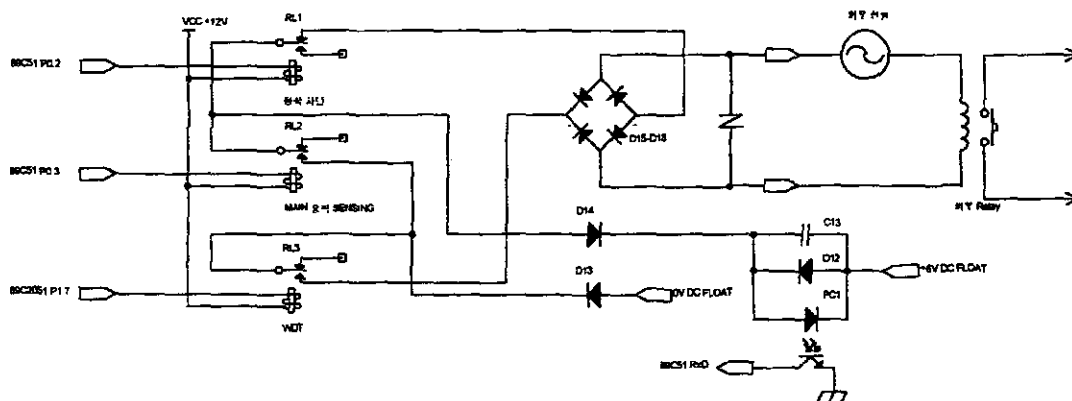


그림 4-16. 릴레이부와 용착 센싱부

각각의 릴레이의 동작과 기능은 다음과 같다.

릴레이 No.	사용접점	기능
RL ₁	b	용착 차단 방호동작, 용착
RL ₂	a	센싱 Watch Dog
RL ₃	a	차단

그림과 같이 3개의 릴레이는 각각 독립적으로 main 마이크로프로세서로부터의 ON/OFF동작의 구성을 이루는데 방호 안전시에는 RL1(b)-RL2(a)-RL3(a)로 구성되어 외부단자(relay out)의 양단을 도통시킴으로서 외부 전원과 외부 릴레이 코일로 구성되는 프레스 방호 회로를 동작시켜 프레스 작업이 가능하도록 하게 한다. 이 3개의 릴레이는 모두 직렬 연결되어 있으므로 릴레이 중 어느 하나가 차단 되면 프레스가 정지하게 된다.

즉 RL1은 주 릴레이가 용착으로 판단될 때, RL3은 Watch dog 회로가 작동하여 main 마이크로프로세서가 폭주되었다고 판단될 때 각각 차단되어 프레스를 정지시키게 된다.

한편 RL2는 두 가지 동작을 수행하는데 우선적으로 주 방호 동작을 수행한다. 즉 투수광부의 광축의 형성과 차단에 따른 마이크로프로세서가 방호 차단 신호를 낼 때 a접점이 open되어 방호 차단에 들어가게 된다. 이때 용착 센싱부가 용착 확인에 들어가게 되는데 방호 차단이 되면 RL2는 당연히 off되어야 하므로 D15-D18, PC1, RL2, D12로 구성되는 회로가 차단되어 포토커플러(PC1)의 LED가

소등되므로 마이크로프로세서에서 방호 차단 릴레이의 동작을 확인할 수 있도록 되어있다. 그러나 만약 RL2가 용착 등의 원인으로 마이크로프로세서가 차단 신호를 줘도 불구하고 계속 붙어있다면 용착 센싱 회로는 PC1에서 LED가 점등되어 계속 신호를 발생하므로 이때는 마이크로프로세서가 용착이라고 판단하여 용착 차단 릴레이 RL1을 차단시키게 된다.

본 연구에서는 이 용착 센싱부위에 브릿지 diode(D15-D18)와 D14, D13을 새로이 추가하여 기존의 용착 센싱 회로를 개선하였는데 그 동작 원리는 다음과 같다.

그림 4-17은 기존 국산 제품에서 사용되는 용착 센싱 회로이다.

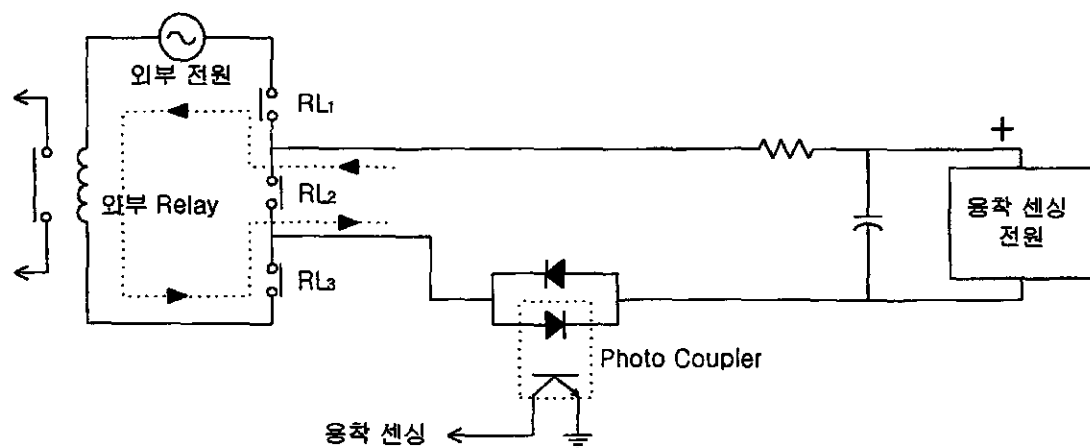


그림 4-17. 기존 국산 제품의 용착 센싱 회로

즉 그림과 같이 기존 국산품 회로는 RL2가 open 될 때마다 그림의 화살표로 표시한 바와 같이 급격한 외부 릴레이의 inductive-kick 전압이 포토커플러에 인가될 가능성이 있어 포토커플러의 안전에 심각한 영향을 미친다. 실제로 기존 국산품은 사용 중 포토커플러가 소

손되는 경우가 더러 발생되며 이에 대한 원인과 대책을 해결하지 못하고 있던 상태였다. 따라서 이에 대한 해결책으로 본 연구에서는 그림 4-18과 같이 회로를 구성하여 앞서 설명한 바와 같이 D15-D18로서 외부 전원은 RL2에 항상 일정한 방향으로만 가해지도록 하고 (그림의 RL2의 +, - 극성 표시) 이 극성과 반대되게 D13과 D14로 RL2가 open될 때 외부 전원 써어지를 차단하도록 하고 있다.

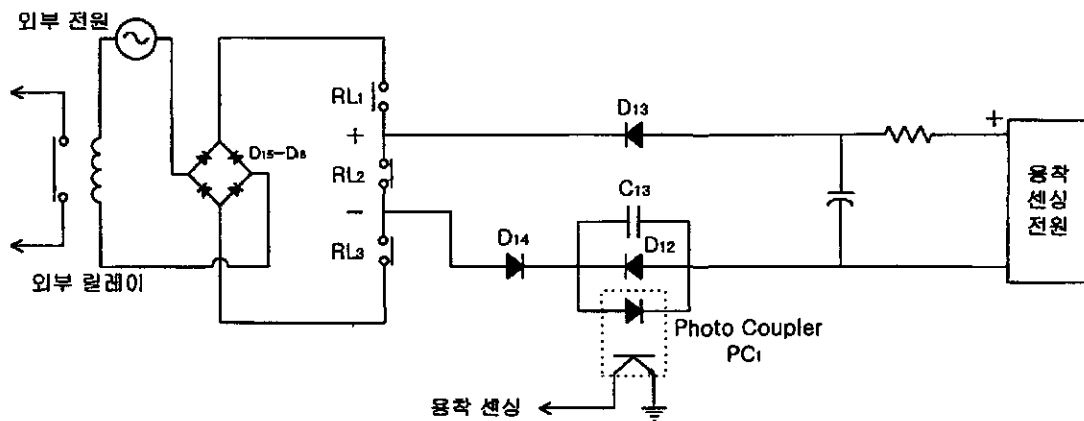


그림 4-18. 개선된 용착 센싱 회로

한편 RL2가 ON시는 D13, RL2, D14, photo coupler로 연결되는 순방향 구조로 되어 PC1의 photo 트랜지스터가 동작하여 용착 센싱 전압은 0V로 되어 용착을 센싱한다.

(5) 전원부

그림 4-19는 본 Main PCB 에 사용된 전원 회로이다. 단상 상용 전원 AC 220V를 입력으로 하여 15V 3A와 6V 1A로 변환하는 1차

2차 분리형의 트랜스를 사용하였다.

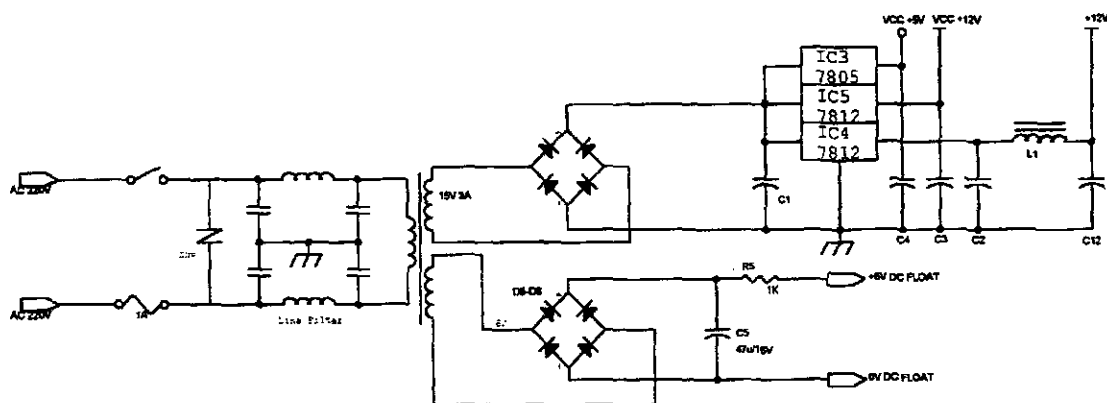


그림 4-19. 전원 회로

트랜스의 1차측 입력에 1A 휴즈와 병렬로 390VAC ZNR varistor를 달아 과전압과 써어지 노이즈를 방호하고 EMI/RFI를 위하여 line filter를 부착하였다. 15V 3A 출력은 D1-D4 브릿지 정류회로를 거쳐 각각 독립적으로 5V, 12V 정전압 IC로 강압되는데 이때 12V는 릴레이 전원과 투수광부 전원을 같이 사용하면 릴레이의 on, off에 의한 전류의 급변과 앞서 서술한 inductive-kick에 의한 투수광부의 카운터의 동기 이탈이나 오동작의 우려가 있으므로 릴레이용 전원과 투수광부 전원을 분리하였다. 또한 투수광부의 전원은 C2, L1, C12로 구성되는 π 회로 필터를 구성하여 리플 전압을 저감시키고 동작 안정성을 강화하였다.

한편 릴레이 용착을 검출하기 위한 전원은 2차측과 분리하였는데 이는 릴레이 용착 검출 릴레이에 프레스 동작용 외부 릴레이가 연결되고 이 외부 전원과의 혼촉을 방지하기 위함이다.

D5-D8로 구성되는 브릿지 정류 회로와 RC 필터로 리플을 감쇄시켜 용착 센싱용 전원 즉 용착 센싱 포토커플러의 구동 전원으로 이용한다.

4-3 소프트웨어의 개발과 구성 및 동작

4-3-1 Main Control Microprocessor(CPU)의 소프트웨어

본 연구에서 개발된 방호장치의 Main PCB에는 앞절에서 설명한 바와 같이 2개의 마이크로프로세서가 있으며 소프트웨어도 각각 독립적으로 구성되어 있다. 이하 개발된 각 소프트웨어의 구성과 그 동작에 대해 설명한다.

(1) 개요

Main CPU의 프로그램은 크게 그림 4-20과 같이 구성되어 있다.

Main CPU의 프로그램은 Main 프로그램과 타이머0 인터럽트 프로그램으로 구성되어 있다. Main 프로그램은 DIP 스위치, KEY 스위치와 같은 입력 장치로부터 센서의 소프트웨어적인 감도와 릴레이 지동 시간 모드, 센서의 개별 활성화, 유무효 동작 지정을 받아들이는 부분과 interrupt 프로그램에서 받아들인 센서 데이터를 변환하는 부분, relay와 buzzer를 제어하는 부분으로 이루어져있다.

Inturrupt 프로그램은 17kHz의 기본 clock을 발생시키며 매 clock마다 watchdog output신호와 8 Clock마다 Reset 신호를 발생시킨다.

또한 sensor signal을 받아들여 그 position을 인식하여 아울러 relay와 buzzer를 제어하는 기능들을 수행한다.

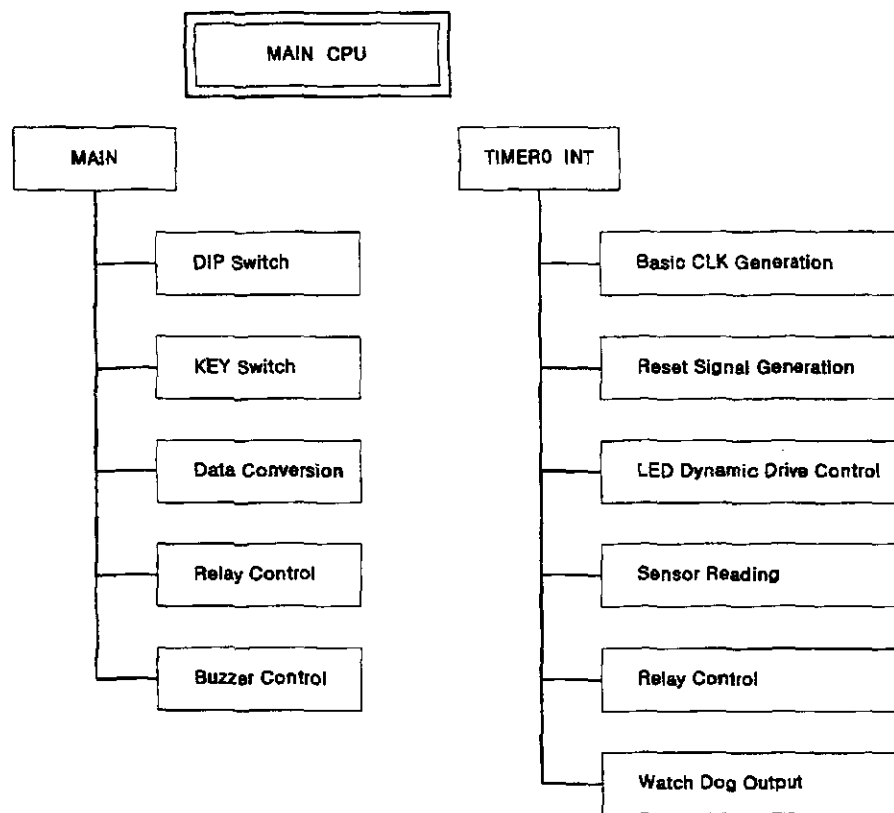


그림 4-20. Main CPU의 프로그램 구성도

(2) MAIN 루틴

Main CPU의 Main 프로그램은 그림 4-21과 같다. Main 프로그램은 최초 마이크로프로세서를 초기화 하고 KEY 스위치를 체크하여 ON 상태면 방호장치와 무관하게 프레스를 작동시키는 무효 동작을 수행한다. KEY 스위치가 OFF이면 방호장치가 동작하는 유효 동작 수행하기 위해 대기한다. 프로그램은 DIP 스위치에서 mode를 확인한

후 나머지 sensor DIP 스위치와 status DIP 스위치의 세트된 값을 지정된 레지스터 버퍼에 저장한다. 다음 소프트웨어적인 센서의 감도를 정해주고 릴레이의 지동시간을 설정한다.

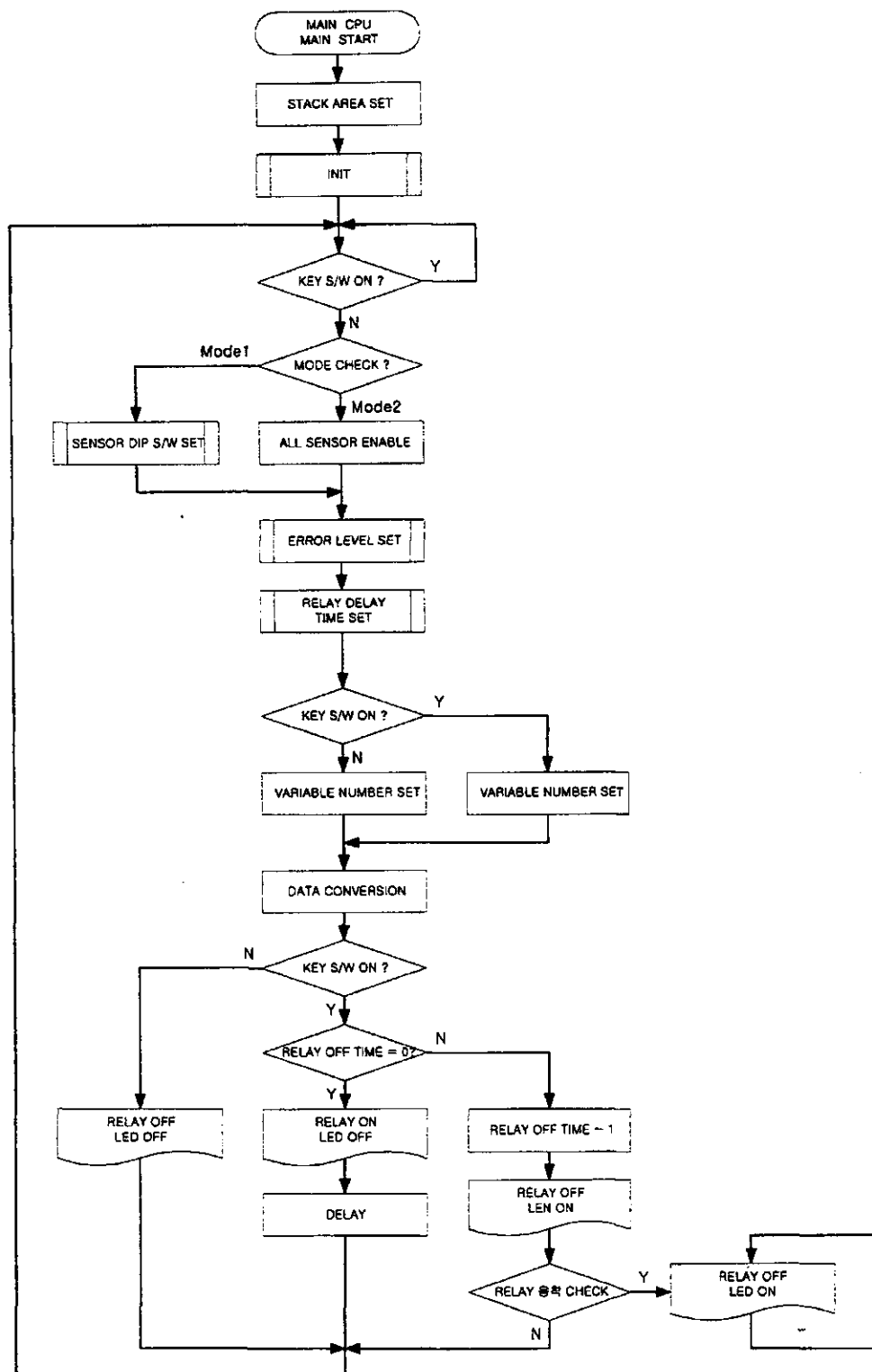


그림 4-21. Main 프로그램의 순서도

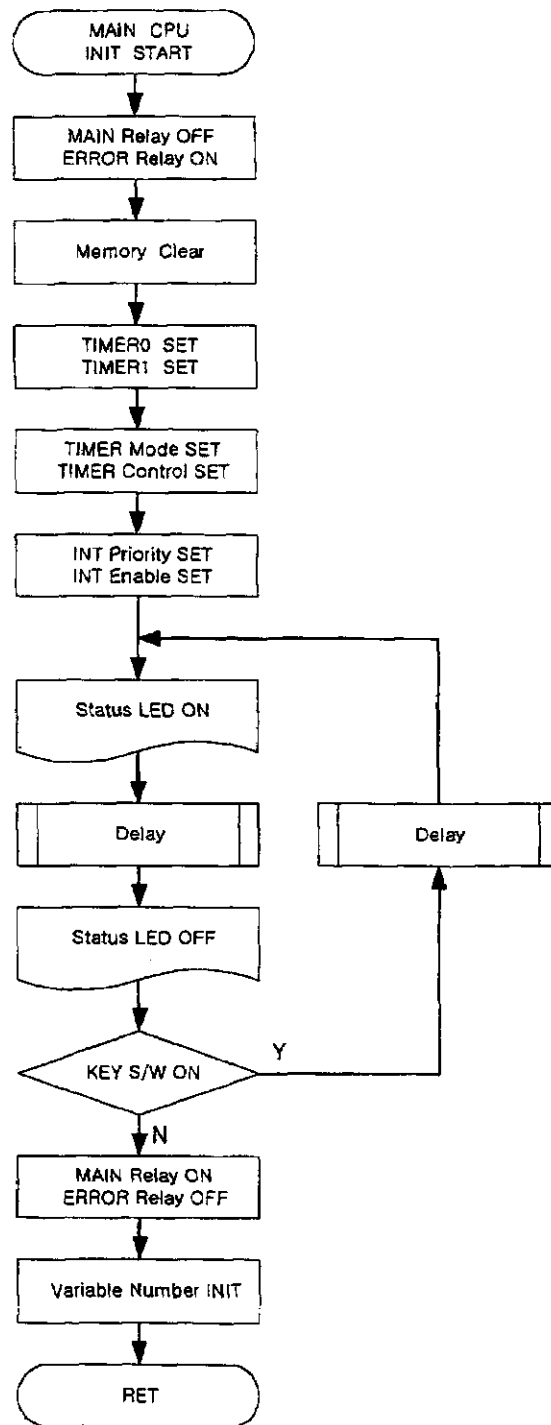


그림 4-22. INIT 프로그램 순서도

KEY 스위치가 ON되었을 때 17kHz마다 interrupt 프로그램에서 받아들인 sensor signal을 데이터 conversion하여 순차적인 데이터로 변경한다. 또한 릴레이를 테스트하여 용착을 검출한다. 이하 각 기능의 설명은 다음과 같다.

