

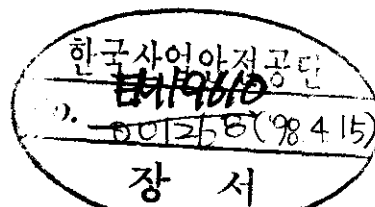
560.98
01942

리모트 안전 교류 아크 용접기 개발

1997. 12. 31



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE



제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 산업재해 예방기술의 연구개발 및 보급사업의 일환으로 수행한 “리모트 안전 교류 아크 용접기 개발”의 최종 보고서로 제출합니다.

1997. 12. 31

주관 연구 부서: 산업안전연구원 안전연구실

총괄연구책임자: 책임연구원 이 형수

참여연구원 최 상원

공동연구 기관: 부천전문대학

공동연구책임자: 부교수 김 중태

참여연구원 이 동렬

참여연구원 박 문찬

공동 연구 업체: 구산전자 (주) 이 충구

요 약 문

I. 제 목

리모트 안전 교류 아크 용접기 개발

II. 연구 기간

1997 1. ~ 12. (12개월)

III. 연구개발 목적 및 필요성

지금까지 국내 사업장에서 사용하고 있는 교류 아크 용접기는 작업자가 용접기를 개폐하거나 전압을 조정하려면 작업장소에서 용접기 제어함까지 이동하여 조작하는 수동조작식이다. 이때에 작업자가 부주의하여 용접기를 OFF 상태에 놓지 않고 제어함까지 이동하는 경우 감전 및 화재의 우려가 있다. 따라서, 이러한 위험상태를 피하고 작업의 편의성과 안전성을 확보를 하려면 용접장소에서 용접기를 제어할 수 있는 리모트 제어 기능을 가진 시스템 개발의 필요성이 제기된다.

IV. 연구개발 내용 및 범위

본 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

- 정격 입력 전압: AC 220/440 V
- 정격 입력 전력: 15 kVA/30 kW ~ 25 kVA/50 kW

- 정격 출력 전류: 300 A ~ 500 A
- 전격방지기 내장: 유
- 합선방지장치 내장: 유
- 리모트기능 내장: 유

V. 연구내용

- 기존 용접기의 문제점 분석
 - 전격방지기 및 원격 전압조절 장치를 용접기 내에 내장한 리모트 안전 교류 아크 용접기 개발
- 본 연구 결과 기대되는 효과는 다음과 같다.
- 리모트 제어기능과 합선방지 기능 및 내장형 전격방지 기능을 가진 안전 일체형 방호장치가 부착된 용접기 보급
 - 작업효율 향상을 통한 경제성 실현
 - 감전재해 및 화재, 폭발 재해의 예방

차 례

요약문

그림 차례

표 차례

제 1 장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 개발내용 및 방법	3
1.3 참여기업 및 위탁연구기관과의 업무분담	4
제 2 장 시제품 설계	6
2.1 기존 아크 용접기 분석	6
2.2.1 국내 제품의 사양	6
2.2.2 일본 제품의 사양	7
2.2 설계 착안사항	10
2.3 설계기준	11
제 3 장 시제품 개발	12
3.1 개요	12
3.2 전격방지장치 회로	13
3.2.1 전류 검출 회로	17
3.2.2 이상전압 검출 및 회로 비교	18

3.2.3 전류 및 전압 제어부	19
3.2.4 위상제어 회로	21
3.2.5 LED의 구동회로	22
3.2.6 전원회로	23
3.3 리모트 제어장치 회로	24
3.3.1 전동기 구동용 IC	24
3.3.2 디지털 입력 제어부	29
3.3.3 전동기의 자동정지회로	31
3.3.4 센서 검출회로	32
3.3.5 지연 회로	35
3.3.6 전원 회로	36
 제 4 장 시제품 성능 평가	 39
4.1 평가방안	39
4.2 성능 평가	39
 제 5 장 결 론	 45
참 고 문 헌	47
부록: 부품목록	48