- INIT : 그림 4-22는 INIT 프로그램의 순서도이다. 사용할 메모리를 초기화하고 타이머와 interrupt를 초기화하고 활성화시킨다. KEY 스위치 OFF상태인지를 체크하여 ON인 경우 LED를 ON/OFF 한다. KEY 스위치 OFF인 경우 main 릴레이와 error 릴레이를 교차 동작시켜 부하 출력을 내보낸다.

- KEY S/W : KEY 스위치는 방호장치의 ON/OFF 스위치이다. 전원 투입시의 KEY 스위치가 ON 상태이면 무효 동작을 한다. 무효 동작시에는 방호장치는 status LED ON/OFF 동작을 반복하며 KEY 스위치가 OFF까지 대기한다. 전원 투입시 KEY 스위치 OFF 상태이면 DIP 스위치의 상태를 판독하여 레지스터 버퍼에 저장하고 KEY 스위치 ON 상태를 기다린다. KEY 스위치가 ON에서 정상적인 방호동작을 수행한다.

- DIP S/W SET : DIP 스위치는 크게 sensor DIP 스위치와 status DIP 스위치로 나눌수 있다. 그림 4-23은 DIP 스위치의 배치도이다.

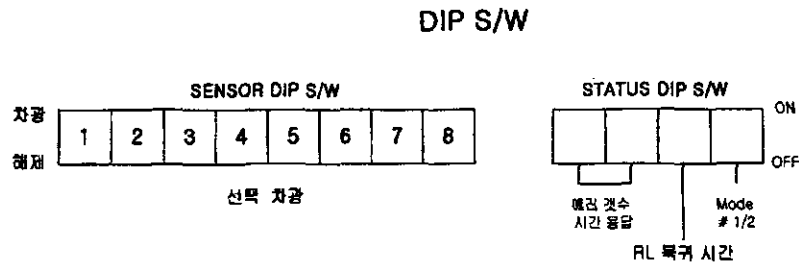


그림 4-23. DIP S/W의 배치도

그림 4-24는 센서 setting 프로그램이다. Sensor DIP 스위치 8개로 모드1에서 센서 8개를 한 조로 하여 개별 센서를 활성화 비활성화 조작할 수 있다. 모드2에서는 모두 활성화하여 사용한다. Status DIP 스위치는 모드1-모드2 선택, 에러 레벨을 센서의 감도와 릴레이 지동, 복귀 시간을 조절 할 수있다.

모드1은 방호장치의 일반적인 동작 상태를 조절하며 차광시 경고와 대상 장비의 동작을 정지하는 모드이다. 모드2는 절곡기등에서 사용되는 모드로 순차적으로 차광시 경고만을 주고 프레스의 동작을 정지시키지는 않는다. 순차적인 차광이 아닌 경우 모드1과 같은 동작을 한다.

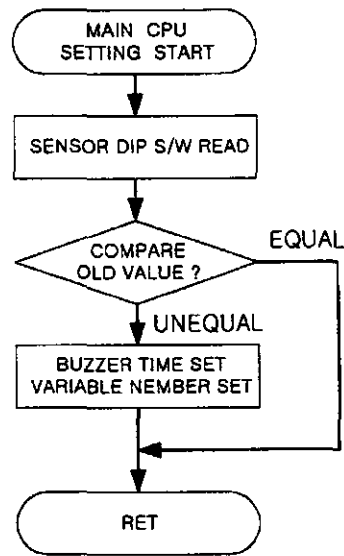


그림 4-24. 개별 센서
setting

- ERROR LEVEL SET : 모드1, 모드2 모두 센서의 감도는 4단계로 나뉘어 지며 차광을 인정하는 error의 개수를 단계별로 조절한다. 그림 4-25는 error level setting 프로그램이다.

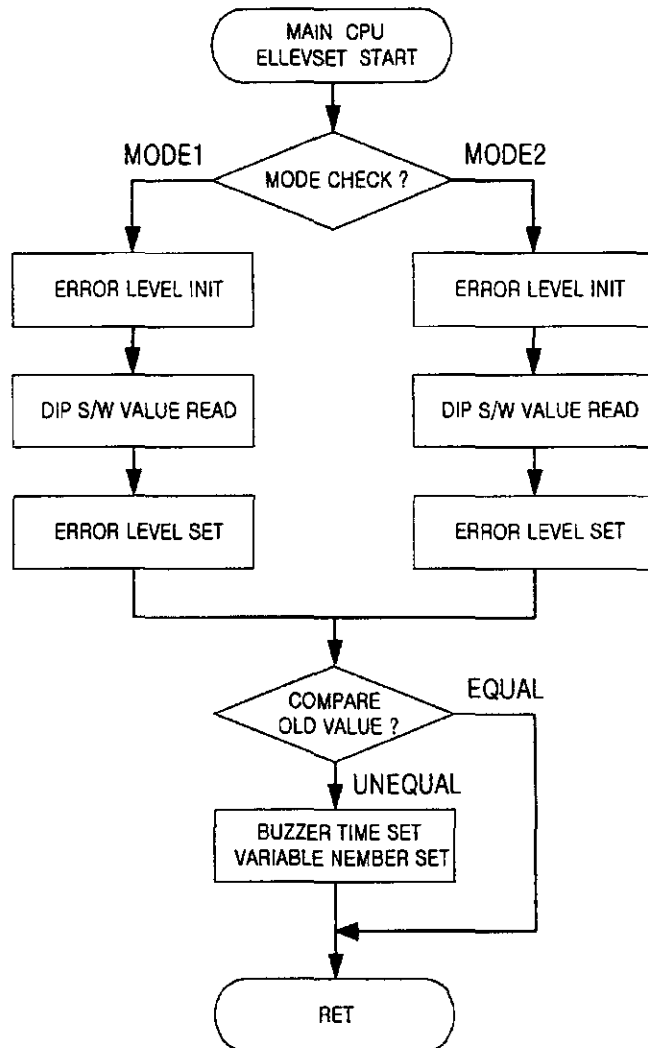


그림 4-25. Error level setting 프로그램

- RELAY DELAY TIME SET : 그림 4-26은 Relay delay time set 프로그램이다. 모드1, 모드2 모두 릴레이 지동, 복귀 시간은 2단계가 있으며 릴레이가 ON/OFF할 때의 동작 시간을 조절한다.

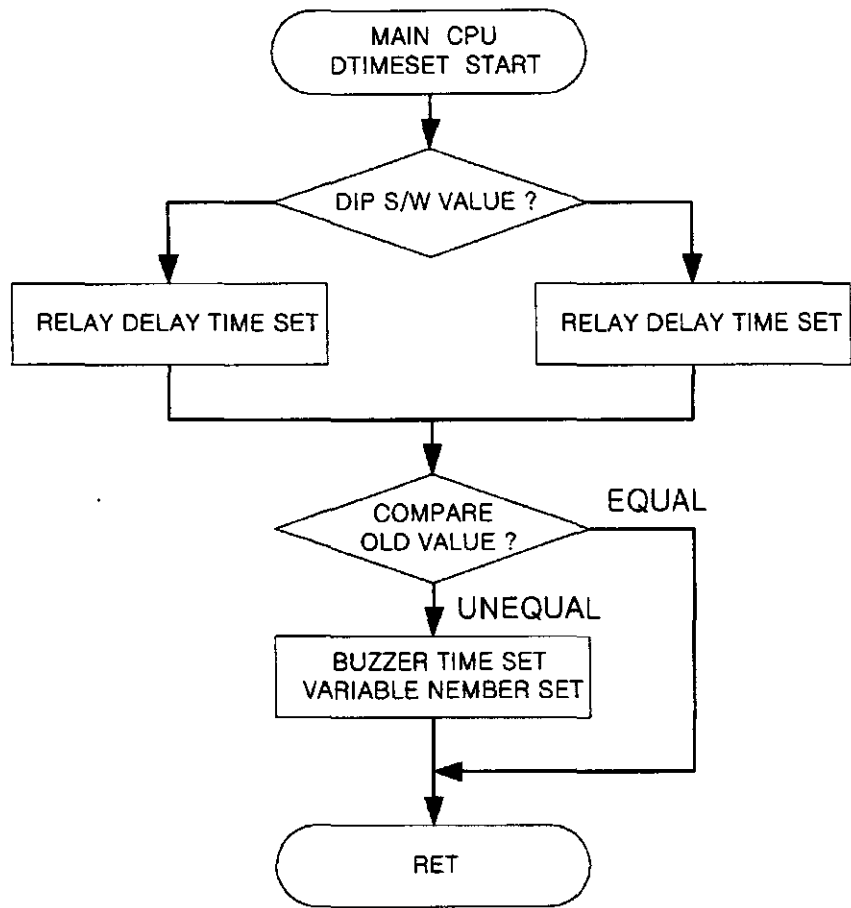


그림 4-26. Relay delay time set 프로그램

- DATA CONVERSION : 타이머0 interrupt 프로그램에서 읽어들인 sensor 데이터를 clock count에 맞춰 차광위치를 계산하고 LED로 표시해준다. 그림 4-27은 투수광부의 센서 동작 순서이다.

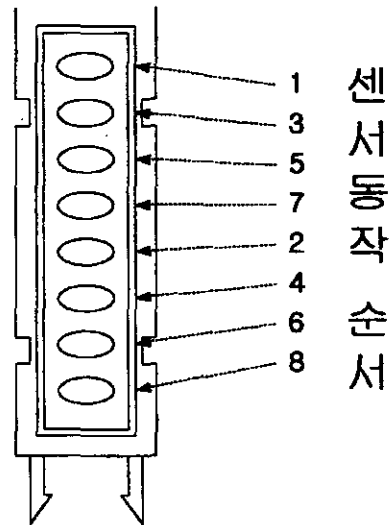


그림 4-27. 센서 동작 순서

각 투광 LED에서 송출되는 빔에 의해 바로 이웃하는 수광 LED와의 간섭을 줄이기 위해 SENSOR의 동작 순서는 4017에서 나오는 CLOCK에 따라 위의 그림과 같은 순서로 동작한다.

그림 4-28은 센서와 클럭, 4017 출력단, DIP 스위치간의 데이터 conversion table이다.

Main CPU에서 17kHz로 발생된 clock 신호에 의해 sensor의 1, 5, 2, 6, 3, 7, 4, 8번 순으로 빔을 송수신한다. 수광 신호를 각 sensor 위치 순으로 데이터 conversion한다.

Data Conversion Table

Sensor No.	1	3	5	7	2	4	6	8
DIP S/W No.	0	1	2	3	4	5	6	7
CLK								
4017	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇

그림 4-28. 센서 데이터 변환 테이블

- RELAY CONTROL : 부하에 직렬로 연결된 3개의 릴레이 중 Main 릴레이와 용착 차단 릴레이를 main CPU에서 제어한다. 2개의 릴레이는 교차하여 상보동작을 한다. 이때 릴레이의 차단후 복귀는 DIP 스위치에서 설정된 릴레이 복귀 시간에 맞추어 복귀동작을 한다. Main 릴레이를 차단시켰을 때 지정 포트로 그 상태를 체크하여 릴레이 용착을 검출하는 릴레이 용착시 용착 차단 릴레이(RL1)를 차단하며 전체 LED가 ON 되어 경보를 표시한다.

- BUZZER CONTROL : Alert, danger등의 따라 부저 동작 시간 설정 및 동작을 수행한다.

(3) Interrupt 루틴

Main CPU의 Interrupt 프로그램은 그림 4-29와 같다.

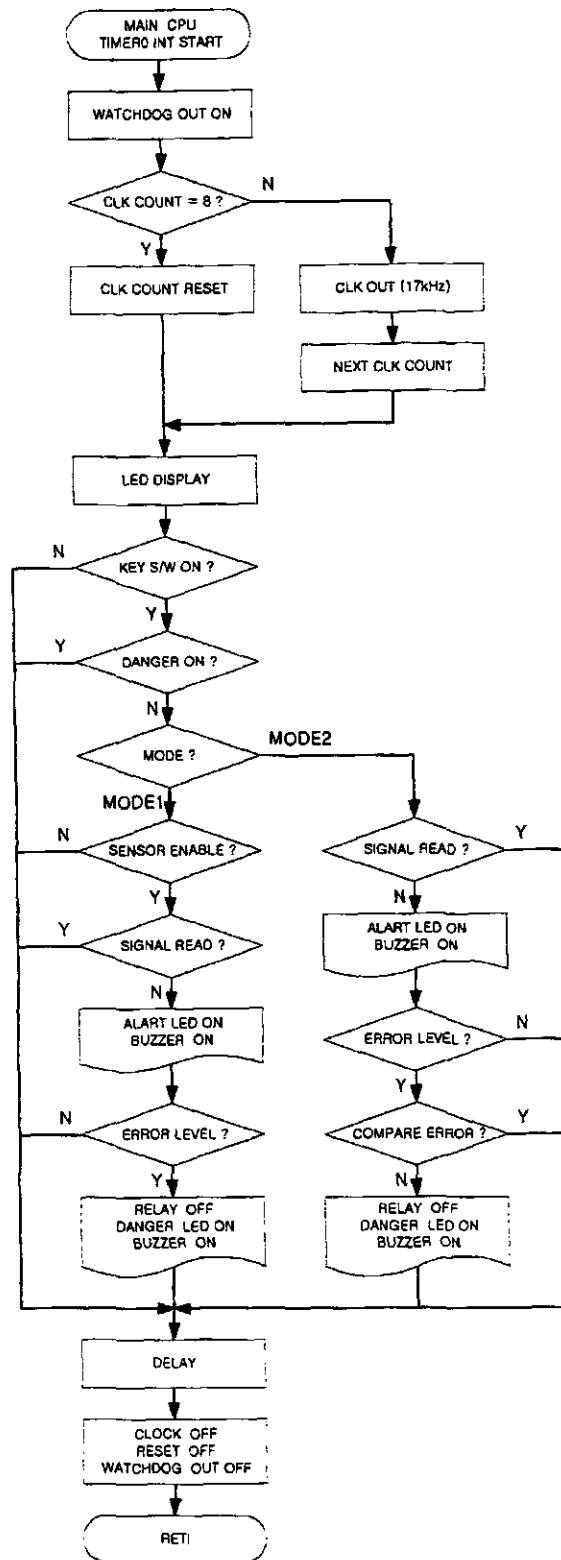


그림 4-29. Main CPU의 Interrupt 프로그램

TIMER0 Interrupt 프로그램은 17kHz의 기본 clock을 발생한다. 4017 카운트 IC의 reset signal을 8/17kHz의 시간마다 주기적으로 발생한다. DIP 스위치의 설정에 따라 모드1과 모드2의 수광 센싱을 한다. 에러 검출시에는 릴레이를 차단하며 Watchdog microprocessor에 17kHz로 정상 동작 신호를 보내어 Watchdog microprocessor에 정상상태임을 통지하고 리세트로의 투입 동작을 계속 지연시킨다.

- 기본 CLK 발생 : Main CPU는 24MHz의 수정발진기를 사용하며 마이크로프로세서 초기화에서 셋팅된 타이머 값에 의해 17kHz의 투수광 센서 동기 클럭을 발생한다. 그림 4-30은 클럭과 리셋의 타임도이다.

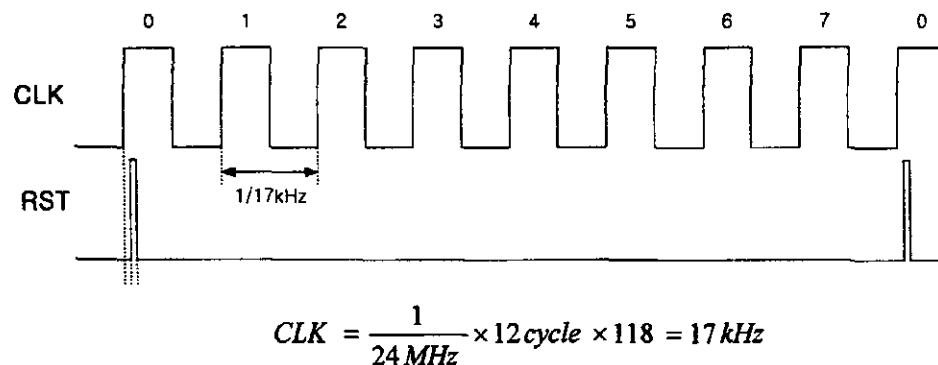


그림 4-30. Clock과 reset의 타임도

그림 4-31은 방호장치에서 발생된 17kHz의 clock과 17kHz/8의 reset 신호 측정도이다.

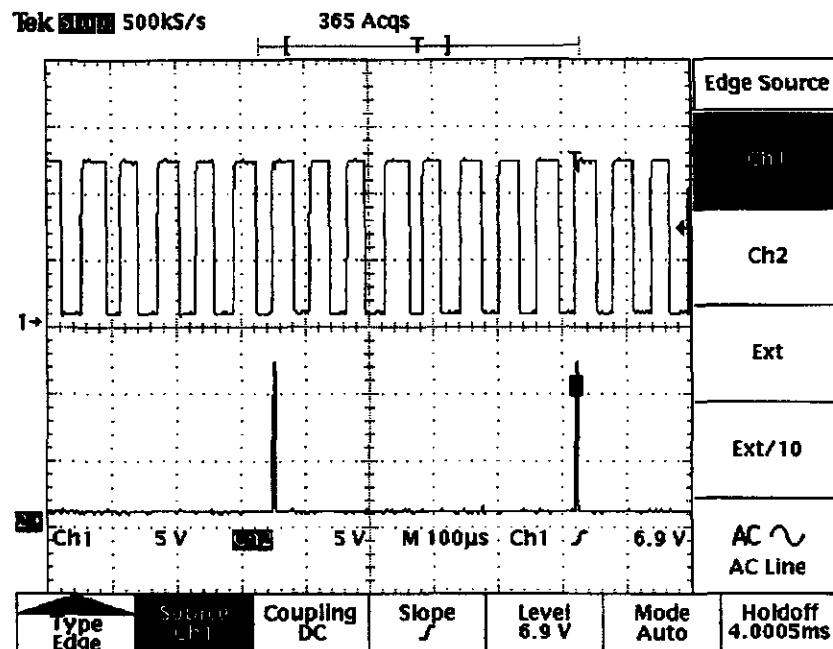


그림 4-31. Clock과 reset의 타임 측정도

- RST 발생 : 투수광 LED는 8개씩 한 모듈이므로 8 CLK마다 Reset을 시킨다.

- Watchdog Output : 17kHz마다 Watchdog Output 신호를 Watchdog microprocessor에 보낸다. 그림 4-32는 clock과 watchdog signal의 파형도이다.

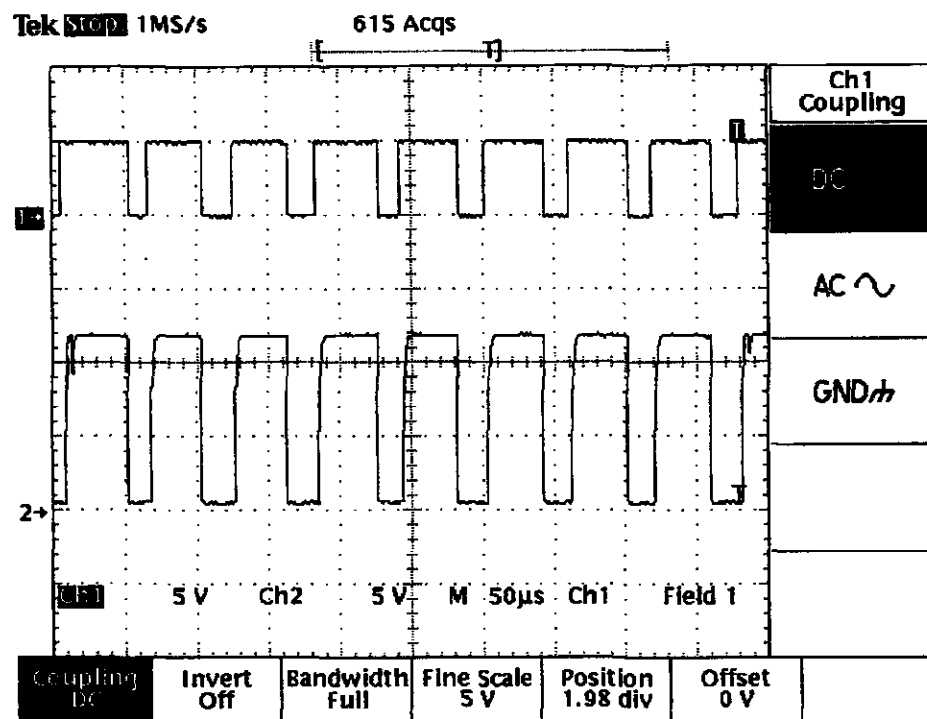


그림 4-32. Watchdog signal과 clock의 파형도

- SENSOR POSITION & READ : 클럭에 맞춰 sensor의 position을 판별한 후 해당 센서를 26회의 검출 시도 기간 동안 수광 센서의 출력을 체크한다. 그림 4-33는 sensor signal 검출 타임도이다.

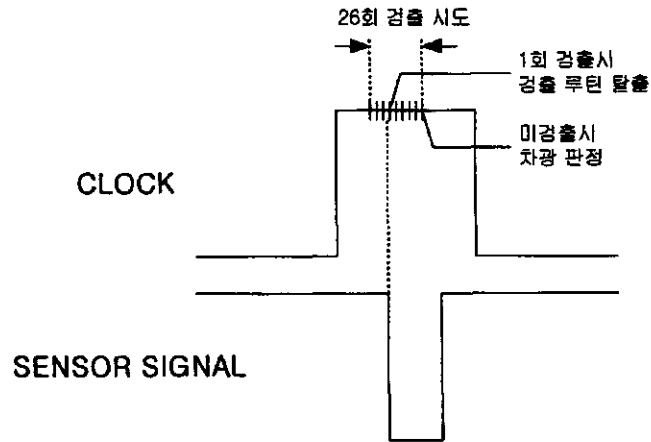


그림 4-33. Sensor signal 검출 타임도

- 모드1 동작 : 타이머0 인터럽트 프로그램의 모드1 동작은 각 센서의 무효 유효를 판정한후 유효시에는 수광 센서에 빔이 수신되는 지를 26회 이내에서 체크한다. 26회 체크에서 검출하지 못 하였을 경우 Alert LED를 ON한다. DIP 스위치에서 설정된 소프트웨어적인 센서 감도에 비교하여 에러인지를 판정한 후 에러인 경우 Danger LED를 ON하며 Main 릴레이와 용착(error) 릴레이(RL1)를 교차 동작시켜 부하 전원을 차단한다.

- 모드2 동작 : 타이머0 인터럽트 프로그램의 모드2 동작은 모든 센서가 유효하며 현재의 에러 sensor number와 과거의 에러 sensor number를 비교하여 순차적인 에러에 대해 alert LED만을 ON시키고 릴레이의 방호차단 동작을 수행하지 않는다. 에러가 순차적이지 않고 또는 동시에 2개 이상을 차광 하였을 시에는 danger LED를 ON하고 main 릴레이와 용착 릴레이를 교차 동작시켜 부하 전원을 차단한다.

4-3-2 Watch Dog Timer CPU 소프트웨어

(1) 개요

Watchdog CPU의 프로그램은 크게 그림 4-34와 같이 구성되어있다.

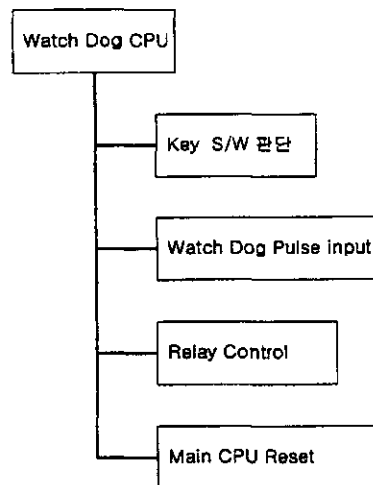


그림 4-34. Watchdog CPU의 프로그램 구성도

Key 스위치의 ON/OFF를 판단하여 main microprocessor 의 초기 reset 타이밍을 준다. Main microprocessor 에서 일정 주기로 watchdog output 신호를 체크하여 main microprocessor 의 이상으로 신호가 발생되지 않으며 main microprocessor를 reset하며 watchdog 릴레이(RL3)를 OFF한다.

(2) MAIN 루틴

그림 4-35는 watchdog CPU의 Main 프로그램이다. Watchdog이 동작하는 시간을 설정해주고 일정시간 Watchdog 신호가 없으면 Watchdog 릴레이를 차단하는 기능을 수행한다.

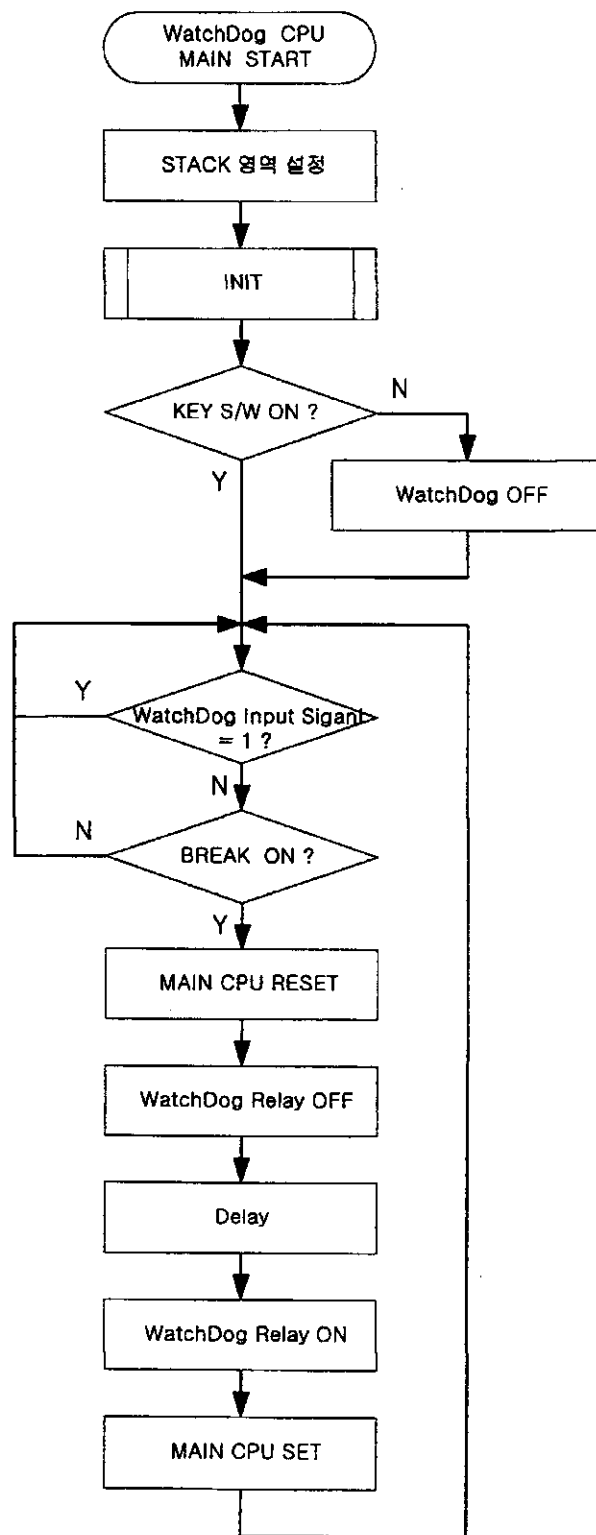


그림 4-35. Watchdog Main 프로그램

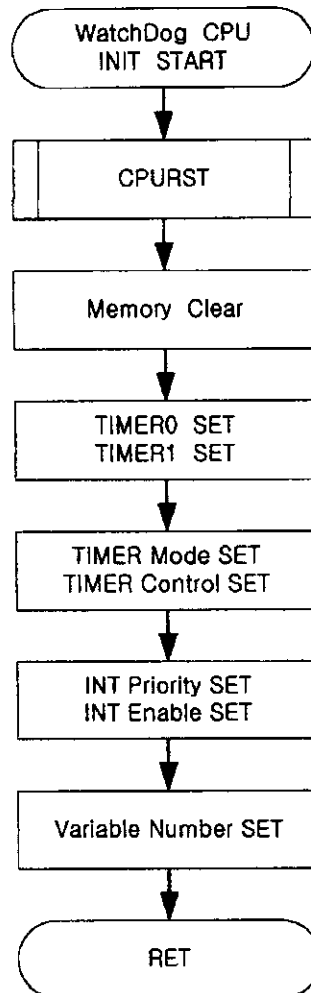


그림 4-36. Watchdog INIT 프로그램

- INIT : 그림 4-36은 watchdog INIT 프로그램이다. 사용할 때 모리를 초기화하고 타이머와 인터럽트를 초기화하고 활성화시킨다. KEY 스위치 OFF상태인지를 체크하여 ON 일 경우 main microprocessor를 reset시켜준다.

(3) 인터럽트 루틴

그림 4-37은 watchdog CPU의 타이머0 인터럽트 순서도이다.

Main 프로그램에서 설정된 watchdog의 일정 시간이 지나면 main microprocessor를 RESET한다.

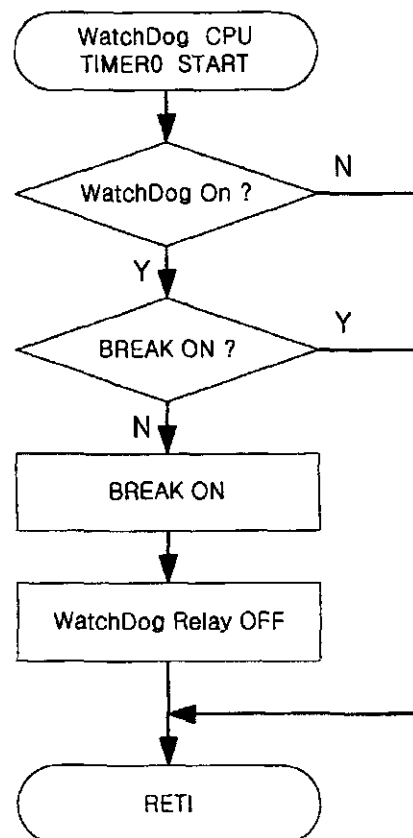


그림 4-37. Watchdog CPU의 타이머0 프로그램

제 5 장 개발시작품의 동작기능 및 성능평가

본 절에서는 개발된 시작품인 광선식 방호 장치에 대한 여러 가지 동작 기능과 성능을 평가하여 국내 제품의 상대적인 경쟁력을 확인하고, 보다 경쟁력이 있는 제품을 개발하기 위하여 향후 추구되어야 할 부분에 대하여 연구하였다.

5-1. 지동시간 평가

5-1-1. 지동시간의 정의

본 연구에서는 제품의 지동 시간을 성능평가의 우선 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.

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.

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

우리 나라의 “프레스 및 전단기 방호장치 성능 검정 규정” 제7조에서 지동시간은 “차광상태를 검출하여 프레스 기계의 슬라이드에 정지신호를 발할 때까지의 전기적 동작신호가 30 msec이하이어야 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 차별적인 규정을 만들어야 한다. 또한 국내 제품이 선진국 시장에 진출하기 위한 기본 요건으로서도 선진국의 안전 방호 장치의 규정에 맞도록 국내 규정을 개선하는 것이 필요하다.

5-1-2. 지동시간의 측정

지동시간의 측정을 위하여 97년도의 연구 결과를 본 과제에 맞게 적절히 수정하여 일부를 인용한다.

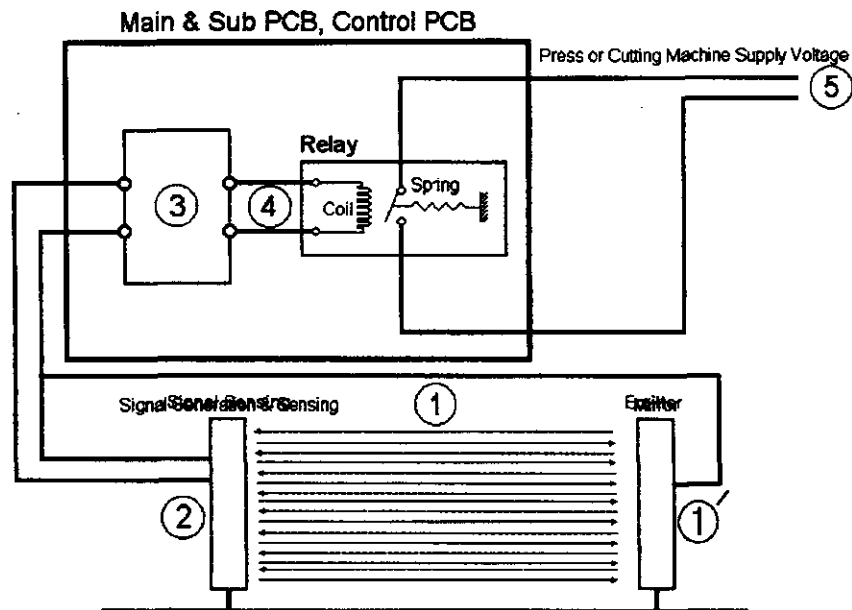


그림 5-1. 지동시간 측정 부분

프레스 및 전단기 안전장치의 일반적 구성으로 본 지동시간 측정 부분을 표시하면 그림 5-1과 같다.

그림 5-1에서 각 측정부분의 정의는 다음과 같다.

① : 차단 물체가 신호 영역에 투입된 시점

- ② : 투광부로부터 차단된 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 5-1을 시간 축에 대한 그림으로 나타내면 다음 그림 5-2와 같다.

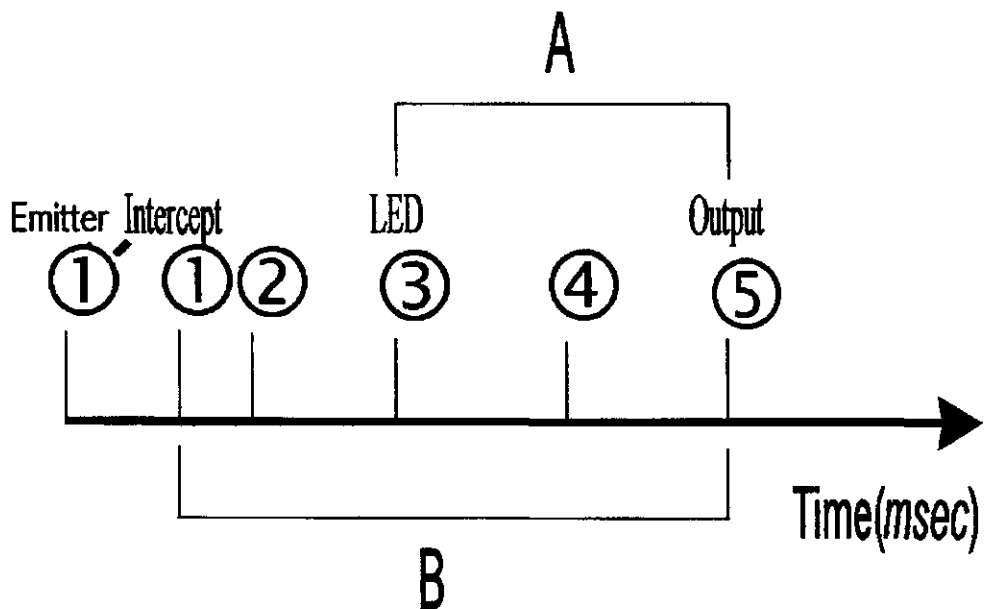


그림 5-2. 시간 축에 대한 지동 시간 측정 관계

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 5-2에서 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.

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

- (1) 그림 5-2에서 ② - ③까지의 회로부 신호 처리 지연 시간
- (2) 릴레이에서 코일과 스프링에 의한 지연 시간

5-1-3. 지동 시간의 측정 실험 및 평가

그림 5-3은 개발된 방호장치의 실험 측정 장치 사진이다. 그림 5-4는 개발된 Main PCB 사진(上)과 투수광부의 실험 측정 사진(下)이며 투수광부는 사진 촬영을 위해 실제보다 근접하여 설치하였다.

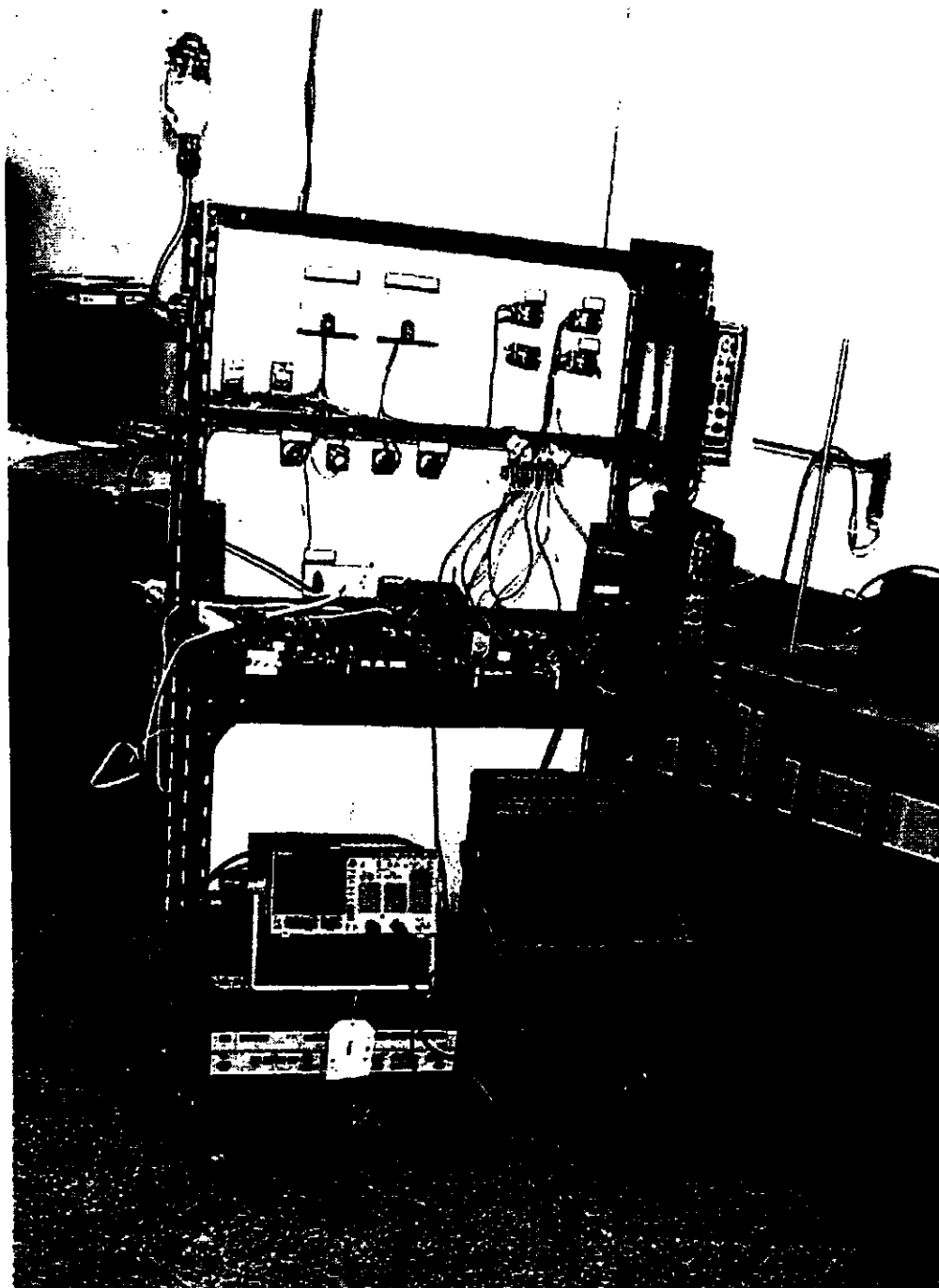


그림 5-3. 개발된 방호장치 실험 측정 장치 사진

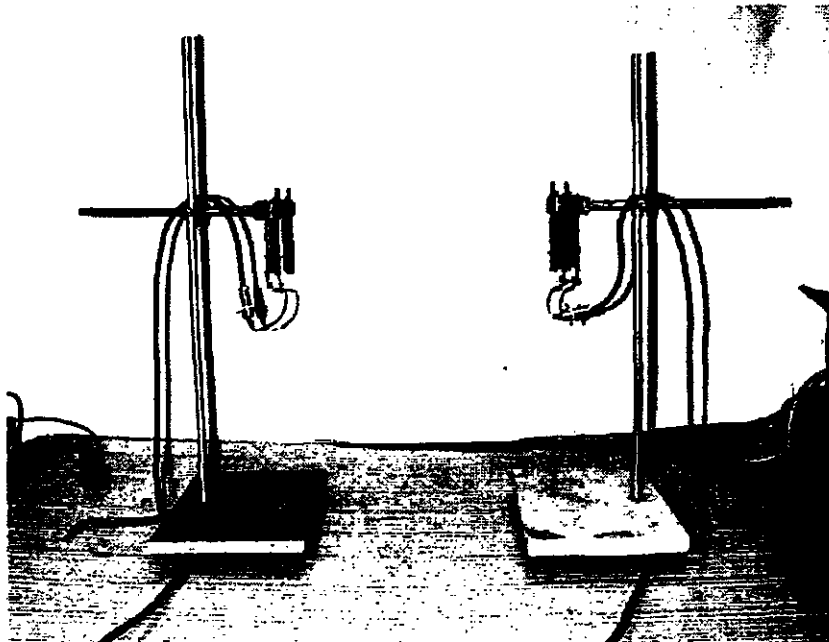
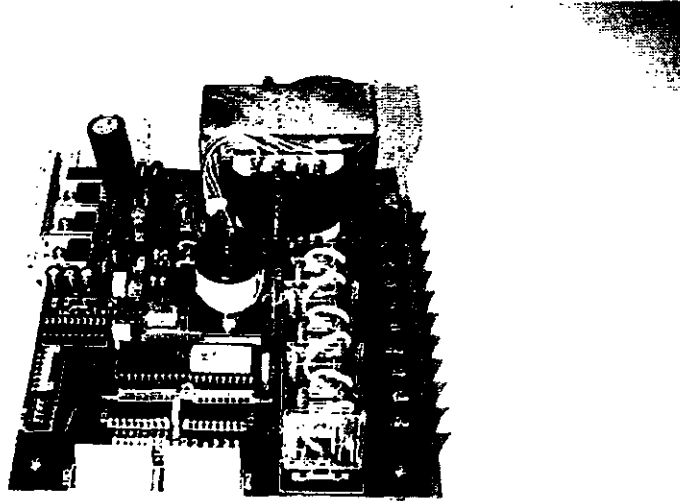


그림 5-4. Main PCB 사진(上)과
투수광부 실험 측정 사진(下)

위의 장비를 장치를 사용하여 다음의 파형들을 측정하였다. 그림 5-5는 ①'-①의 지연 시간을 관찰한 파형이다. 광축이 형성되었을 때 자체적으로 하드웨어적인 지연을 보여주고 있다. 즉 제어회로에서 클럭을 발생하여 투광부에 LED를 켜기까지의 지연요소이다. 이 지연 시간은 방호 차광막을 형성하기까지의 지연 시간이므로 지동 시간에는 영향을 주지 않는다. 오실로스코프의 파형에서 관찰된 지연시간은 거의 무시할 수준이었다.

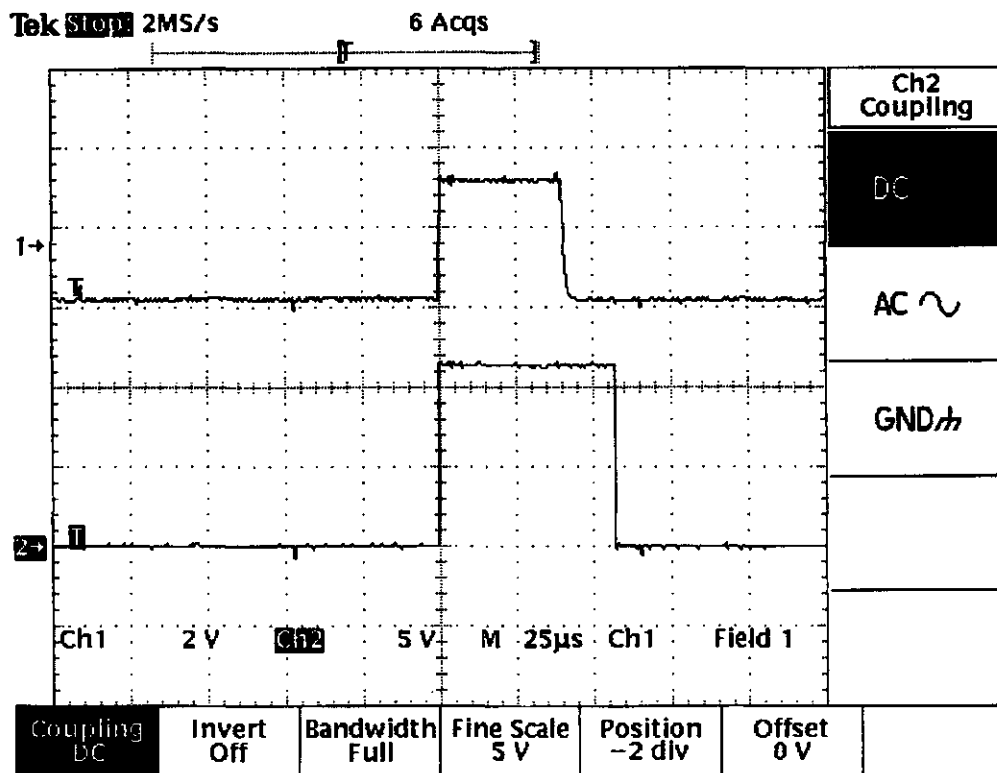


그림 5-5. ①'-①의 지연 시간 관측 파형

그림 5-6는 ①-②의 지동 시간을 관찰한 파형이다. 수광부의 지연시간으로 광축의 형성과 차단에 따른 초기 지연 요소이다. 이 시간 부터는 지동 시간에 포함되는 것으로 수광부 회로의 자체 지연시간이며 이는 기존 국산 회로와 호환성을 살리기 위해 변경된 부분이 없으므로 수광 응답 시간은 기존과 동일하다. 실험에서 관찰된 지동 시간은 $3\mu\text{s}$ 로 나타났다.