그림 차례

그림 2.1 일본 제품의 외형도와 분해도	10
그림 3.1 전격방지장치 구성도	14
그림 3.2 전격방지장치 회로도	16
그림 3.3 전류 검출 회로	18
그림 3.4 이상 전압 검출 회로	19
그림 3.5 전류전압 제어부	20
그림 3.6 위상제어 회로	21
그림 3.7 구동 회로	22
그림 3.8 전원 회로	23
그림 3.9 리모트 제어 회로	25
그림 3.10 L298의 내부 구조	26
그림 3.11 L298 H브리지 구동기	28
그림 3.12 디지털입력 제어회로	30
그림 3.13 디지털 입력회로의 출력 파형	30
그림 3.14 전동기 정지회로	31
그림 3.15 전동기 정지회로 출력 파형	32
그림 3.16 센서 검출회로	34
그림 3.17 센서 검출회로 출력 파형	34
그림 3.18 지연회로	36
그림 3.19 전원회로	37
그림 3.20 리모트 제어회로 PCB	38
그림 3.21 리모트 제어장치	38

그림 4.1 무부하시 입력전압, 입력전류와 출력전압 파형	40
그림 4.2 리트 구동용 직류 전동기의 정방향 회전시 특성과형	40
그림 4.3 리모트 구동용 직류 전동기의 역방향 회전시 특성과형	41
그림 4.4 위상제어에 의한 SCR 특성 파형	42
그림 4.5 지동시간	43
그림 4.6 시동시간	43
그림 4.7 개발품 실험	44
그림 4.8 리모트 제어장치 시제품	44

표 차례

표 1.1 개발기기의 구조 및 용량	4
표 1.2 개발업무의 분담	5
표 2.1 국내 제품 사양 (K사 제품)	7
표 2.2 일본 제품 사양	8

제 1 장 서 론

1.1 연구배경

용접봉과 모재 사이에 발생하는 전기 아크 열을 이용하여 용접하는 교류 아크 용접기(이하 아크 용접기라 한다)는 취급이 용이하고 고장이 적으며 가격이 저렴한 장점 때문에 산업현장에서 가장 일반적으로 이용되는 용접기의 하나이다. 용접상태에서는 아크전압이 30 V 정도로 낮아지는 부하특성을 가지고 있으며, 용접 휴지상태에서는 약 80 V 정도의 무부하 전압이 걸리게 된다. 이 때 용접 작업자가 홀더의 충전부분이나 용접봉 등에 접촉되면 감전의 우려가 있으며, 단락상태일 때는 전류가 계속 흐르게 되어 용접기의 손상 및 화재, 폭발의 원인이 되기도 한다. 이러한 위험 때문에 교류 아크 용접기는 산업안전보건법상의 위험기계기구로 분류되어 1993년 이전에는 모든 아크 용접기에 방호장치인 자동 전격방지기((이하 “전격방지기”라 한다)를 부착하여 사용하도록 의무화하였다. 이를 제도적인 측면에서 볼 때 전격방지기의 부착의무 규정은 일본의 경우를 그대로 도입, 적용하여 왔던 것이나 기술적으로 일본과 많은 격차가 있어 시행과정에서 많은 문제점이 노출되어 왔다. 즉, 전격방지기의 성능과 내구성 등 기술적인 측면에서 많은 문제가 제기되었고, 모든 장소에서의 용접작업에 부착하도록 한 규정 때문에 법적인 강제력과 생산현장에서 사용기피라는 모순점이 존재하여 왔다. 구체적으로 보면, 지금까지 아크 용접기 제조업체와 전격방지기 생산업체가 이원화되어 있고 이들 업체의 영세성으로 인하여 용접기의 특성에 적합한 최적의 전격방지기를 설계, 생산하는 데에는 한계가 있어