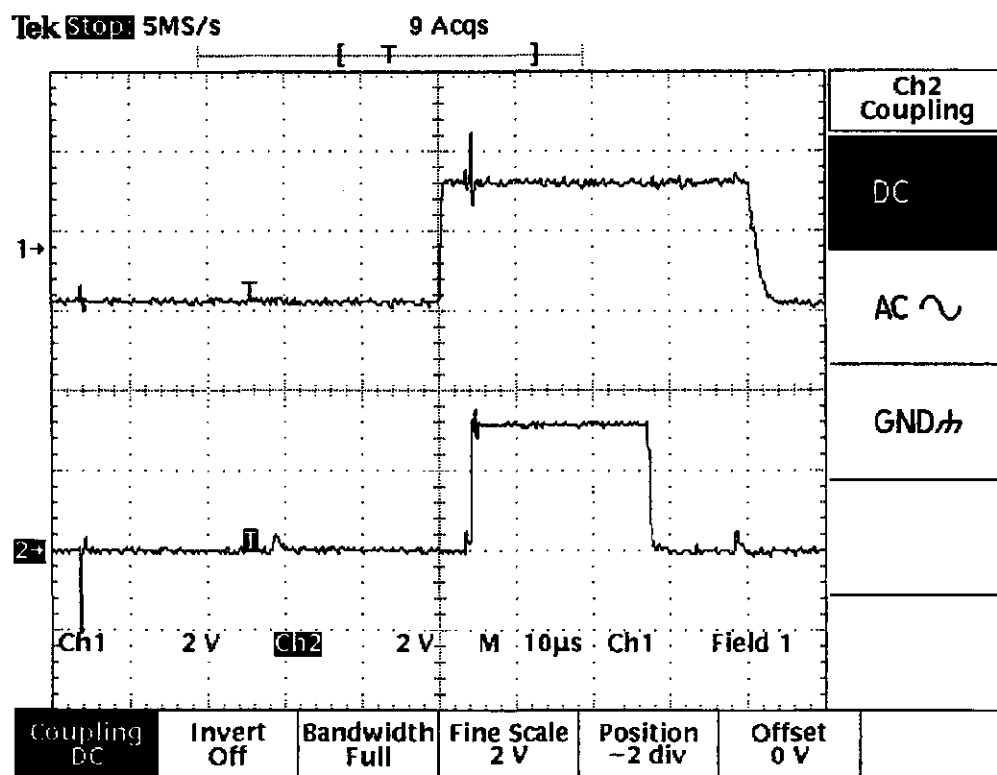


그림5-6. ①-② 지동 시간 관측 파형

그림 5-7은 ②-③의 지동 시간을 측정한 것으로 마이크로프로세서가 응답인식을 받을 때까지의 지동 시간을 측정한 것이다.

본 연구에서 개발된 회로는 앞서 4장에서 언급한 바와 같이 수광부의 최대 지연 요소인 R-C 시정수를 상당히 줄여 응답시간을 상당히 단축시켰으므로 기존의 국산 제품과는 차광 응답에 대한 속도가 상당히 개선되었다. 그림으로 관찰된 지동 시간은 $4\mu s$ 로 나타났으며 기존의 국산 방호 장치는 상당히 큰 콘덴서의 시정수(개발품 $1000pF$, 기존 국산품 $0.22\mu F$)로 응답 특성의 상당한 개선을 이룩하였다. 여기서 기존 국산품은 슈미트게이트의 안정화 레벨을 맞추기 위해 상당히 큰 콘덴서로 지연을 시키지 않으면 안정된 신호처리가 불가능하였으나 본 개발품은 마이크로프로세서에서 안정화 처리를 고속의 소프트웨어적으로 수행함으로써 짧은 시정수의 레벨 전압으로도 안정된 성능을 확보할 수가 있었다.

그림 5-8은 ③-④의 지동 시간, 즉 마이크로프로세서에서 차광을 인식한 후 소프트웨어 처리로 릴레이 전압 출력을 차단할 때까지의 지연시간으로서 Main PCB의 신호처리 지연시간에 해당된다. 이 또한 기존의 국산품은 제어 회로에서 아날로그적인 시정수로서 신호처리 안정화를 수행하였으므로 지연시간이 길었으나 본 개발 장치에서는 내부 프로그램으로 수행되는 명령어 step 수 만큼의 시간지연이 있게된다. 이를 실제 계산해보면 클럭주파수 $17kHz$ 로 8개의 광원이 1차례씩 커지고 방호차단시 일반 단발성 노이즈와 구별하기 위해 5차례 이상 차광이 될 때 방호신호를 수행하도록 하였으므로

$(1/17\text{kHz}) \times 8\text{개} \times (5-1\text{회}) = 1.88\text{ms}$ 로 된다. 실제로 관측한 그림 5-6(a)의 파형에서 1.95ms 의 지연이 발생하였는데 5회째 인식한 후 이를 처리하는 프로그램 스텝 경과 시간을 고려 할 때 계산식과 잘 일치함을 증명하였다. 참고로 아래(b)의 파형을 응답감도를 달리했을 때의 지동시간으로 수광파형이 최초로 망이 빠지고 부처 지동시간이 2.78ms 로 나타남을 보여주고 있다.

그림 5-9는 ④-⑤의 지동시간을 관찰한 오실로스코프파형이다. 즉 릴레이 차단 신호로 릴레이 구동 전압이 차단되고 난 후 실제로 릴레이가 차단될 때까지의 지동시간으로 이는 사용된 릴레이의 자체 지동시간에 해당된다. 개발품에 사용된 릴레이는 현재 방호장치 생산업체인 국내 S사에서 사용하고 있는 국산 D사 제품의 DC 12V 4점점 릴레이로서 그림 5-7에서 측정된 지동시간은 약 10ms 로 나타났다.

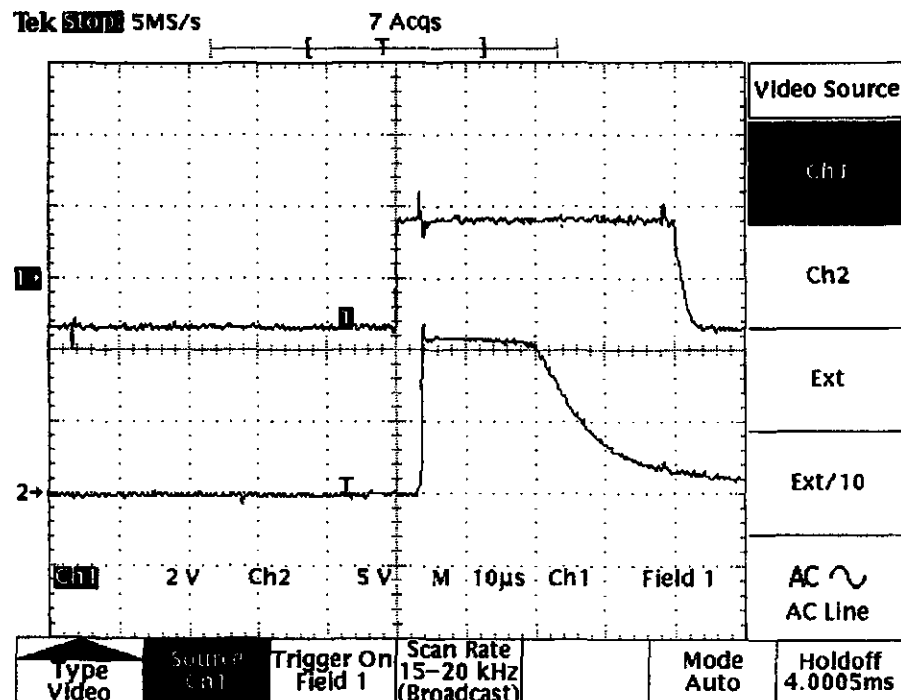


그림 5-7 ②-③ 지동 시간 관측 파형

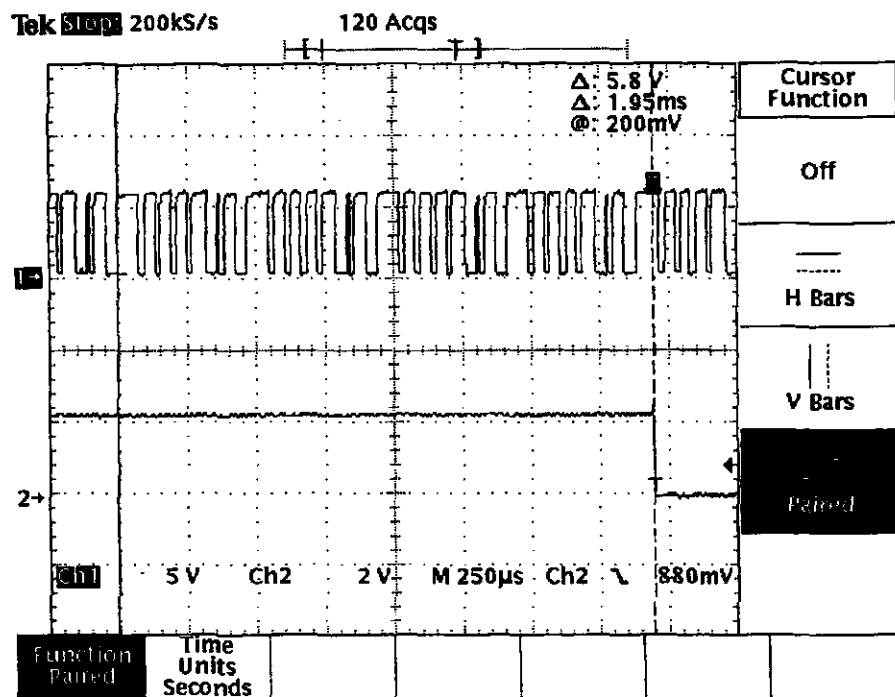


그림 5-8(a). ③-④ 지동 시간 측정 파형

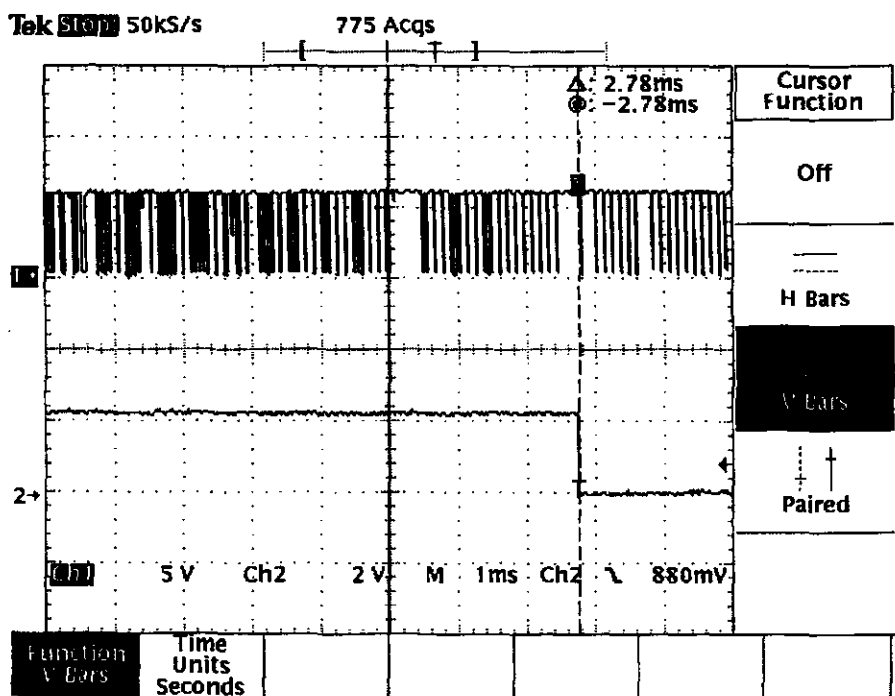


그림 5-8(b). ③-④ 지동 시간 측정 파형

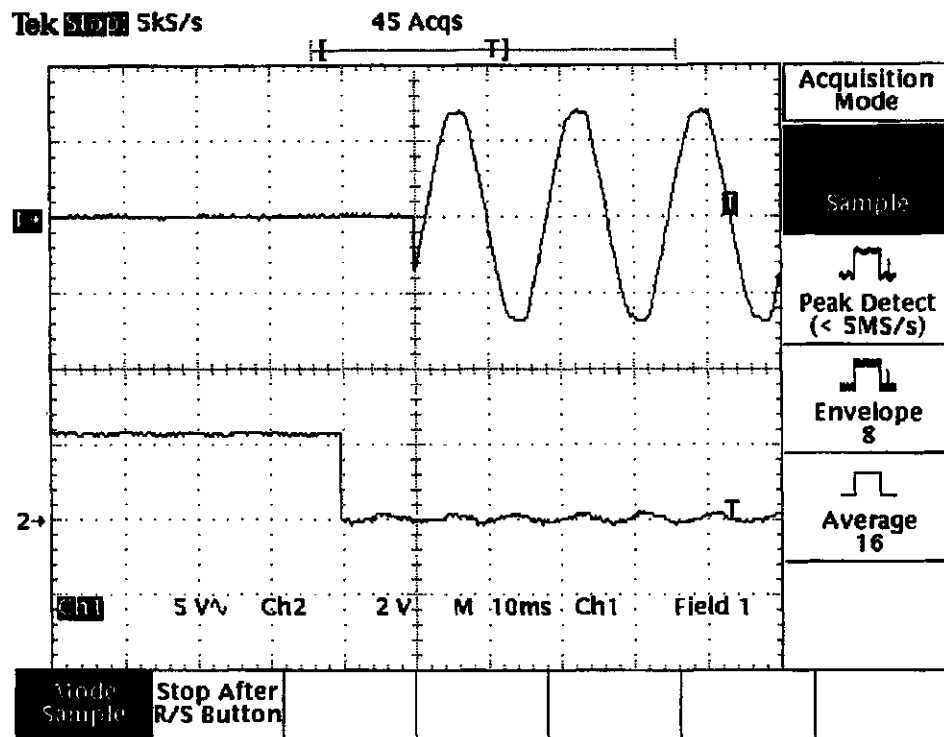
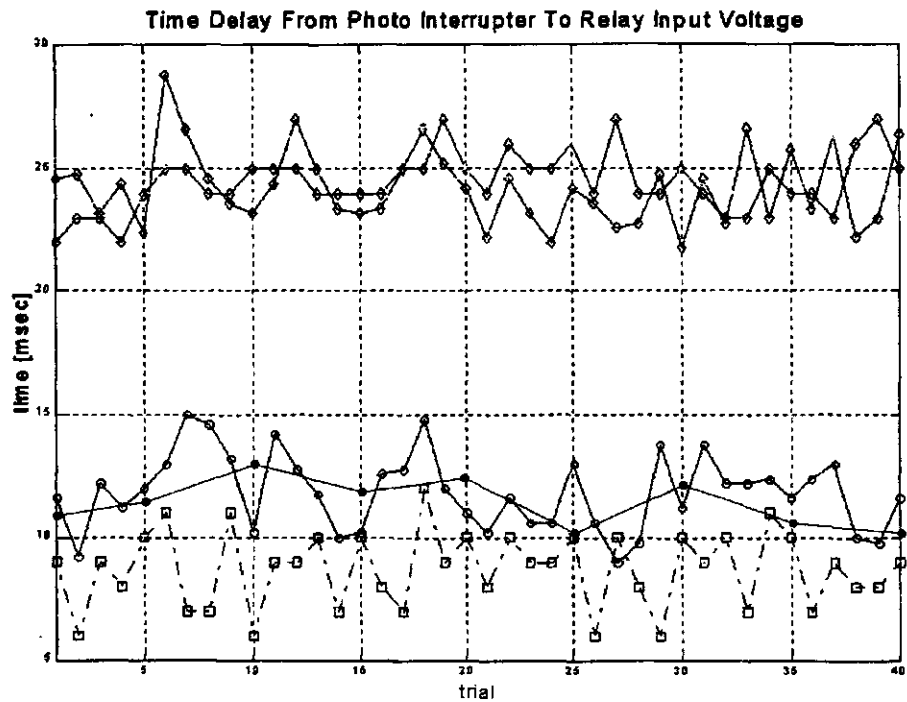


그림 5-9. ④-⑤ 지동 시간 측정 파형

이상의 결과를 종합하고 투수광부에 물체가 투입되고 차광이 이루어져 릴레이 차단이 효과가 나타날 때까지의 총 지동 시간(①-⑤)을 반복 실험하여 97년도의 결과와 비교하여 작성한 결과는 그림 5-10과 같다.

결과에서 보는 바와 같이 본 연구의 개발품은 평균 지동 시간이 12ms로 관측되었으며 지동시간의 80%이상이 릴레이 자체의 지동시간이었다. 따라서 본 결과는 기존 국산 제품보다 상당한 지동 시간의

성능이 개선되었음을 증명하였다. 실제로 이에 대한 간단한 증명으로 차광봉을 속도를 다르게하여 차광막을 차단시키는 실험을 해 보았을 때 기존의 국산 제품은 상당히 지연 효과가 있어 빠른 차광 투입은 인식하지 못하는 결과로 나타났으나 신개발품은 인간의 감각적으로 느낄 수 있는 투입 속도 범위내에서는 인식하지 못하는 경우가 없었다.



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

그림 5-10. 총 지동 시간(①-⑤)의 비교

5-2. 각 기능의 동작 평가

본 절에서는 본 연구에서 개발된 시작품의 추가된 여러 기능들의 기능과 동작을 평가하였다. 각 기능들은 기존 국산품에서는 없던 기능들이며 일부 기능은 아직 법제화되어 있지 못한 기능들도 있으나 외국 제품들이 이러한 일부 기능들을 보유하고 있고 추후 국내에서도 법제화될 가능성이 있으므로 향후의 외국 제품과 제품 경쟁력을 확보하기 위해 추가된 기능들이다. 각 기능의 동작 평가는 비교 평가 실험을 하기는 곤란하고 그 기능의 실현 유무와 테스트 방법을 소개하고 그 결과를 서술한다.

5-2-1. 연속 차광폭의 동작 평가

기존 국산품은 연속 차광폭이 30mm로서 렌즈의 크기가 상당히 커서 20mm이하의 차광봉으로 동작 테스트할 때 차광을 하지 못하는 경우가 많이 발생하였으나 본 연구의 시작품은 앞서 투수광부에서 언급한 바와 같이 연속 차광폭 14mm이하 수준을 달성하였다.

그림 5-11과 같이 실제 테스트해 본 결과 투수광부를 4m 거리로 이격하였을 때 에러없이 14mm까지 인식하였으며 1m 간격에서 8mm까지 차광인식이 가능하였다. 한편 반사식의 최대 결점인 반사판 가까이에서의 불안정 현상도 투수광 형식이므로 문제되지 않았다.

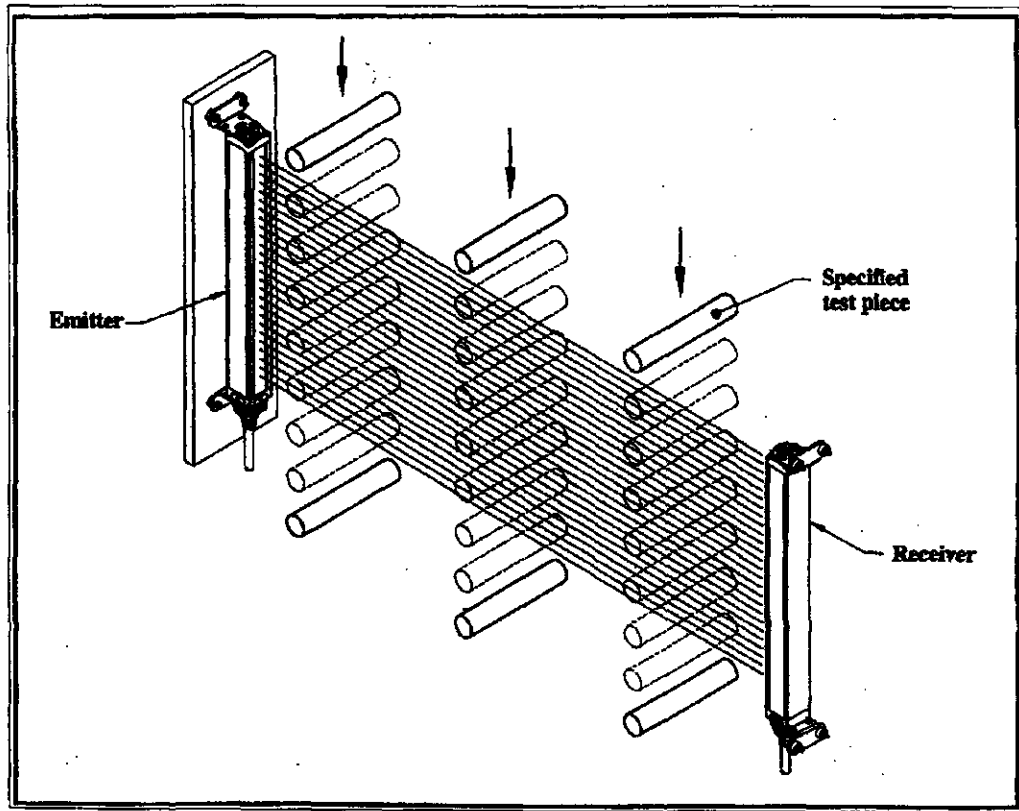


그림5-11. 연속 차광폭의 실험

5-2-2. 선택 차광 무효화 기능

본 기능은 프레스에 투입되는 가공 재료에 따라 일부 단수, 혹은 일부 복수의 차광축을 무효화시킴으로서 무효화되지 않은 광축에 손가락 등이 투입될 때 안전차단을 확보하는 기능이다. 기존 국산 제품은 연속 차광폭이 30mm로서 일부 차광 무효화 경우 안전상 심각한 위험요소가 제기될 수도 있으나 본 개발품은 연속 차광폭이 14mm이

하이프로 본 기능이 가능하였다. 이하 본 기능의 설정 방법과 동작 평가는 다음과 같다.

(1) 설정 방법

- 1) key 스위치를 '무효'쪽으로 한다.
- 2) DIP1 스위치를 무효화시키고자 하는 해당 광축을 세트한다.
- 3) key 스위치를 '안전'으로 한다.

(2) 동작 평가

- 1) 세트된 해당 차광축의 LED 표시 점등
- 2) 해당 차광축에서의 14mm 차광봉 투입시 -> 방호 무효화

5-2-3. 연속 순차 무효화 기능

본 기능은 절곡기 등과 같이 투입되는 재료가 단순 절단이 아닌 절곡되면서 일부 무효화된 광축의 변경이 연속적으로 요구될 때 간편히 사용할 수 있는 기능으로서 일부 외국 제품에서는 옵션 사양으로서 기능을 포함하고 있다. 본 기능의 동작은 앞 절의 소프트웨어에서 설명한 바와 같이 전체 8개의 광축 중 1개만이 무효화되며 이 무효화된 광축이 상하로 이동하여도 항상 1개의 광축이 무효화된 상태로 존재하는 것을 기본 동작으로 한다.

이하 본 기능의 설정 방법과 동작 평가는 다음과 같다.

(1) 설정 방법

- 1) key 스위치를 '무효'쪽으로 한다.
- 2) DIP2 기능 스위치의 4번째 MOD1, MOD2 절환 기능을

MOD2로 한다.

3) key 스위치를 '안전'으로 한다.

(2) 동작 평가

- 1) 투수광부의 광축에 대해 차광봉을 상하로 투입 움직인다.
- 2) 지름 14mm 이하의 차광봉에 대하여서는 -> 방호무효화
- 3) 현재의 차광봉 위치 이외에 부가적으로 차광봉 투입시 -> 방호기능 작동

5-2-4. 각 기능 스위치의 동작

DIP 스위치 4개로서 각각 다음과 같은 기능 스위치가 있다.

- ① 차광 응답 속도 조절(상위 bit)
- ② 차광 응답 속도 조절(하위 bit)
- ③ 릴레이 차단 후 복귀 시간 조정(2종류)
- ④

┌	off ; 일부 광축 무효화 기능(MOD1)
└	on ; 연속 순차 무효화 기능(MOD2)

기능 DIP 스위치 ①, ②번은 2개의 bit로서 각각 00, 01, 10, 11의 2진수에 해당되는 4종류로 응답시간을 조정할 수 있다. ③, ④번 스위치는 각각 on, off에 해당되는 두 종류의 기능을 수행한다. 이하 기능 스위치의 설정 방법과 동작은 다음과 같다.

(1) 설정 방법

- 1) key 스위치를 '무효'쪽으로 한다.

2) 해당 DIP 스위치를 on, off로 필요에 따라 세팅한다.

3) key 스위치를 '안전'으로 한다.

(2) 동작 평가

1) 차광 응답 속도 조절 기능

4개 스위치의 종류에 따라 평균 응답 속도는 14mm 차광봉의 경우
그림 5-12와 같이 측정되었다.

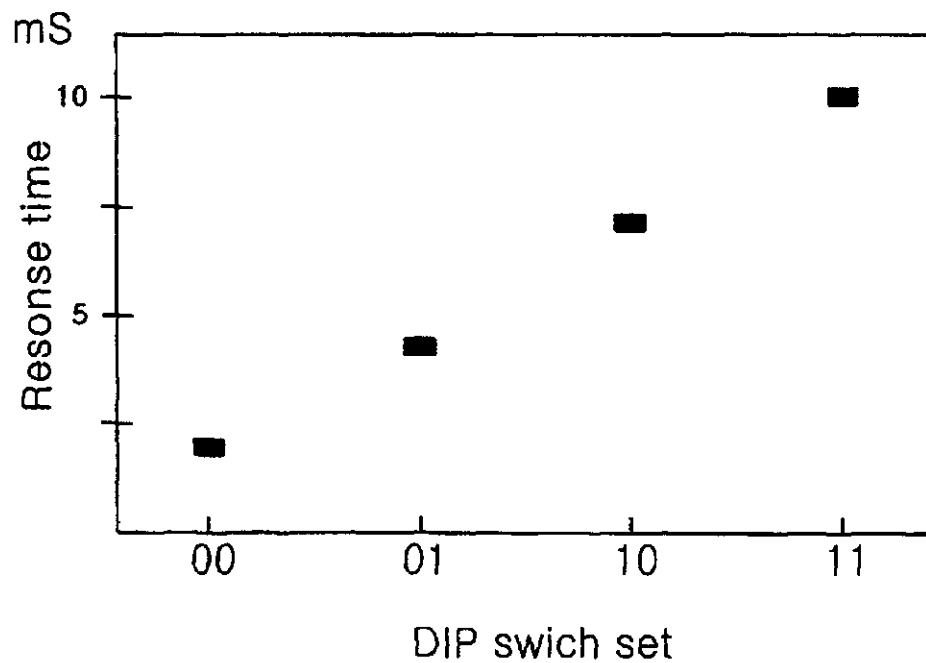


그림 5-12. 평균 응답 속도
(14mm 차광봉의 경우)

5-2-5. 릴레이 용착 센싱 회로의 동작 시험

방호 차단 릴레이는 대부분 프레스의 기동 차단기(릴레이)에 외부 전원으로 폐회로를 구성하고 있으므로 릴레이 on, off시 프레스측 전원에 의해 inductive-kick 써어지가 발생하여 최악의 경우 용착되어 방호 차단 동작을 수행하지 못하게 되는 경우가 있다.

이를 인지하여 직렬로 또 다른 릴레이를 연결하여 redundancy 조건을 확립하는 것을 용착 방지 기능이라 하는데 본 개발품은 4장에서 그 동작과 개선 사항들을 상세히 설명한 바 있다. 본 절에서는 용착 기능의 점검 방법과 결과에 대해 설명한다.

(1) 용착 기능의 점검 방법

- 1) 통상 작동 상태에서 RL2를 제거 또는 RL2 장착 상태에서 RL2의 'a' 접점 단자를 단락시킨다.
- 2) 투수광부측에 차광봉으로 차광한다. 즉 광선을 차광한 상태에서 RL2의 a접점이 open 되어야 하나 RL2의 a 접점을 단락시킨 상태이므로 용착 상태로 가정된다.

(2) 동작 평가

- 1) 표시 LED가 전부 켜지면서 용착 해제 릴레이 RL1이 차단된다.
- 2) RL1이 차단된 이후는 전원을 차단하고 용착된 릴레이를 교환하여야 정상 복귀된다.

5-2-6. Watch Dog Timer 동작 시험

기존의 순수 하드로직 회로와는 달리 마이크로프로세서가 포함되는 회로의 동작은 상당부분 순차적인 소프트웨어의 실행에 의해 동작이 구성된다. 따라서 우연한 기회에 외부로부터의 전원 노이즈나 켜어지 전압 혹은 자신과 병렬로 연결된 부하의 급격한 변동 등으로 간혹 마이크로프로세서의 데이터 버스나 클록 타이밍 등의 회로에 오류가 일어나 프로세서가 폭주 혹은 무한 루프에 빠져버리는 경우가 허다하다. 일반적인 하드로직은 바로 복귀가 가능하나 마이크로프로세서 회로는 자연 복귀가 기대하기 어려우며 리셋의 단계를 거쳐 다시 시작해야 한다. 이 과정에서 방호 장치가 오동작 혹은 위험한 방향으로 동작되어 안전 방호 장치의 신뢰성을 저감시킬 우려가 있으므로 이에 대한 대책은 반드시 보장되어야 하며 이른바 소프트웨어적으로도 redundancy 조건이 충족되어야 한다. 본 연구에서는 최근 시중의 전용 watch dog timer IC의 동작에 착안하여 본 시작품에 그 기능을 부가하였다. 그러나 일반 시중의 watch dog timer는 단순 watch dog 기능만 수행하며 마이크로프로세서만 리셋시킬 뿐이며 방호 장치의 제일 중요한 프레스의 동작을 멈추게 하지는 못한다. 따라서 본 연구에서는 또 다른 고속의 RISC chip microcontroller를 사용하여 watch dog timer로서의 기능을 수행하기에 이르렀다.

본 시작품에서 개발된 watch dog 기능의 동작 평가 방법과 결과는 다음과 같다.

(1) 강제 watch dog 기능 수행 방법

그림 5-13과 같이 main CPU(89C51)의 발진용 크리스탈의 어느 한 단자에 드라이버 같은 것을 접촉시켜 강제로 마이크로프로세서 클럭의 정지를 시킨다.

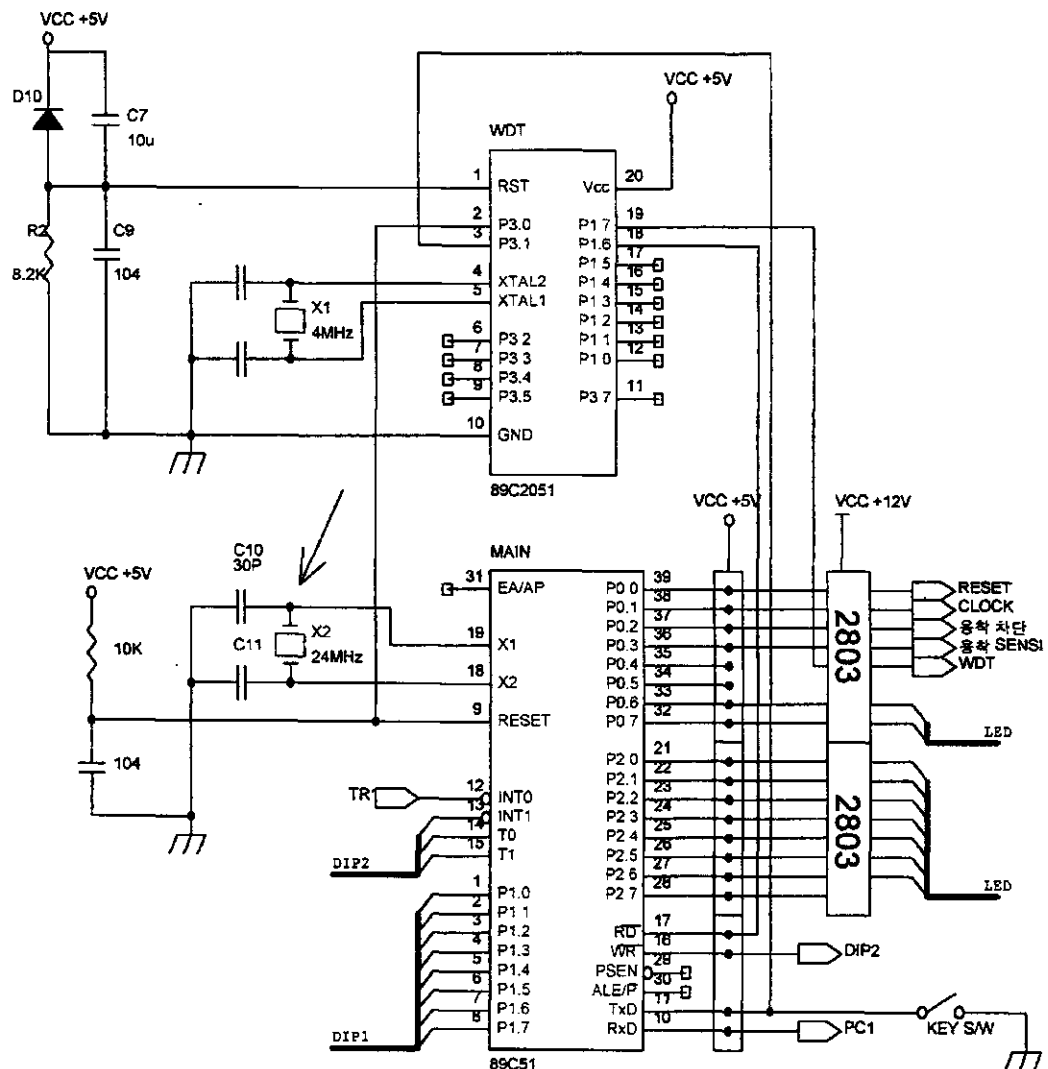


그림 5-13. watch dog 상태 진입의 모의 실험

(2) 동작 평가

마이크로프로세서가 정지하면서 watch dog 펄스를 주기적으로 공급하지 못하게 되면 watch dog 프로세서는 자체 대기 시간 카운터 값 이상 경과되면서 main CPU를 리셋 시킴과 동시에 watch dog 릴레이(RL3)를 차단시켜 프레스 동작 경로를 차단시킨다. 이때 우측의 4개의 LED는 전체가 점멸 상태로 들어간다. 상태 해제는 key 스위치를 무효화시킨 후 재투입함으로서 해제된다.

그림 5-14는 watch dog 상태에서의 출력 파형이다. 그림에서 보는 바와 같이 마이크로프로세서가 Watch dog pulse(上)를 보내 주지 못하게 되면 릴레이 차단 신호(下)로 방호 동작에 들어가게 된다.

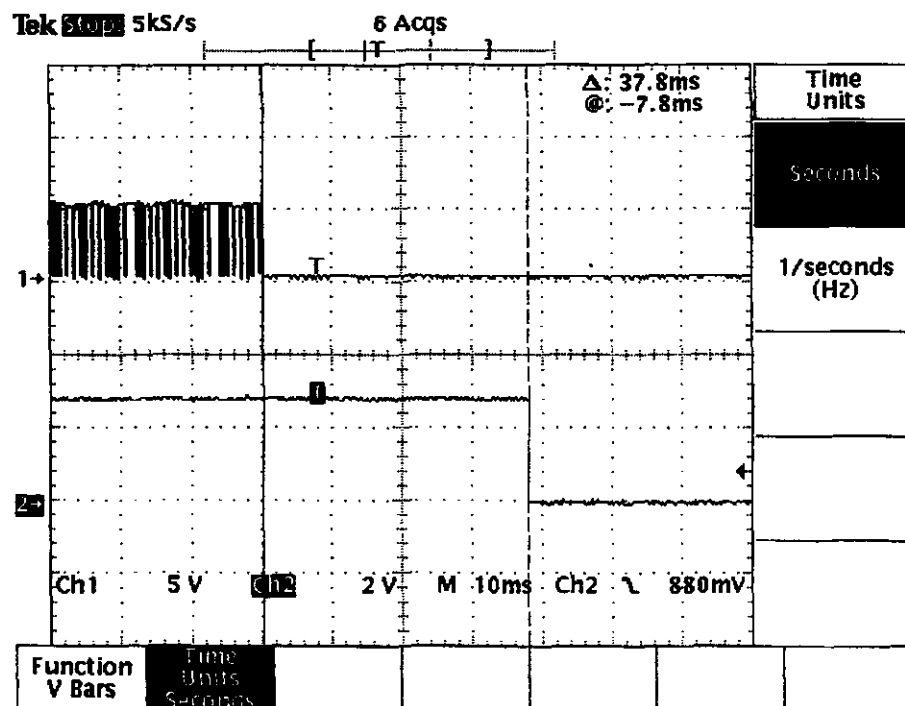


그림 5-14. Watch dog 상태의 출력 파형

5-3. 전원 시험 및 기타

본 절에서는 제작된 시작품의 전원 시험 평가에 대하여 언급하고자 한다. 본 시작품은 하드웨어적으로 전원 전압 변동, 외부 노이즈, 순간 정전 등 강인하도록 회로 설계에서 고려하였고 마이크로프로세서의 내부 소프트웨어에도 오동작 방지를 위한 여러 알고리즘을 강화하여 두었다. 더욱이 이마저 실패할 경우를 대비하여 watch dog timer 프로세서도 함께 탑재시켜 두었으므로 복수의 배수진을 쳐 놓은 상태이다.

한편 본 연구결과의 부산물로서 본 시작품의 전원 트러블에 대한 내성 평가를 위하여 전원의 순간 돌입 전원 발생과 순간적인 단전 상태(瞬斷)를 발생시킬 수 있는 전원 시험기를 제작하여 돌입 전원과 순간 정전 모의 실험 평가를 수행하였으며 전원 전압 변동 시험을 수행하여 본 개발품의 동작 안정성을 평가하고 각 측정치를 제시하였다.

5-3-1. 전원 순간 시험 장치의 개발

8비트 마이크로 콘트롤러를 이용하여 정현파 360° cycle 중 임의의 파형에서 on, off를 할 수 있고 임의의 시간만큼 정전 interrupt를 가할 수 있는 장치를 본 연구에서 개발한 방호 장치의 테스트로서 부가적으로 개발하였다. 다양한 소프트웨어 알고리즘으로 개발된 방

호 장치의 전원 시험에 투입하여 장기간 테스트해본 결과 돌입 가변 위상 투입시험, 임의 cycle 순단 및 가변위상 투입 시험 기능 등이 가능하여 마이크로프로세서의 디버그 작업에 유용한 성능이 입증되었다. 그림 5-15는 개발된 전원 순단 시험 장치의 사진이다.

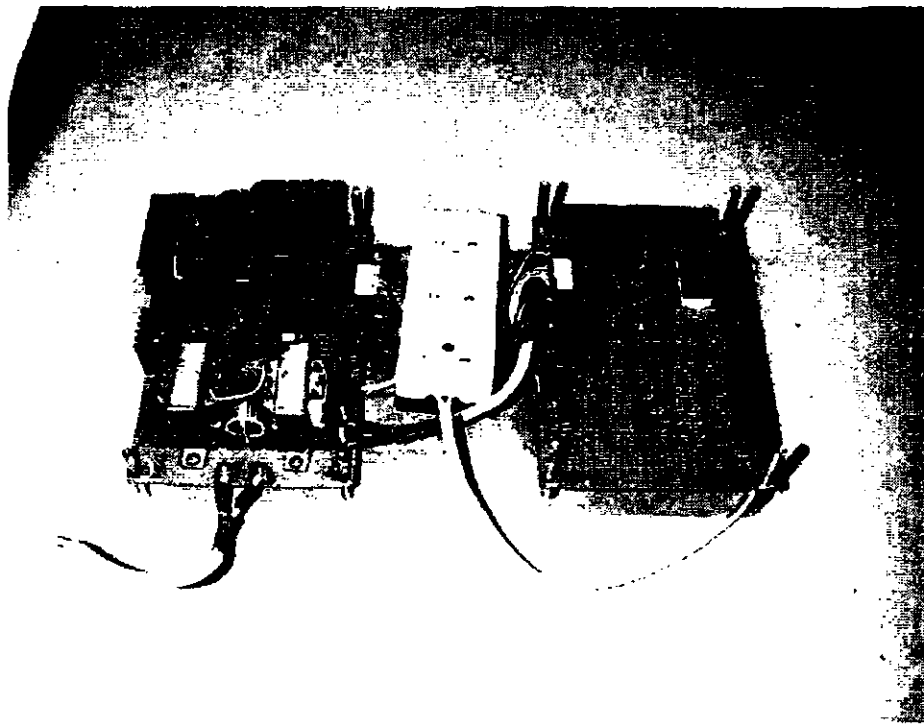


그림 5-15. 전원 순단 시험 장치

(1) 하드웨어의 구성 및 동작

하드웨어는 원하는 돌입 위상각과 순단 시간을 정하는 키조작부와 입력된 전원을 조작부에서 정의된 돌입 위상각과 순단 시간으로 출력 전원을 제어하는 제어부와 현재의 제어상태를 알수있는 display 부로 구성되어 있다.

그림 5-16은 본 연구에서 개발된 전원 순단 시험 장치의 블록도이다.

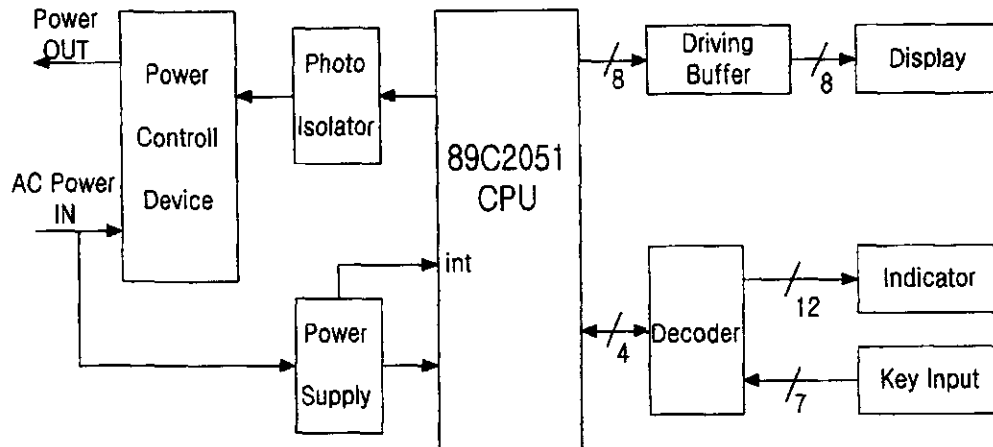


그림 5-16. 개발된 전원 순단 시험 장치의 하드웨어 구성도

하드웨어의 구성은 장치의 모든 동작을 제어하는 마이크로컨트롤러부와 전력제어소자로 이루어진 전력제어부로 나뉘어진다. 마이크로컨트롤러부는 마이크로프로세서와 디코더로 구성되며 디코더는 디스플레이부와 키보드 입력부와 연결되어 키 scan과 dynamic display를 담당하고 마이크로프로세서는 포트들을 이용하여 키보드부와 디스플레이부, 디코더 전력제어부등 전체적인 제어를 소프트웨어로서 동작시킨다. 이하 하드웨어의 동작을 설명하면 다음과 같다.

그림 5-16의 power supply에서 전원 220V를 6V로 감압하여 파형 정형회로를 거쳐 마이크로프로세서의 외부 interrupt단자로 입력되어 zero volt timing을 발생시킨다.