왔다. 또, 사용자의 입장에서 방호장치로서의 성능을 잘 발휘할 수 있는 제품을 구매하기보다는 값 싼 제품을 구매하는 경향 때문에 다양한 작업환경에 적합한 전격방지기를 생산하여 보급하는 것은 현실적으로 요원하였다. 이러한 현실을 감안하여 노동부 고시 제93-41호(1993. 8. 19)에 의거, 전격방지기의 방호조치 적용기준을 완화하여 전격방지기를 부착해야 하는 작업대상을 다음과 같이 한정하였다. 즉, ① 선박 또는 탱크의 내부, 보일러 동체 등 대부분의 공간이 금속 등 도전성 물질로 둘러 싸여 있어 용접작업시 신체의 일부분이 도전성 물질에 쉽게 접촉될 수 있는 장소, ② 높이 2m 이상의 철골 고소작업 장소, ③ 물 등 도전성이 높은 액체에 의한 습윤장소이다. 이와 같은 작업장소는 조선소에서의 용접작업, 건설현장에서 용접기의 이동이 잦고 옥외에 노출하여 용접하는 장소 등이며, 종전에 감전의 우려가 거의 없는 옥내의 건조한 장소에서 행하는 용접작업에서는 전격방지기의 부착의무를 해제한 것으로 행정규제 완화의 측면에서 전향적인 조치로 평가되고 있다. 이와 함께 내장형 전격방지기에 대한 규정을 새로이 추가하면서 외장형 전격방지기의 설치방법에 대한 여러 조항의 적용을 받지 않도록 하였다. 내장형 전격방지기는 용접기 내부에 부착하여 용접기와 일체화시킨 방식으로 외장형에 비해 별도의 설치장소를 필요로 하지 않으며, 용접기의 특성이 방호장치의 특성과 전기적으로 장애가 적게 발생하도록 설계되는 장점을 가지고 있다. 일본의 경우 전격방지기는 내장형과 외장형의 두 가지 방식이 사용되고 있으며, 내장형이 더욱 선호되고 있는 추세에 있다. 그러나, 우리 나라에서는 외장형 전격방지기가 대부분을 차지하고 있다.

이러한 전격방지기의 문제점과 함께 주로 안전과 작업의 편의성 및 작업능률에 관계되는 것으로 용접기의 입력전류를 조절하는 방식의 문제점이

다. 즉, 사업장에서 주로 사용되는 용접기는 용접기에서 떨어져 작업을 할 때 용접기의 입력전류를 조절하기 위해 작업자가 용접기가 위치하는 지점까지 이동하여야 한다. 이와 같은 수동조작은 용접자가 부주의하여 용접봉을 모재에 물려둔 채 이동하는 경우 가열로 인한 화재나 감전의 우려가 있고 작업능률 저하를 초래하게 된다.

지금까지 아크 용접기를 이용한 용접작업에 대한 연구는 본 연구원에서 두차례에 걸쳐 수행한 바 있다. 1991년도에 방호장치인 전격방지기 문제에 대한 전반적인 실태조사를 통하여 성능상의 문제, 제도상의 문제점에 대한 조사연구를 수행하였으며, 1992년도에는 전년도의 실태조사를 통하여 나타난 기존 전격방지기의 성능상 문제점을 보완하기 위하여 시동시간과 지동시간 특성을 향상시키고 노이즈와 써지로부터 보호하는 회로를 개발한 바 있다. 따라서, 본 연구는 지금까지의 아크 용접기와 전격방지기에 대한 계속연구의 일환이며 제조업체에서 연구를 제안한 과제로서 상기에서 언급한 문제점을 해결하기 위하여 수행하였다.

1.2 개발내용 및 방법

개발하고자 하는 용접기는 제조업체인 구산전자에서 연구 의뢰한 전격방지기 내장형 리모트 안전 교류 아크 용접기이다. 그러나, 새로운 아크 용접기 자체를 개발하는 것은 우리의 주된 연구대상이 아니기 때문에 본 연구에서는 기존에 국내에서 상용화되어 있어 아크 용접기를 대상으로 다음과 같은 안전기능을 강화한 용접기를 개발하고자 하였다. 기존에 리모트 제어 기능에 필수적인 구동용 전동기가 설치된 용접기를 대상으로 보다 경제적이고 효율적인 리모트 제어기능과 전격방지기가 내장되어 있으며 용접기의

부하측에서 용접선 등의 손상으로 단락상태가 될 때 이를 차단하는 합선방지 기능의 안전일체형 용접기를 개발하는 것으로 그 구조 및 용량 등은 표 1.1과 같다. 본 연구는 제작업체에서 그 개발을 제안하여 채택된 것으로 이의 목적 달성을 위하여 産·學·研의 공동연구를 수행하였다.

표 1.1 개발기기의 구조 및 용량

구 분	사 양
정격 입력 전압	AC 220/440V
정격 입력 전류	300~500A
정격 입력 전력	15kVA/30kW~25kVA/50kW
전격 방지 장치	내장
합선 방지 장치	내장
리모트 기능	유

개발방법은 실제적용이 가능한 모델을 선정하고, 국내외의 샘플을 분석하여 설계하였고, 자동 전격방지기 성능검정 규격 (노동부 고시 93-38호 (1993. 7. 15))에 의거 적합여부를 검토한 다음 시제품을 제작, 시험 평가하는 방법을 택하였다.