그림 5-17은 전원 sine파에 대한 파형 정형회로의 외부 인터럽트 발생 파형이다. 구형파가 0V가 되는 순간부터 외부 인터럽트가 걸린다.

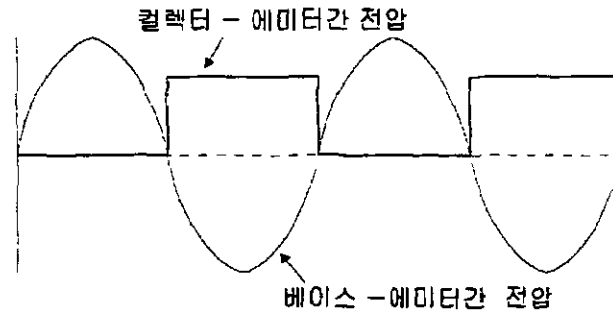


그림 5-17. 전원 파형의 외부 인터럽트 발생 파형

키 입력부는 돌입위상각을 정해주는 위상 조작부와 순단시간을 정해주는 타임 조작부로 구성된다.

7개의 스위치로 구성되는 키 입력부는 돌입 위상 설정치를 $\pm 30^\circ$ 씩 변화시킬 수 있으며 0° 에서 330° 까지 30° 간격으로 설정이 가능하다. 또한 돌입 전원 시작 스위치와 돌입, 순단 전원 시험을 중단하는 키, 그리고 순단 시간 설정치를 ± 0.01 초씩 변화시켜 0.01초에서 9.99초 까지 0.01초 간격으로 설정 가능하며 그 시간 동안 전원을 순단할 수 있도록 하였다.

디스플레이부는 위상 디스플레이부와 타임 디스플레이부로 이루어지며 현재 출력으로 전원이 공급되는 것을 보여준다. 위상을 나타내는 LED 13개와 7세그먼트 디스플레이 3디지털로서 시험 상태를

세트 한 것을 확인 할 수있도록 하였다. 즉, 세그먼트는 순단시간을 LED는 돌입 위상을 표시한다.

그림 5-18은 위상을 나타내는 13개의 LED가 위상각 30° 간격으로 0° ~ 360° 까지의 돌입위상각을 보여준다.

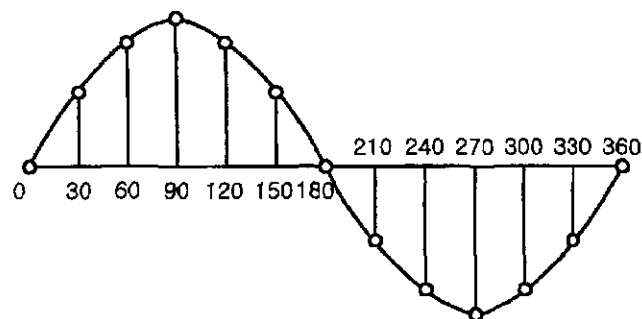


그림 5-18. 돌입 위상각의 구분

(2) 소프트웨어 구성과 동작

프로그램은 명령어 대기 상태를 스캔하며 무한 루프를 돌고 있는 주프로그램과 키조작에 따라 인터럽트 서비스 루틴으로 수행되는 부프로그램으로 크게 나뉜다.

1) 주프로그램

그림 5-19는 주 프로그램의 흐름도이다.

주프로그램은 순단 시험 장치에 전원이 ON되면 프로그램 내부의 레지스터들을 초기화하고 타이머 인터럽트 1번을 사용하여 정기적으로 키조작을 감시하고 있다가 키조작시 명령에 해당되는 루틴으로 분기하여 처리한후 다시 대기상태로 돌아와 키조작을 감시한다.

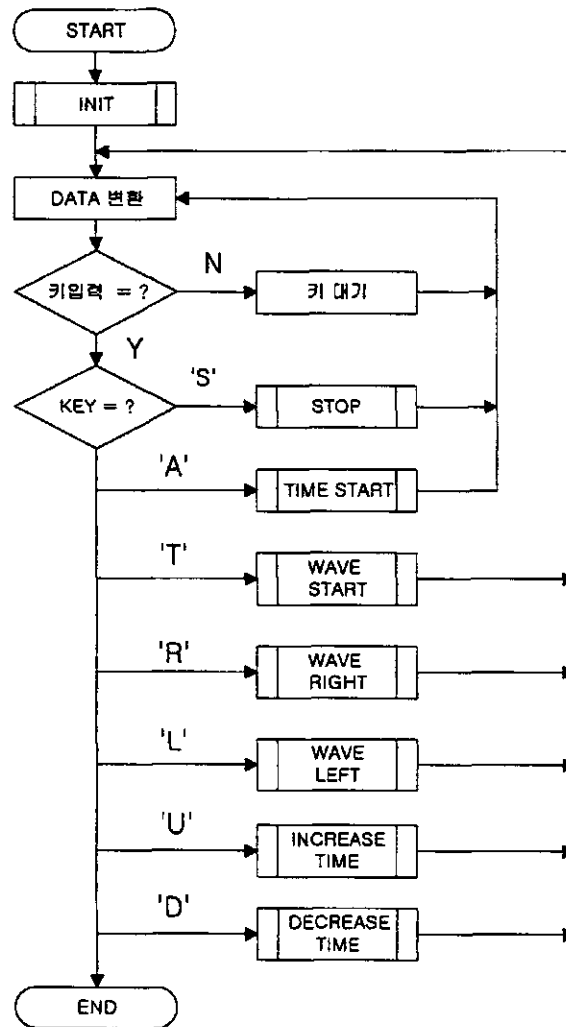


그림 5-19. 주 프로그램의 흐름도

주프로그램 중 주요 기능과 동작은 다음과 같다.

① 초기화 루틴 (INIT)

타이머와 시리얼 인터럽트 또는 초기 상수, 변수 정의 등을 한다.

② 데이터 변환

변수들간의 계산 및 변환에 사용되는 함수들로 구성되며 돌입

위상값을 가지는 변수와 순단 시간값을 가지는 변수의 값을 키스캔으로 받아들인 후 하드웨어에 맞게 변환하여 각각 버퍼에 저장한다.

③ 순단시간의 계산

순단 시간을 증가 또는 감소시키는 함수로서 명령어가 스캔되었을 때 동작하는 루틴으로 0.01초에 해당하는 시간값을 증감연산한다.

④. 돌입 위상 계산

돌입 위상을 좌우로 30° 이동시키는 함수이다.

⑤ 돌입 개시

타이머 인터럽트1을 disable시키고 외부 인터럽트 enable시킨다. 이 루틴에서는 인터럽트만 셋팅하고 실제 처리는 외부인터럽트 서비스 루틴에서 처리한다. 즉, 외부 인터럽트가 걸린 후 셋팅된 위상만큼의 시간이 지난 후 마이크로프로세서 초기 포트가 세트되어 피시험기에 전원이 공급된다.

⑥ 돌입 순단 정지

모든 인터럽트 상태를 최초로 원상복구 시키고 마이크로프로세서 포트를 클리어 함으로써 피시험기에 전원을 차단한다.

2) 부프로그램

부프로그램은 각 인터럽트 서비스 루틴으로 이루어져 있다. 키스캔과 그에 따른 디스플레이를 주목적으로 하는 타이머 인터럽트1과 0° 의 위상각을 계산할 수 있도록 하는 외부 인터럽트0, 그리고 돌입위상각에 맞춰 전원이 투입되도록 시간을 계산하며 순단시간 만큼 전원이 정전되도록 시간을 계산하는 타이머 인터럽트0으로 구성

되어 있다.

그림 5-20은 타이머1의 서비스 루틴의 예로서 마이크로프로세서에서 디코더에 데이터를 출력하여 순차적으로 7개의 키를 스캔하며 또한 위상을 표현하는 LED와 시간을 표시하는 세그먼트 디스플레이와 현재 출력으로 전원이 공급되는지를 보여주는 LED등을 디스플레이 하는 동작을 수행한다.

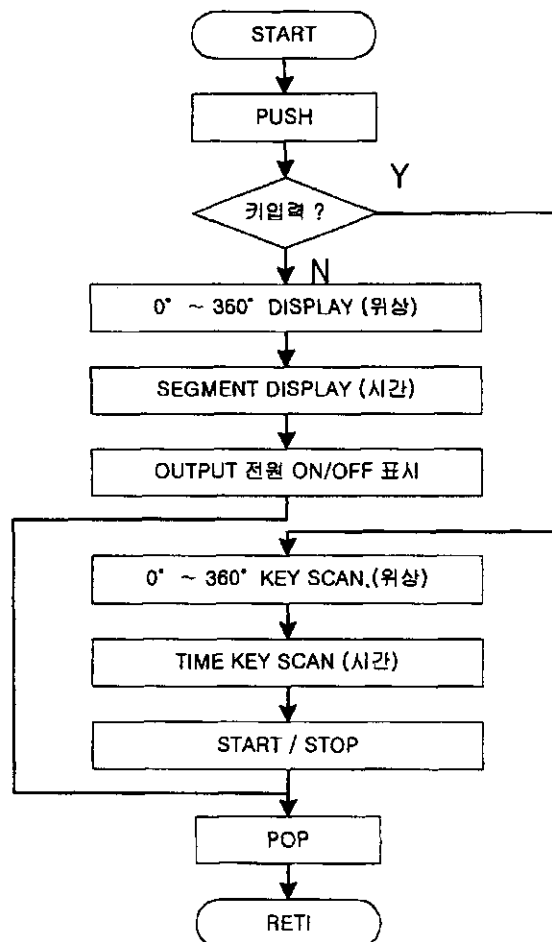


그림 5-20. 타이머1의 서비스 루틴의 흐름도

5-3-2. 전원 순단 시험 평가

개발된 전원 순단 시험 장치를 이용하여 본 시작품의 돌입 전원 및 순단 전원 시험을 수행하였다. 이하 오실로스코프 측정으로 관찰한 파형과 그 결과는 다음과 같다.

(1) 돌입 전원 시험

아래 그림은 각각 전원 전압의 30° , 90° , 240° 의 위상에서 순간적으로 돌입될 때 방호장치의 오동작 유무를 관찰한 것이다.

실험결과 예상대로 90° 와 270° 부근에서 서어지 전압이 가장 강하게 나타났으나 오동작이나 폭주는 발생되지 않아 순간 투입 전원의 어느 위상에서도 일정한 시스템임을 입증하였다. 그림 5-21에서 23은 방호장치에 공급되는 위상각이 각각 30° , 90° , 240° 의 돌입 전원의 파형이다.

(2) 전원 순단 시험

방호장치가 순간적인 정전시 어느 정도의 순단 전압에까지 이상 없이 동작하는가를 평가해 보았다. 이상 동작에는 2가지 종류가 있는데 첫째는 단순 방호 차단과 오동작과 두 번째로는 시스템 차체가 리셋되어버리는 경우이다. 짧은 순단의 경우에는 전자에 해당되고 그 이상의 경우는 대부분 후자의 이상동작으로 이행된다. 따라서 본 실험에서는 두 가지의 경우가 일어나는 상태의 순단 전압을 찾아보았다.

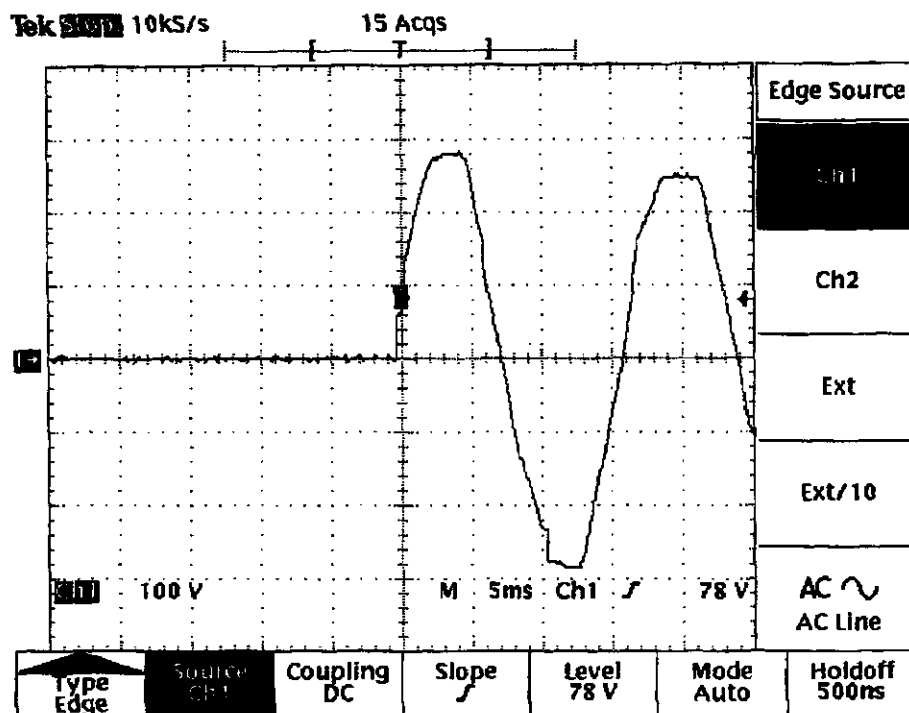


그림 5-21. 위상각 30° 에서의 돌입 파형

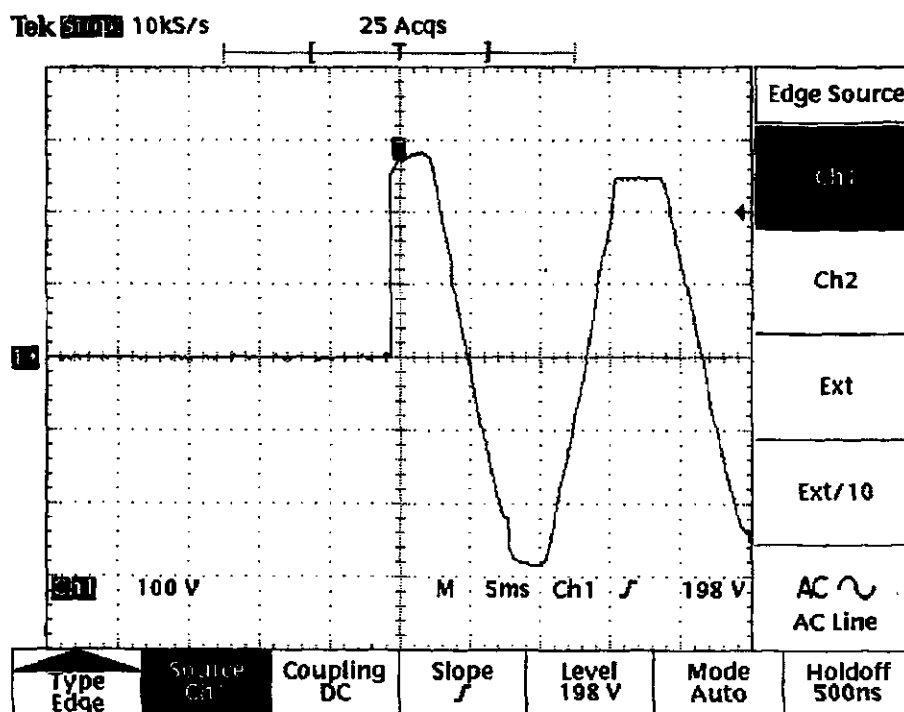


그림 5-22. 위상각 90° 에서의 돌입 파형

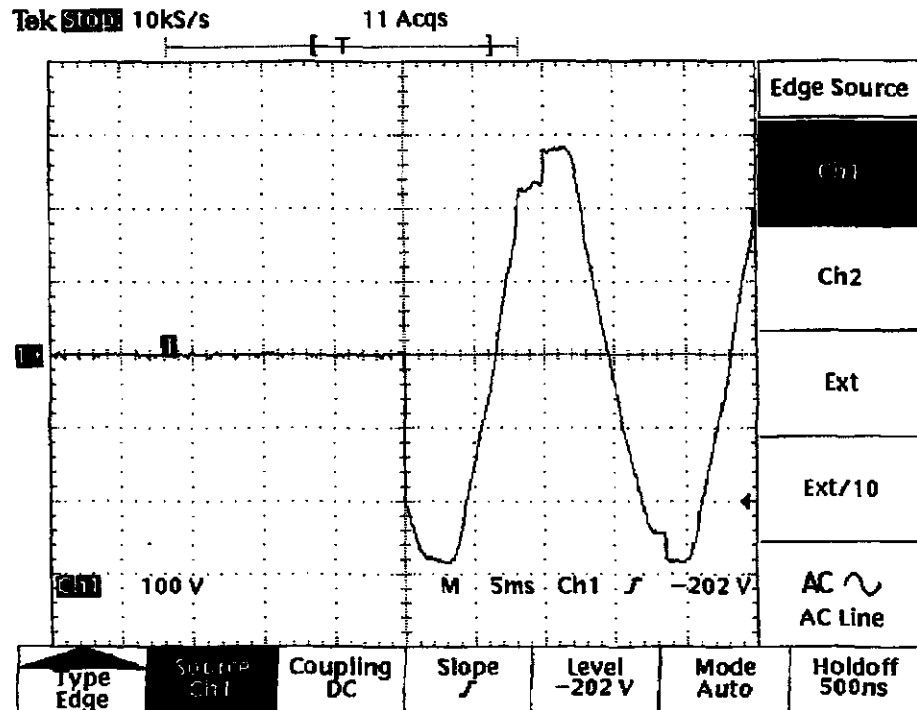


그림 5-23. 위상각 240°에서의 돌입 파형

그림 5-24은 50ms의 순간 전압 파형인데 그 이하에서는 본 개발 품이 아무 이상이 없었으나 50ms이상의 순간에서부터 광축의 차단에 관계없이 방호차단이 일어나는 경우가 발생하였다. 그림 5-25은 20ms의 순간을 격간으로 2회 수행시킨 결과의 관측된 파형으로서 이 경우에는 아무런 이상 동작이 발견되는 않았다. 따라서 방호 차단 오동작이 발생하지 않는 순간정압 시간은 50ms로 판명되었다. 통상의 주변 장비에 의한 power dip(순간 정전)이 10~20ms임을 볼때 양호한 수준이었다. 그림 5-26는 160ms의 순간시험으로 150ms까지의 순간에서는 마이크로프로세서 reset가 일어나지 않았으나 160ms 순간에서부터 reset이 많이 발생하였다. 이는 참고적인 전원 시험 자료이며 방호장치 전원부분의 전해콘덴서의 용량을 늘리면 얼마든지 연장이 가능하다.

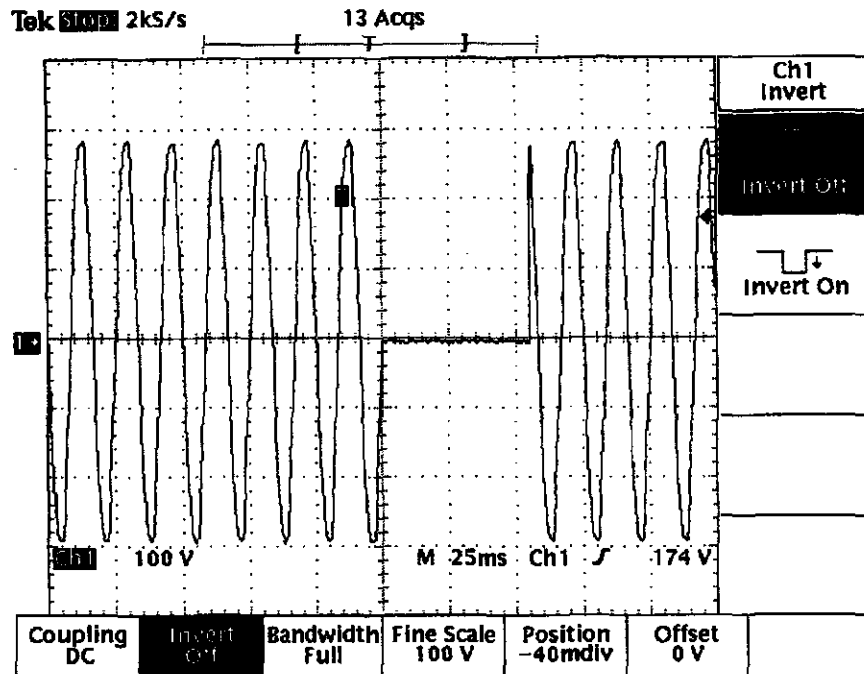


그림 5-24. 50ms 순단 파형

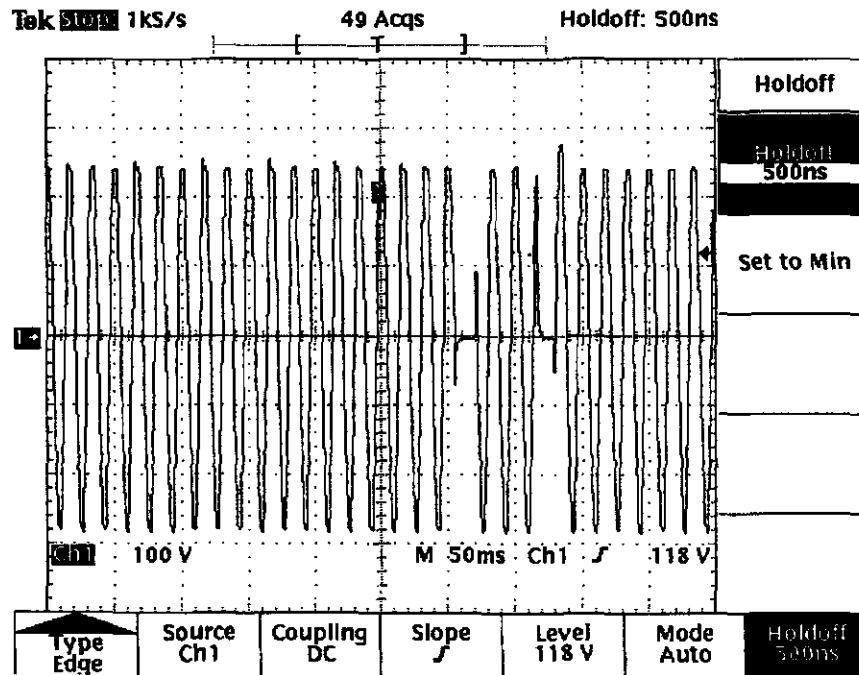


그림 5-25. 20ms 연속 2회 순단 파형

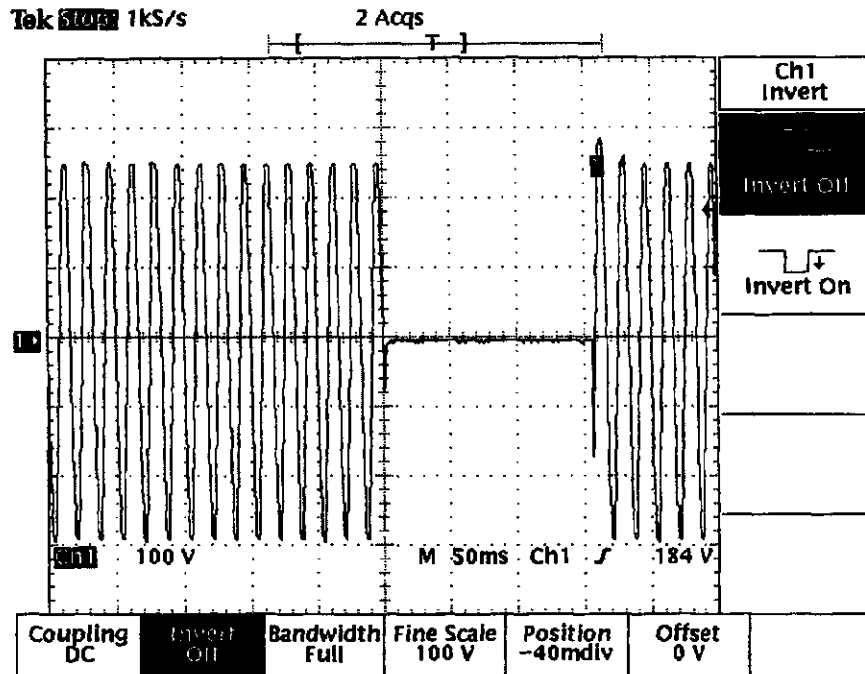


그림 5-26. 160ms 순단 파형

5-3-3. 전압 변동 시험 및 기타

개발된 방호장치에 대한 전원 전압 변동시험 평가를 수행하였다. 그림 5-27에 그 결과를 그래프로 표시하였다. 본 개발품은 하드웨어 사례에서 전원부의 정전압 IC의 동작 여유폭을 충분하게 설계하였으므로 220V 정격의 경우 150V~270V의 범위에서의 이상은 관찰되지 않았다. 220V 정격 사용시 전력은 투수광부를 포함하여 13W 정도가 소비되었으며 전류는 0.08A 정도였다. 전원 전압 변동 평가로 본 개발된 시작품은 전원 전압변동에 양호하게 일정하였으며 그 소비전력도 일반 소전력전자 제품수준과 동일하였다.

한편 완제품의 검증 사항에 해당되는 절연 내력 시험, 노이즈 시험, 진동 시험 등은 참여 업체의 완제품 케이스가 본 연구기간의 단축 관계로 기일내에 제작되지 못하여 시행되지 못하였다.

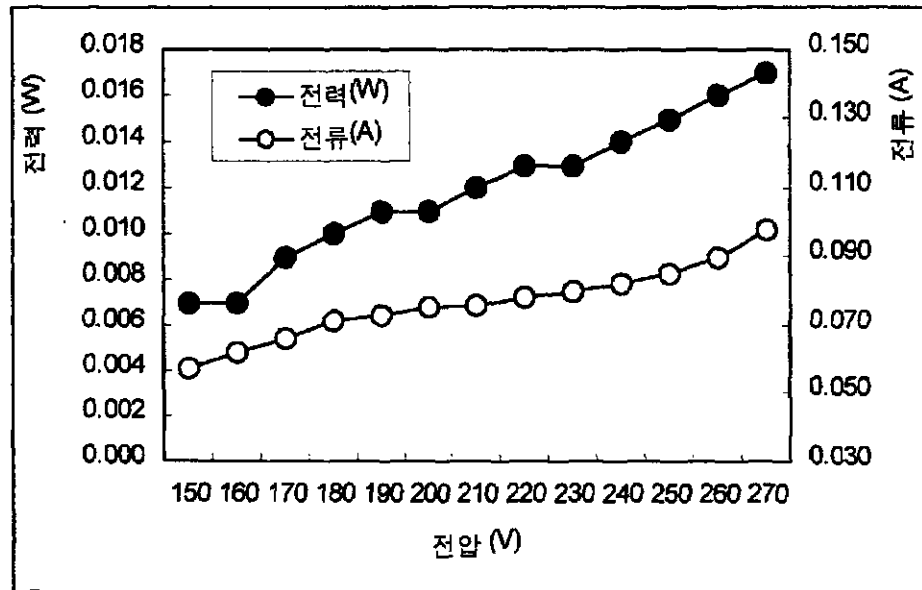


그림 5-27. 방호장치의 전압 변동 시험 그래프

제 6 장 결 론

본 연구에서는 선진국에 비하여 안전의 수준과 기능이 떨어지고 있는 방호 장치의 성능을 개선하고자 하였다.

국내 안전 방호 장치의 수준은 선진국에 비하여 열악할 뿐 아니라 설치된 안전 방호 장치도 운전자의 인식 부족이나 다양한 작업 환경에 만족하지 못함으로서 제대로 활용되고 있지 못하는 실정이다.

과년도 연구 결과에 의하면 광전자식 방호장치의 경우 국산품은 외국제품에 비해 안전성능에 현격한 차이가 있으며 성능의 주요사양인 지동시간도 매우 큰 것으로 나타나 있으며 무엇보다 다양한 방호 실패조건에 대한 다중의 fail safe기능이 부족하다는 점등이 지적되었다.

따라서 본 연구에서는 이에 대한 대책으로서 기존의 평가된 문제점들을 분석하고 새로운 접근방식의 도입을 시도함으로써 충분한 경제성과 성능을 만족시키는 방호장치를 개발하였다.

본 연구에서는 먼저 기존 제품의 분석으로서 국산제품의 문제점들을 기술적으로 심층분석하고 외국산 제품의 하드웨어 구성과 기능들의 특징을 분석하여 본 연구에서 개발의 적용 타당성들을 검토하였다. 검토한 결과로서 개발 사양들을 결정하였으며 진행과정에서의 각 단계별 시작품의 특징과 기능들의 선정을 부가하였다. 다음으로 최종 시작품의 하드웨어의 구성과 동작을 각 기능요소 별로 전개하고 개발된 지능형 소프트웨어의 구성과 기능들을 추가 제시하였다.

끝으로 개발 시작품의 성능평가로서 지동시간의 테스트 평가와 각 기능들의 동작 분석 및 검증 그리고 전기적 특성평가와 본 연구에서 부가적으로 개발된 전원 순단 시험의 결과를 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) 기존 제품의 분석

기존 광전식 방호 장치인 국산제품과 외국 제품을 분석하여 본 연구에서 새로 개발되는 시작품의 성능과 기능들의 결정에 참고적인 자료로 활용하였다.

기존의 국산 제품은 타이머/카운터 회로와 아날로그 신호 처리 회로로만 구성되어 있어 신호전달 응답 안정성을 확보하기 위한 시간지연 요소가 많이 있었다.

응답속도의 개선을 위해서는 마이크로프로세서에 의한 능동적인 회로와 신호처리를 가함으로서 기존의 아날로그 안정화를 위한 회로지연 요소를 제거하여야 한다.

한편 분석된 2가지의 외국산 제품을 모두 복수의 마이크로프로세서를 장착하는 지능형 제어장치로 구성되어 있었으며 투수광부도 마이크로프로세서를 탑재하고 각종 표시 기능들을 부가하고 있으며 부분차광 선택 기능 등 다양한 기능들의 구사가 가능한 것으로 분석되었다.

(2) 개발 사양의 결정

기존 제품의 분석에서 발췌된 문제점들과 외국 제품들에서의 주요기능 사양들을 종합하여 지금까지의 낙후된 국내 방호장치 제품 수준을 과감히 탈피하고 외국 제품에 견줄만한 성능 사양들을 3차에 걸친 시제품의 시작(試作)과 테스트로서 단계적으로 진행하였다.

1차 시작품에서는 마이크로프로세서 1개를 채택한 회로로 구성시켜 응답속도를 개선하고 소프트웨어 오류 방지 알고리즘, 릴레이 용착회로 변경 대화형 입출력 디스플레이 등의 기능을 갖는 초기 시험 제작품을 완성하였으며 평가 검증에서 수정 및 추가 사항을 조합하여 개선된 2차 시작품에서는 선택 차광 방호 기능의 추가와 입출력 스위치를 추가하는 것을 주된 특징으로 하였다.

2차 시작품의 평가에서도 사용상의 편의성과 상품성을 고려하여 연속 순차 차광무효화 기능 등 다수의 새로운 기능의 추가와 여러 가지 변경사항을 종합적으로 검토하여 하드웨어와 소프트웨어의 대폭적인 변경을 가함으로서 최종 시제품을 완성하였다.

(3) 개발된 시작품의 구성 및 동작

기존 제품의 분석과정과 개발 사양 결정을 거쳐 최종적으로 완성된 시작품 전모델의 구성과 동작을 서술하였다. 투수광부를 포함하는 주제어기관(main control board)의 하드웨어 설계와 그 요소 기술의

동작과 신호처리 단계별로 국산품에서 분석 발췌된 문제점들을 보완하여 설계에 피이드백 하였고 동작 안정성과 상품성을 고려한 설계, 나아가서 외국제품에 견줄만한 수준의 하드웨어를 완성하였다.

주제어기판의 구성은 기본적으로 2개의 마이크로프로세서가 하나는 전체 시스템의 타이밍 발생과 전반적인 방호 신호처리 동작을 담당하고 소형 단일 칩 CPU인 또 하나의 마이크로프로세서가 fail safe 기능을 담당하는 watch dog timer로서의 기능을 수행하도록 하였다.

각 프로세서에서 수행되는 지능형 소프트웨어는 다양한 외란과 방호의 경우를 고려하여 redundancy 기능을 충족시키도록 알고리즘을 구성하였으며 하드웨어의 구성과 비용을 최소한으로 하기 위한 상품성과 경제성을 고려하여 소프트웨어의 비중을 크게 하여 시스템 소프트웨어를 구현하였다.

(4) 개발된 시작품의 기능 및 성능 평가

시작품의 하드웨어와 소프트웨어를 단계적으로 검증 평가하면서 발생된 개선 사항들을 종합하여 최종단계의 시제품을 제작하고 이에 대한 기능과 성능들을 평가하였다.

먼저 지동시간의 평가로서 1차 년도에서 개발된 지동시간 평가 방법을 이용하여 평가하였으며 기존 국산제품보다 신호처리 회로에서의 지동시간은 당해연도의 개발품이 훨씬 우수한 것으로 나타났으며 외국산 제품의 성능에 근접하였다. 외국산 방호 장치들은 고가의 고속 마이크로프로세서를 사용한 당연한 결과로 해석되며, 본 개발품

은 가격 경쟁력을 고려하여 low cost형을 사용하였다.

Redundancy 조건을 고려한 릴레이 동작 회로는 Relay 용착 회로의 개선으로 기존 제품의 불안정성으로 인한 잦은 트러블의 고민을 해결하여 주었으며 여러 가지 조건에서도 이상 없이 동작됨을 확인하였다. 선택 차광 무효화 preset 기능과 연속 순차 차광 무효화 기능은 외국 제품과의 경쟁력을 위하여 도입한 기능으로 소프트웨어의 대폭적인 수정으로 하드웨어의 변경 추가 없이 구현하여 가격 경쟁력을 갖추도록 하였다.

다음으로 제어회로의 전원 특성 평가를 수행하였으며 전원 시험으로서 본 연구의 또 다른 부산물로서 마이크로프로세서가 부착된 기관의 전원 테스트용으로서의 전원 순단 시험 장치 시스템을 개발하여 본 실험에 유용하게 평가도구로서 사용하였다. 실험 평가의 결과 규정된 범위내에서 양호한 동작을 수행하는 것을 확인하였다.

여 백

[참 고 문 헌]

1. 노동부고시 제1993-36호, “프레스 및 전단기 방호장치 성능검
정규격”, 1993
2. Banner, “MINI-SCREEN System, Instruction Manual”,
3. SICK, “FGS Safety Light Curtain, Operating Instructions”
5. ATMEL, “89C51, 89C2051“ Databook
6. European Standard, Final Draft prEN 954-1
7. The European Committee for Electrical Standardization,
“SAFETY OF MACHINERY - ELECTROTECHNICAL
ASPECTS”, 1994
8. W. J. Tompkins and G. Webster, Interfacing Sensors to the
IBM - PC, Prentice-Hall Inc., 1988.
9. INTEL, “Embeded controller Handbook”, Intel Co., 1987.
10. David M. Auslander & Paul Saques, “Microprocessor for
Measurement and control”, ch.5, Mcgraw-Hill, 1981.
11. Ronald J.Tocci and Frank J.Ambrosio and Lester

P.Laskowski, Microprocessors and Microcomputers

Hardware and Software, Prentice-Hall. Inc, 1997

12. 高橋 久, パワーデバイスの 使い 方と 實用制御回路 設計法,

総合電子出版社, 1989

13. J.Michael Jacob, Industrial Control Electronics Applications

and Design, Prentice-hall. Inc, 1989

제 2 편

안전대 개발

여 백

제 1 장 서론

높은 곳에서의 작업은 항상 추락의 위험을 가지게 되며 이를 방지하기 위한 최종의 수단으로 안전대를 이용하게 된다.

건설현장에서 발생한 중대재해의 약 50% 정도가 추락에 의한 재해이며 이중 안전대 미사용으로 인한 재해가 거의 전부를 차지하여 건설현장에서의 안전대 사용은 건설재해 감소와 밀접한 관계가 있다.

그러나 현재 시판된 안전대는 근로자가 안전대를 구명줄에 걸어 놓은 상태로의 이동이 불편하여 근로자가 사용을 기피하여 건설재해를 예방하기 위해서는 근로자가 사용하기 편리한 안전대 개발이 시급히 요구된다.

따라서 본 연구에서는 근로자가 편리하고 안전하게 지주사이를 통과할 수 있는 장치와 철골구조물의 H 빔에 거치하여 작업 및 안전대와 구명줄 등을 걸 수 있는 장치를 개발하였다.

지주나 고정물에 설치된 구명줄을 자동으로 통과할 수 있는 장치를 개발하여 근로자가 안전대의 사용을 기피하는 주된 이유인 이동시 안전대의 탈착 불편을 줄여 줌으로서 안전을 도모하고자 하였다. 이 장치의 개발에 있어 우리 나라의 현실을 고려하여 섬유질의 로우프에 사용이 가능한 것으로 하였으며 간섭부위를 변경하는 방법으로 자동통과가 가능하도록 하였다.

또 현대의 공사에서 많이 사용하고 있는 철골 공사의 주재료인

H 빔에 직접 설치하여 자동으로 이동이 가능한 제품을 개발하되 원격으로 설치가 가능하도록 하였다.

아직은 완전하다고 할 수 없으며 지속적인 개선이 필요한 상태이다. 그러나 이 연구에서 새로운 아이디어를 가진 장치를 고안하였는바 산업현장에서 널리 응용될 수 있을 것으로 생각된다.

향후 이 장치를 바탕으로 더 많은 개선을 이루어 건설현장 추락 위험으로부터의 안전이 확보될 것으로 기대한다.

제 2 장 본 론

2-1 자동 이동식 걸이장치 개발

2-1-1 개요

안전대는 추락을 방지하기 위한 최후의 수단이다. 안전대는 신체를 지지하기 위해 허리에 착용하는 벨트식과 어깨를 포함한 상반신을 지탱할 수 있는 안전그네식이 있고 신체 지지부(body support)와 이를 구조물이나 구명줄 등의 걸이설비와 연결하기 위한 쥘줄(lanyard) 및 이들을 연결하기 위한 연결장치(connector)로 구성된다.

걸이설비는 구조물 등 견고한 설비에 고리를 용접이나 나사 조임 등의 직접 체결하는 방법으로 한 것일 수 있다. 이런 경우 근로자는 안전대의 쥘줄 끝에 부착된 혹이나 카라비나를 이용하여 고리 등에 고정하게 되는데, 이 때 근로자의 행동반경은 쥘줄의 길이 한계를 벗어날 수 없다. 이를 극복하기 위하여 고리 등에 구명줄을 걸고 혹이나 카라비나를 이 구명줄에 걸면 근로자의 행동반경은 양쪽 고리 사이의 거리만큼 늘어 날 수 있다. 그렇지만 대부분의 근로자는 이러한 행동반경의 제한을 매우 불편하게 생각하여 안전대를 걸이설비에 거는 것을 기피하게 된다. 처음에 작업에 임하면서 구명줄에 안전대를 걸고 장소를 옆으로 조금 이동하기 위하여 안전대의 혹이나 카라비나를 풀고 다음 위치의 구명줄에 걸어야 하지만 근로자가 작업에 열중한 상태에서 조금씩 이동하다 보면 자신도 모르고 있는 사이에

혹이나 카라비나가 구조물과 고정된 장치에 걸려 갑자기 이동방향과 반대로 당겨지게 되고 근로자는 자신의 목적 방향과 반대 방향으로 이동하여 혹이나 카라비나를 구멍줄에서 제거하고 다음 위치의 구멍줄에 걸고 다시 원하는 방향으로 이동하여야 한다. 또 비교적 긴 거리를 이동하게 되면 계속적으로 혹이나 카라비나를 구멍줄에서 제거하고 다음 위치의 구멍줄에 걸어야 하는 불편 때문에 거는 것을 기피하게 되는 것이다.

만일 구멍줄에 걸은 혹이나 카라비나를 제거하지 않고 이동이 가능하다면 근로자가 훨씬 편리 해지므로 사용기피를 줄일 수 있을 것이다. 외국의 경우 이러한 제품이 사용되고 있으며, 자동 통과는 되지 않지만 수동으로 탈착하는 불편만을 없앴 것이거나 마닐라 로우프 등 섬유질 구멍줄에는 사용할 수 없는 제품이고 편리한 제품은 가격이 매우 높다. 우리의 현실에서 와이어 로우프를 사용하는 경우는 거의 없으며 현장의 의견도 와이어 로우프를 기피하고 있는 것으로 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 자동으로 지주나 고정장치를 통과할 수 있으며 저가이고 마닐라 로우프를 사용할 수 있는 제품을 개발하고자 하였다.

2-1-2 기존제품의 분석

지주부를 자동으로 통과할 수 있는 장치는 많이 개발되지 못하였

는데 그 이유는 기하학적으로 구멍줄을 지지하는 부분이 근로자 낙하시 하중을 견디기 위하여 구멍줄 아래에 있어야 하고 혹이나 카라비나도 자중에 의해 아래쪽으로 걸려 있어 이동할 때 간섭이 생기므로 이를 피해 가는 방법이 어려웠기 때문이다.

이런 장치가 우리 나라에는 아직 잘 알려져 있지 않은 것으로 생각되며 외국에서 기존에 나와 있는 제품은 아래와 같은 것들이 있다.

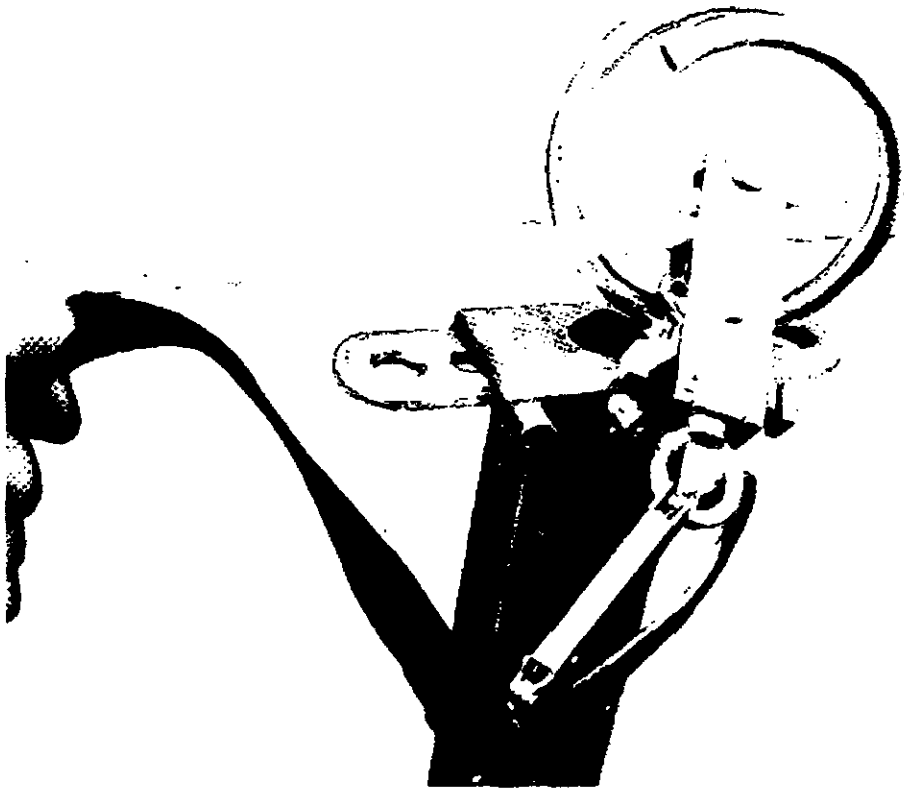


그림 1 수동 통과식 이동장치

먼저 그림 1과 같은 것이 있다. 이 제품은 지주를 자동으로 통과할 수 없고 근로자가 수동으로 통과시켜야 하는 제품이다. 혹이나 카라비나를 제거한 후 다시 설치하는 불편을 줄여 주므로 일단 설치하고 나면 다음부터는 제거하기보다는 손으로 통과시키게 될 것이라는 가정 하에서는 진일보된 제품이다. 그러나 갑자기 이동방향과 반대로 당겨지게 되고 근로자는 자신의 목적 방향과 반대 방향으로 이동하여 혹이나 카라비나를 구멍줄에서 제거하고 다음 위치의 구멍줄에 걸고 다시 원하는 방향으로 이동하는 작업을 반복하게 되면 결국 제거하여 쓰지 않을 우려가 있다.