1.3 참여기업 및 위탁연구기관과의 업무분담

개발사업 주관은 산업안전연구원이 담당하고 참여기업인 구산전자 (주)가 시제품을 제작하며, 용접이론 및 물성치 측정은 부천전문대학에 용역 의뢰하였다. 각각의 업무를 다음 표 1.2와 같이 분담하였다.

표 1.2 개발업무의 분담

연구 내용	역 할 분 담			비고
	자체	용역	참여기업	
국내외 기술/특허조사	○			
개발품선정 및 주요 사양결정			○	
관련 국내외 제품 수집, 분석 평가	○			
용접 이론정립 및 물성치 측정		○		
기본개념 정립 및 시제품 설계	○	○		
주변기기 설계 및 평가	○	○		
생산원가 분석			○	
시제품의 현장의견 조사 및 대책수립	○		○	
시제품 제작			○	
시제품 평가	○			
보완 (설계, 평가)	○	○	○	
보고서 작성	○	○	○	

제 2 장 시제품 설계

2.1 기존 아크 용접기 분석

국내 실정에 적합한 리모트 기능의 용접기를 설계하기 위한 기초단계로서 우리 나라와 일본에서 유통되고 있는 아크 용접기를 구매하여 분석하였다. 국내 제품과 일본 제품 공히 이들 회사가 가지고 있는 핵심기술의 보호 때문에 회로 분석은 불가능하였으며, 주로 그 기능적 측면에서 분석하였다. 제품의 가격은 국내 제품인 경우 리모트 기능이 첨가됨으로서 시중의 일반 용접기에 비해 고가이고 일본 제품의 경우는 국내제품 보다 약 6배 정도 비싼 것으로 조사되었다.

2.2.1 국내 제품의 사양

국내에서 유통되고 있는 아크 용접기 가운데서 리모트 제어 기능을 가지고 있는 K사 제품을 구입하여 그 특성을 조사하였다. 이 제품은 직류 전동기를 이용하여 가동철심을 가변함으로서 용접기의 전류를 자동으로 조절할 수 있도록 되어 있으며, 전격방지기가 내장되어 있지 않으며 합선방지 기능이 없다. 이 제품이 가지고 있는 기능면에서의 주요 특징은 다음과 같다.

- 릴레이 접점을 이용하여 전동기를 정역시킴으로서 가변철심을 이동시키는 방식이다. 가동철심의 이동이 극대점에 이르면 리미트 스위치에 의해 자동으로 이동이 정지되도록 되어 있다.

- 대용량 전류를 제어하도록 되어 있어 굵은 케이블을 사용하여야 하므로 가격이 비싼 단점이 있다.

표 2.1 국내 제품 사양

구 분	사 양
형식번호	KH - 400
정격 입력전압	220 V
정격 입력	34 KVA(19 KW)
정격 출력전류	400 A
최고 무부하 전압	80 V
용접봉 지름	3.2~6 mm
온도상승	160 ℃
리모트 제어기능	유
중량	158 kg
크기(가로×세로×높이)	450×595×690 mm

2.2.2 일본 제품의 사양

일본 제품은 D사의 KSER-500 모델로 일본에서 최근에 개발된 신제품이다. 이 제품은 전격방지기가 용접기에 내장되어 있고, 리모트 제어 기능을 가지고 있으며, 일본 노동성의 성능검정 기준에 따라 제작된 것이다. 전격방지기에 대한 일본의 성능검정 기준과 우리 나라 기준의 주요 차이점은 출력측 무부하 전압과 지동시간에 대한 것이다. 일본의 경우 출력측 무부하 전압이 30 V로 이하인데 반해 우리 나라는 점접방식과 무접점 방식에 따라 각각 25 V 이하와 15 V 이하로 구분하여 규정하고 있다. 지동시간의 경우 일본은 1.5 초 이하이며 우리 나라는 1 초 이하로 정하고 있다. 이 제품의 기능적 측면에서 주요 특징은 다음과 같다.

- 용접봉과 접지 사이에 접촉자를 사용하여 리모트 제어하는 방식이다. 접촉자에는 그 안에 내장된 다이오드를 통해 교류신호를 직류로 변환하게 되며, 직류로 나타나는 +, -값의 변화를 감지함으로서 전류를 제어하게 되어 있다.

- 제어가 용이하고 사용이 편리하나, 가격이 비싸다.

표 2.2는 실제 조사된 KSER-500에 대한 사양을 나타낸 것이며, 그림 2.1은 일본 제품의 외형 및 분해사진을 나타낸 것이다.

표 2.2 일본 제품 사양

용접기 사양

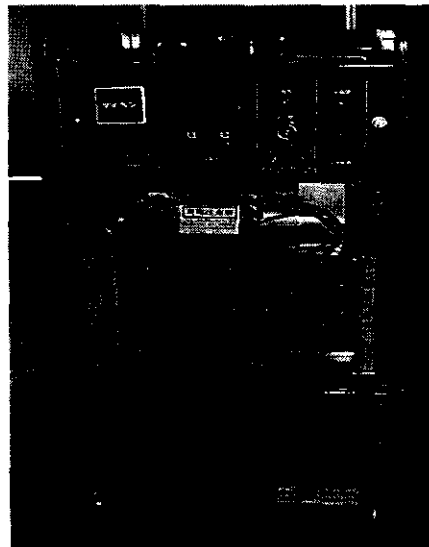
구분	사양
형식번호	KSER - 500
정격 입력전압	200 +10%, -15%
정격 입력	41 KVA(27 KW)
정격 출력전류	500 A
최고 무부하 전압	80 V
정격 부하 전압	40 V
용접봉 지름	3.2-8 mm
온도상승	160 ℃
원격제어기능	유
중량	245 kg
크기(가로×세로×높이)	500×670×915 mm

전격방지기 정격

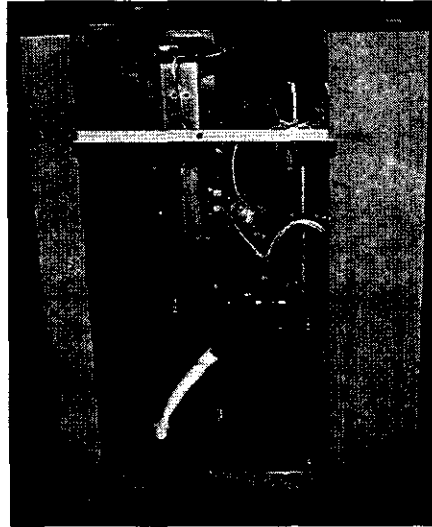
구분	사 양
형식번호	KSER - 500
정격 입력전압	200 +10%, -15%
정격 입력	41 KVA(27 KW)
정격 출력전류	500 A

접촉자

구분	사 양
형식번호	KSER - 500
적용 무부하 범위	10-30 V



(a) 외형도



(b) 분해도

그림 2.1 일본 제품의 외형도와 분해도

2.2 설계 착안사항

지금까지 사업장에서 널리 사용되고 있는 아크 용접기는 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫째, 외장형 전격방지기를 사용하고 있어 용접기와 방호장치간에 전기적 특성이 잘 맞지 않아 발생하는 오동작, 고장 현상과 이로 인한 내구성의 문제이다. 둘째, 용접작업중 용접기의 전원을 차단하지 않고 작업자가 이동하는 경우 용접기의 과부하로 인하여 케이블 등에 손상이 발생할 수 있다. 셋째, 아크 용접기의 출력전류를 수동으로 조작하는 경우 작업자가 작업지점에서 용접기까지 이동하여야 하기 때문에 이로 인한 작업능률의 저하와 화재 등의 우려가 있다. 이와 같은 세 가지 기능상의 문제점을 해결하기 위한 본 연구에서 설계시 고려사항은 다음과 같다.

- 내장형 전격방지기는 합선방지 기능을 가진 회로가 포함되어 있는 개

발품을 채택하여 시제품에 부착한다.

- 전격방지기를 내장함으로서 예견되는 열 발생의 문제는 전동기로 구동되는 강제냉각 방식으로 해결하고 부하 변동에 대한 검출방식은 위상차 방식과 CT 방식을 검토한 결과 CT 방식 보다 위상제어 방식이 경제적으로 우수하여 이 방식을 채택하였다.

- 리모트 제어장치는 유선방식과 무선방식을 검토한 결과, 무선방식은 경제적 측면에서 유선방식에 비해 고가이며, 용접기에서 발생하는 자계의 영향으로 인한 신호 왜란을 기술적으로 해결하기가 어렵기 때문에 유선방식을 채택한다.

다음과 같은 문제는 시제품 개발후 구산전자에서 계속적으로 현장 실험을 하여 문제점을 보완한다.