다음으로 그림 2와 같은 것이 있다. 이는 이동장치에 실린더를 길이방향으로 홈을 내고 그 홈 사이로 고정장치를 통과할 수 있도록 한 제품이다. 이 제품은 강도 문제상 길이가 비교적 길지만 구조가 간단하여 자동통과 장치로는 가장 널리 사용되는 것이다. 실제 사용해 보면 통과가 순조롭지는 않지만 걸렸을 때 근로자가 이동장치를 가볍게 흔들면서 당기면 비교적 잘 통과된다. 이것은 이동방향과 반대로 당겨지게 되었을 때 근로자가 자신의 목적 방향과 반대 방향으로 이동할 필요 없이 그 자리에서 조치를 하여 통과할 수 있으므로 더 진보된 제품이다. 그러나 이는 섬유질 로우프와 같이 하중에 의해 단면 형상이 많이 변하거나 국부의 하중에 의해 심하게 꺾여 질 수 있는 경우에는 사용이 불가능하여 구멍줄은 반드시 와이어 로우프를 사용해야 한다. 매우 제한적이기는 하지만 비교적 큰 곡률 반경을 갖는 경우에도 사용할 수 있다.

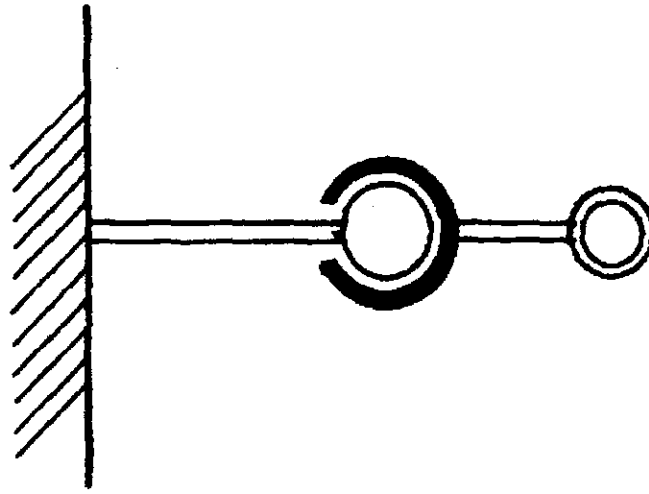


그림 2 자동 통과장치 1

또 다른 것으로 그림 3과 같은 장치가 나와 있으나 너무 고가이고 잘 알려지지 않아 우리 나라의 경우에는 사용된 적이 없는 것으로 보인다. 외국의 경우에도 천정 크레인 등 제조업 현장의 고소작업이나 기타 고소작업중 항시 설치하고 사용할 수 있는 곳에서는 일부 사용되고 있지만 사실상 추락의 위험이 많은 건설현장에서의 임시 설치물로써는 거의 사용되지 않고 있는 실정이다. 이 장치는 구명줄 지지를 위한 부위에 일정한 간격의 두 개의 봉상 지지물을 걸고 이 지지물에 의한 언더컷을 준 형상의 기어를 물려 두 개의 봉상 지지물이 기어의 언더컷 가공된 부위를 통과할 수 있도록 하여 간섭 부위를 통과 할 수 있도록 한 것이다. 이 제품은 비교적 곡선구간도 잘 통과하여 가장 진보된 것이다. 그러나 섬유질의 로우프로 사용할

수 있는 것으로는 나와 있는 제품이 없으며 기어의 가공이 쉽지 않고 강도를 유지하기 위하여 기어의 재질이 고급이어야 하므로 가격이 매우 높다.

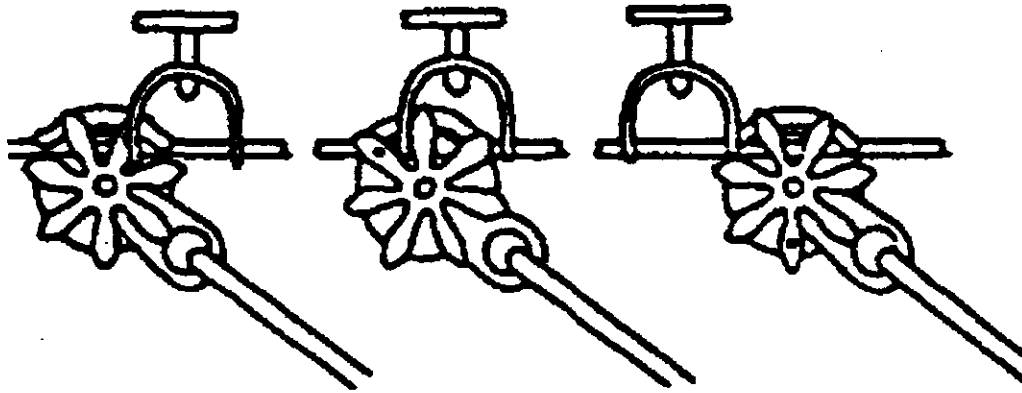


그림 3 자동 통과장치 2

2-1-3 개념설계

기하학적으로 구멍줄을 지지하는 부분이 근로자 낙하시 하중을 견디기 위하여 구멍줄 아래에 있어야 하고 혹이나 카라비나도 자중에 의해 아래쪽으로 걸려 있을 때 이동하면서 간섭이 생기므로 본 연구에서는 상호 간섭부위를 상부로 이동함으로써 이 문제를 해결하고자 하였다.

즉, 간섭을 피하기 위하여 구멍줄 지지 부위의 상부를 개방형으로 하고 무게 중심을 구멍줄에서 수직 아래에 있게 하여 이동부위가 구

명줄 상부로 걸려 있도록 하여 근로자 이동시 이동부위가 개방된 구명줄지지 부위의 상부를 통과하도록 한 방법을 고안하였다. (그림 4 참조)

설계의 기준은 안전대 성능 검정기준을 근거로 하였다. 안전대 혹은 카라비나가 구명줄에 주는 하중의 한도가 15kN(1,530Kgf)이므로 강도는 이 값을 받아들였다.

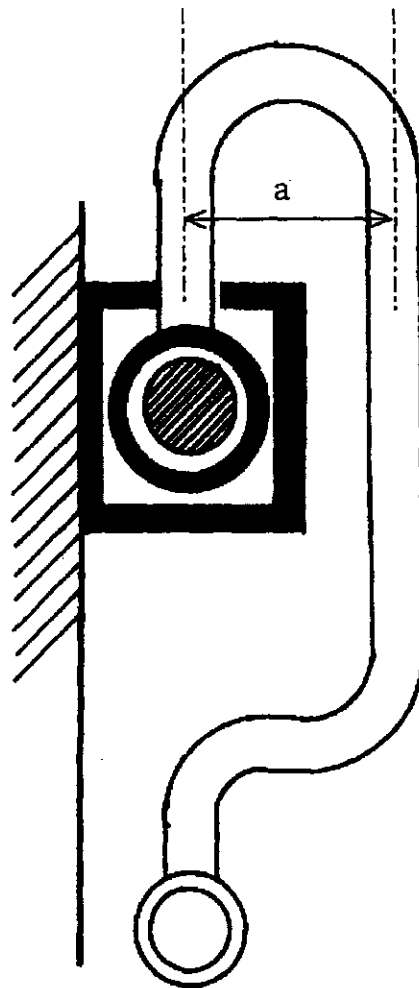


그림 4 자동 통과 개념도

2-1-4 실시 설계

당초의 설계에서 구명줄 상부를 U자의 일체형으로 하였다.(그림4 참조) 여기서 구명줄 중심과 이동부위의 긴축과의 거리(그림4에서의 a)를 50 mm로 할 때 15kN의 하중에 해당하는 굽힘 모멘트를 견디기 위하여 U자 부위의 크기가 폭 50mm 너비 14mm 이었다. 전체의 무게는 약 3 Kg 정도이지만 이 하중은 근로자가 부담하는 것이 아니고 구명줄에 걸리는 것이므로 무게는 크게 고려하지 아니하였다. 그러나 시제품을 만들어 시험한 결과 구명줄을 금속제 로우프로 사용할 경우에는 문제가 없었으나 마닐라나 합성수지 계통의 섬유질 구명줄을 사용할 때에는 이동장치가 자중에 의해 구명줄과의 접촉 부위가 로우프를 과도하게 꺾이게 하여 잘 진행되지 않았다.

외국의 경우에는 구명줄로 주로 와이어 로우프를 사용하지만 현재 우리나라의 경우는 그런 경우가 거의 없으므로 이동장치의 경량화가 요구되었다.

로우프의 장력에 따라 달라지지만 실험결과 최대한 1.5Kg 이라야 한다는 것을 알 수 있었다. 또 로우프를 감싸는 부위도 마찰을 적게 할 필요가 있고 그 구경이 클수록 쉽게 이동한다는 것도 알 수 있었다.

그러나 구명줄 상부를 U자의 일체형으로 하고 15kN의 하중에 해당하는 굽힘 모멘트를 견디기 위하여 하중을 획기적으로 줄일 수 없으며 또 로우프를 감싸는 부위도 구조상 크게 하는 데는 한계가 있

다.

따라서 2차 설계에서는 구명줄 상부를 U자의 일체형에서, 평소에는 모양을 유지하다가 어느 정도 이상의 굽힘 모멘트를 받으면 꺾어지며 펼쳐지되 끊어지지 않도록 함으로서 굽힘 모멘트를 받지 않는 구조로 할 수 있었다. 이리하여 단순히 인장이나 전단만을 받는 구조로 강도설계를 할 경우 훨씬 더 작은 단면적을 가질 수 있어 중량을 획기적으로 줄일 수 있다.

2-1-5 고찰

1차 설계품의 경우처럼 U자의 일체형으로 만들면 섬유질 로우프를 구명줄로 사용하는 경우에는 적용이 불가능하지만 만일 외국의 경우처럼 와이어로프를 사용하면 제품의 중량에 대한 꺾임이 적어 사용할 수 있을 것이다.

본 설계품은 구명줄이 직선으로 되어 있는 경우에만 사용이 가능하다. 즉 로우프와 구조물에 고정된 장치가 강하게 밀착되는 곡선부위는 통과할 수 없다.

2-2 H 빔용 수평이동식 걸이장치 개발

2-2-1 개요

현대의 건축공사가 빠른 공정을 위해 철골구조로 진행되는 경우가 많아지면서 철골구조물 작업에서의 안전 문제가 대두되고 있다.

통상은 철골 구조물의 시공설계 단계에서 구조물을 상치하기 전에 구멍줄 또는 혹이나 카라비나를 걸 수 있는 장치를 구조물에 용접하고 이를 상치한 후 이 걸이 장치를 이용하는 방법을 사용한다. 그러나 이는 현장에서 잘 지켜지지 않는 것을 확인할 수 있었다. 그러하다 보니 구멍줄을 걸 장소가 없거나 구조물 설치 후에 구멍줄을 걸 수 있는 장치를 별도로 설치하여 사용하고 있었으나 이장치는 검정 대상이 아니고 계산 결과 15kN을 견딜 수 없는 실정이었다.

H 빔에 부착하여 구멍줄을 걸기 위한 상용의 제품은 여러 가지가 나와 있으나 이동할 수 있는 제품은 거의 없고, 조사결과 한가지를 찾을 수 있었다. 이는 그림 5와 같은 것으로 이 제품은 비교적 구조가 간단하지만 설치하고자 하는 H 빔에 올라가서 수동으로 설치하여야 하는 것으로 설치시의 위험이 있을 수 있고 가로 빔의 중심부에서 하중을 받는 구조이므로 가로 빔의 크기가 필요 이상 커진 것으로 생각된다.

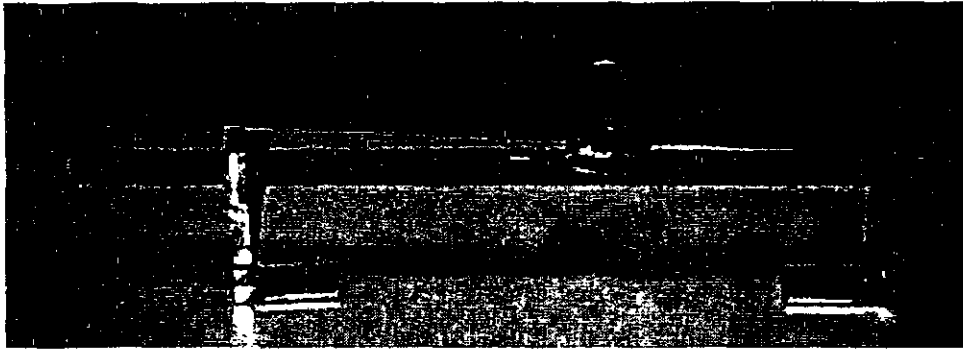


그림 5 H-Beam용 걸이장치

자신의 상부에 있는 H빔에 설치된 이동장치가 근로자의 이동에 따라 순조롭게 이동될 수 있다면 낙하거리를 충분히 작게 할 수 있어 훨씬 더 가벼운 안전대를 착용할 수 있게 된다.

따라서 본 연구에서는 H 빔에 사용할 수 있는 추락방지 장치로 위의 제품을 개선하여 원격에서 설치 할 수 있고 가능한 한 가벼운 것으로 개발하고자 하였다.

2-2-2 개념설계

철골 공사에서 추락 재해는 철골 위를 걸어 다니거나 작업하는 경우에 발생하며 대부분의 경우 근로자가 작업하는 고소의 철골 위에는 평행하게 지나가는 상부 철골이 있게 된다.

본 연구에서는 근로자가 작업중인 공간의 상부에 폭 150mm 이상의 H 빔 중 규격품을 사용하는 경우에 이 빔을 걸이구조물로 사용하는 장치를 개발하고자 하였다. 즉, 철골 위에서 작업하는 근로자는

자신의 머리 위에 있는 H 빔에 본 장치를 걸고 그 끝에 자신의 안전대에 부착된 혹이나 카라비나를 걸고 이동하면 이장치가 빔을 따라 이동하면서 철골작업자의 안전을 확보하게 되는 것이다.

또 근로자가 이장치를 상부에 설치하고자 할 때 상부의 빔에 올라가야 한다면 또 다른 위험에 빠질 수 있으므로 하부에서 바로 설치할 수 있도록 하고자 하였다. 따라서 원격의 위치에서 조작하여 H 빔의 플랜지에 탈착이 가능한 구조를 갖도록 하였다.

이 장치에서도 설계의 기준은 안전대 성능 검정기준을 근거로 하였다. 안전대 혹이나 카라비나가 구멍줄에 주는 하중의 한도가 15kN(1,530Kgf)이므로 강도는 이 값을 받아들였다

2-2-3 H 빔용 수평이동식 걸이장치 설계

2-2-3-1 걸이부 설계

걸이부는 이동장치와 H 빔이 연결되는 부분으로 H 빔 하부의 플랜지에 롤러가 달린 걸이 장치를 걸도록 한 것이다. 걸이 길이는 가능한 한 짧은 것이 좋지만 너무 짧으면 걸이가 확실하지 않고 너무 길면 큰 모멘트가 걸리게 되어 장치가 커지므로 취급하기가 힘들어진다. 여기에서는 걸이 길이를 30mm로 하였다.

15kN의 힘이 플랜지 양측에 걸리므로 한쪽에는 7.5kN의 힘을 받

게 되고 허용응력을 8Kg/mm^2 로 하면 축의 굵기는 규격품으로 28mm로 정하였다.

1차 설계시 이 부분에 매끄러운 운동을 위해 베어링을 사용하였으나 시험을 통해 저어널만 삽입함으로서도 충분히 잘 구를 수 있어 2차 설계에서는 저어널만 삽입하였다.

2-2-3-2 결이부 이동장치

결이부가 하부의 빔 위에서 상부의 빔 플랜지에 설치가 가능하게 하기 위해 그림 6과 같은 장치를 고안하였다. 이는 회전운동을 로우프 구동에 의하여 직선운동으로 바뀌어지는 장치로 통상의 장치처럼 오른쪽으로 회전하면 잠기고 왼쪽으로 회전시키면 풀리는 형태이다.

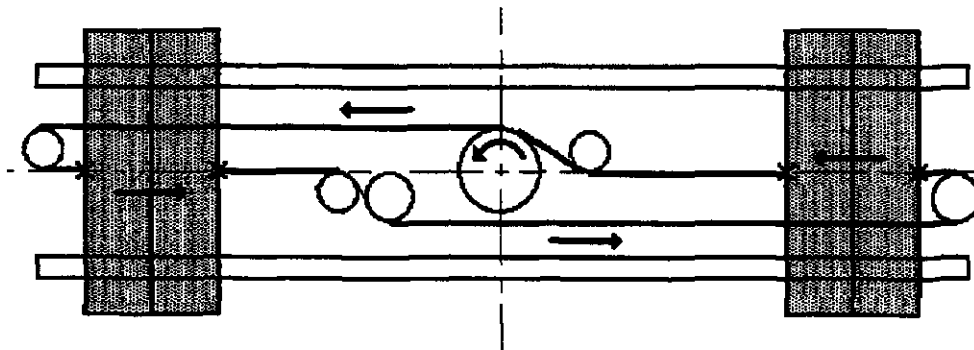


그림 6 결이부 이송장치 개념도

2-2-3-3 플림 방지 장치

한번 설치된 장치는 별도의 조치 없이 이동 중 플랜지를 이탈해서는 안되므로 톱니 모양의 장치가 스프링에 의하여 거치부를 잡고 있도록 하여 거치부가 이동 중에 플랜지 외부로 풀려 이탈될 수 없도록 하였다.

이때 고정하고 있는 간격은 플랜지의 폭이 150mm에서 400mm의 규격품을 모두 포함할 수 있도록 하였다.

만일 이 장치를 제거하고자 할 경우에는 직접 손으로 플림 방지 장치를 조작한 상태에서 걸이부를 이동시키거나 별도의 장치를 이용하여만 하도록 하였다.

2-2-4 고찰

본 제품은 1차로 제작하여 실험을 하였을 때 기능상의 문제는 거의 없었으며 다만 중량이 약 5Kg 정도로 근로자가 취급하기에는 너무 무겁다는 의견이 많아 2차 설계에서는 경량화에 중점을 두어 3.6 Kg 정도 되었다. 장치의 사진을 그림 7에 표시하였다.

이 제품의 사용할 경우 작업은 근로자가 자신의 상부에 있는 H빔에 본 제품을 설치하고 여기에 자신의 안전대를 부착한 다음 자신이 서 있는 빔 위에서의 작업을 안전하게 할 수 있다. 이 제품이 여러 사람이 동시에 걸고 작업하도록 설계된 것이 아니므로 우선은 자

신이 서 있는 빔에 구멍줄을 설치하고 이 제품을 제거한 다음 상층 또는 다른 곳으로 이동하는 순서를 밟는 것이 타당할 것이다.

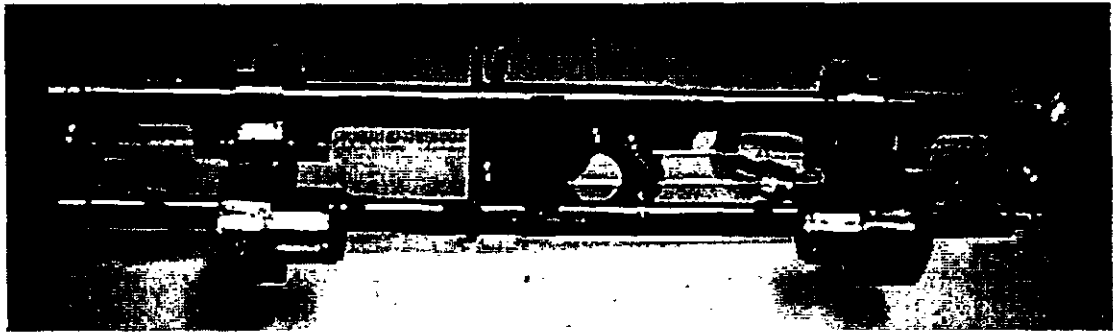


그림 7 H-Beam용 자동이동장치

이 제품은 1개의 H 빔 내에서만 사용이 가능하고 H 빔을 보강하기 위해 플랜지 끝까지 보조철판을 용접한 경우에는 이동이 제한된다.

이 제품은 1인용으로 설계된 것이므로 여러 사람이 동시에 걸어서는 안되며 통상의 안전대가 근로자가 서 있는 상태에서 후의 위치가 근로자의 어깨 이상에 있도록 하고 설계된 것이므로 만일 이 장치를 설치한 빔 위에서 작업하는 경우에는 낙하거리를 충분히 고려하여야만 사용할 수 있다.

본 제품은 여러 규격의 H 빔에 사용이 가능하도록 설계하였으나 단일 규격에만 사용한다면 그 크기와 중량을 획기적으로 줄일 수 있어 취급이 훨씬 쉬울 것으로 생각된다.

제 3 장 결론

본 연구에서는 근로자가 고소에서 이동시 자동으로 근로자를 쫓아 갈 수 있는 걸이 장치 2종류를 개발하였다. 하나는 구멍줄을 고정된 지주 등의 설비를 자동으로 통과하는 장치로 근로자가 안전대의 사용을 기피하는 주된 이유인 이동시 안전대의 탈착 불편을 줄여줌으로서 안전을 도모하고자 한 것이고 또 하나는 현대의 공사에서 많이 사용하고 있는 철골 공사의 주재료인 H 빔에 원격으로 직접 설치하여 자동으로 이동이 가능하도록 한 것이다.

자동으로 지주를 통과할 수 있는 장치는 발상을 전환하여 간섭부위의 위치를 상부로 변경함으로써 간단한 구조로 사용상의 편리함을 도모하였다. 다만 구멍줄로 섬유질 로우프를 사용하는 우리의 현실에서는 중량이 중요한 설계 변수가 되어 사용 중 어느 정도의 하중이 가해지면 자동이동의 기능이 상실되고 다시 기능을 살려야만 사용이 가능한 단점을 가지게 되었다. 우리 나라도 선진국처럼 구멍줄로 외이어 로우프를 사용하게 된다면 이러한 불편이 없는 제품의 생산이 가능할 것으로 생각된다.

H 빔용 이동장치는 빔의 상치 전에 별도의 걸이 시설을 하지 못한 경우에 사용할 수 있는 것으로 구멍줄을 설치하기 전에 사용함으로써 구멍줄 설치시의 위험을 줄일 수 있게 한다.

아직은 완전하다고 할 수 없으며 계속적인 개선이 필요한 상태이다. 그러나 이 연구에서 새로운 아이디어를 가진 장치를 고안하였는

바 산업현장에서 널리 응용될 수 있을 것으로 생각된다.

향후 이 장치를 바탕으로 더 많은 개선을 이루어 건설현장 추락 위험으로부터의 안전이 확보될 것으로 기대한다.

방호장치 성능개선에 관한 연구(Ⅱ)
(연구원 99-24-94)

발 행 일: 1999. 5.

발 행 인: 원 장 정 호 근

연구책임자: 책임 연구원 김 기 식

발 행 처: 한국산업안전공단

산업안전보건연구원

주 소: 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화: (032)5100-892

F A X: (032)518-6483

비매품