- 용접봉의 잦은 접촉에 대한 내구성의 문제
- 과전압 보호
- 외부 노이즈에 대한 대책
- 전격방지기 내장에 따른 열차단의 문제점

2.3 설계기준

개발형태는 위의 설계 착안사항을 고려하고 현재 유통되고 있는 아크 용접기의 단점을 보완하기 위하여 다음과 같은 성능을 가진 개발품을 제작하기로 하였다.

- 무접점 방식의 전격방지기 내장
- 유선방식 리모트 제어
- 합선방지 장치 기능 내장
- 강제 냉각 방식

제 3 장 시제품 개발

3.1 개요

앞서 설명한 바와 같이 본 연구에서 개발하고자 하는 리모트 교류 아크 용접기는 전격방지기능과 리모트 제어 기능을 가지는 것으로 하였다.

전격방지 기능이란 용접 휴지상태에서 용접기의 출력측에 나타나는 85~95 V 정도의 전압에 의한 작업자의 감전 위험을 방지하기 위해 안전 전압으로 저하시키는 것을 말한다. 즉, 용접봉이 모재에서 분리되는 순간과 모재에 접촉하는 순간에 보조 변압기에 의해 용접기의 2차 무부하 전압이 15~25 V 이하로 유지되도록 하는 기능을 말한다.

리모트 제어 장치는 작업자가 용접기에서 수백 미터 떨어져 작업을 할 때, 작업 위치에서 용접기의 출력 전류를 조정할 수 있는 장치를 말한다. 현재 주로 사용되고 있는 리모트 제어 장치는 전동기 조작형과 가포화 리액터형이 있다. 전동기 조작형은 가동 철심형 용접기에서 철심을 가변함으로써 용접기의 전류를 조절하는 것으로 작업자가 손으로 조작하는 수동 조작식과 소형 전동기에 의해 철심이 가동되는 두 가지 방식이 있다. 전동기 조작방식을 리모트 제어 장치라 하며, 가동 철심 또는 가동 코일의 전류가 최대 또는 최소 상태가 되면, 리미트 스위치에 의해서 자동적으로 회로가 끊어지도록 되어 있다. 가포화 리액터형은 교류 아크 용접기에 있어서는 가변 저항기 부분을 분리하여 작업자 위치에 놓고, 용접 전류를 원격 조정하도록 되어 있다.

본 연구에서 개발하고자 하는 리모트 안전 아크 용접기는 앞서 언급한

전격방지 기능과 리모트 제어 기능을 가진 시스템으로 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- 리미트 스위치에 의하여 전원을 차단하는 기존의 방식과는 달리, 전동기의 정역 회전시 일정범위 내에서 전자 스위치에 의해 동작되도록 되어 있다.
- 리미트 제어선은 많은 전류용량을 필요로 하지 않기 때문에 굵기가 가는 전선으로 충분하여 경제적이다.
- 출력측의 단락 사고시 용접기의 1차측 전류가 자동차단 되도록 하여 용접기의 소손이나 이로 인한 화재를 방지할 수 있는 합선방지 기능을 가지고 있다.

3.2 전격방지장치 회로

본 연구에서 개발한 전격방지장치 회로의 구성도는 그림 3.1과 같다. 각 부의 구성은 용접기, 전류검출 회로부, 구동회로부, 전압검출 회로부, 전류 및 전압제어 회로부, 위상제어 회로부, 전원 회로부, 리모트 제어부, 용접심, 모재, SCR 무접점 소자, 트랜스, CT 전류 센서 등으로 되어 있다. 구성도에서 각 회로의 주요 기능을 보면 다음과 같다.

정전압 회로부

브리지 정류기와 레귤레이터로 구성되며, 전원 트랜스를 통해 유입되는 교류 전원을 직류 전원으로 변환시켜 각 회로에 안정된 제어 전원을 공급한다.

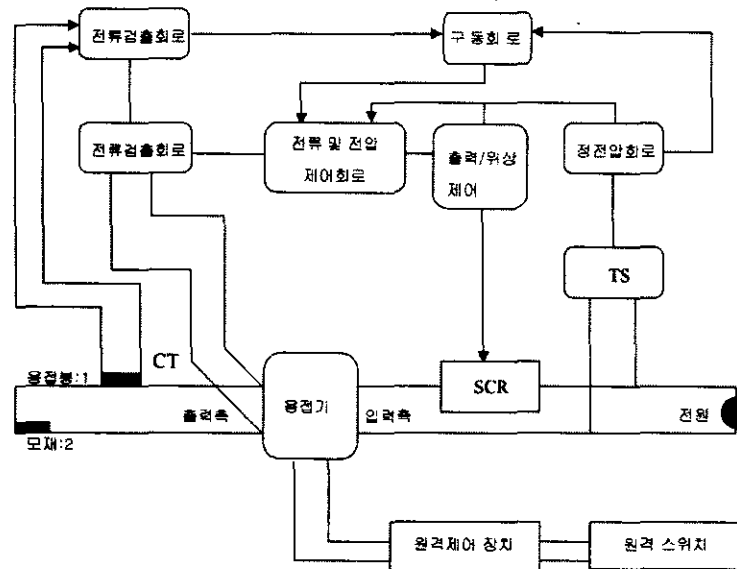


그림 3.1 전격방지장치 구성도

전류검출 회로부

용접기의 2차측에 설치된 전류감지기와 다단으로 접속된 증폭기로 구성된다.

전압검출 회로부

용접기의 2차측 양단자에 연결된 브리지정류기와 버퍼 증폭기, 비교기로 구성된다. 이 회로부에서는 접지, 합선 등으로 이상 전압이 발생하는지의 여부를 감지하는 회로이다.

전류 및 전압 제어 회로부

정전류 전압을 유지하도록 한다. 만약 정전류 및 전압이 변동되면 이 차

이만큼 위상회로에 인가되어 위상을 변화시키며, 정전류 및 전압이 일정하면 위상회로에서는 항상 일정한 위상이 유지되면서 SCR접점을 개폐만 한다.

전원 장치

전격방지장치 및 리모트 제어 장치에 전원을 공급하는 장치이다.

그림 3.2의 회로는 전체적인 전격방지 회로를 나타낸 것이다. 용접기 트랜스 2차측 용접봉에 부착된 전류 감지기(CT)에 의해 검출된 전류는 전류 검출회로 내에 U11A, U11D, LM324로 신호를 다단 증폭해서 정형한 후, 구동회로에 입력된다. 이 구동회로는 U12A, U12B, OP Amp LM324와 비교기 U13A, U13D, U14A, U14D의 LM339 IC로 구성되어 있으며, 구동회로의 출력은 전류 및 전압제어회로의 제어전압으로 출력된다.

또한, 용접기 트랜스 1차측 전원에 유도되는 전류센서는 U12C, U12D로 2단 증폭후 U14B로 입력되며, 동시에 U14C에 입력되는 전류 검출회로의 출력과 비교되어 정전류 조정회로 U15C, U15D로 입력된다. 전류제어 회로는 비교기 U15C, U15D, U16A, U16B의 IC LM339로 구성되며, 이 비교기에서 조절된 전압에 따라 위상제어 회로의 전압을 U16C, U16D에서 조절한 후 Q3으로 1단 증폭하여 펄스 트랜스에서 출력된다. 변화된 위상각은 용접기 트랜스 2차측에서 트리거 다이오드로 검파한 후, SCR의 게이트에 입력되어 이에 흐르는 전류를 제어하게 된다. 만약 외부에서 전류 및 전압 값을 조절하지 않으면 위상제어 회로는 구동회로에서 지정된 값으로만 SCR을 개폐한다.

전압검출회로는 용접기 트랜스의 2차측 용접전압의 변화를 다이오드 D5로 검파한 후 60 Hz 맥류전압이 U15A, U15B를 거쳐서 정전류 및 전압 제어회로에 비교 입력되며, 또 다른 전압검출회로 U17A, U17D로 입력되어 파형을 정형한 후 U18A에서 정전류 제어회로의 비교신호로 입력되고, U18D 출력 신호는 구동회로에 입력되어 비교된다.

전원회로는 전원 트랜스 T2의 2차측에서 브리지 정류기로 전파 정류한 후, 평활회로를 거쳐서 각 정전압 레귤레이터 IC를 통해서 안정된 직류전압을 각 회로의 전원에 공급된다.

한편, +측 정류전압은 D26을 통하여 레귤레이터 U1인 IC LM7805를 통하여 정전압화된다. 이는 브리지 정류기의 +측 맥류전압을 정전류 제어회로에 비교 입력하기 위한 것이다. 구동회로에서 정전류 제어회로로 입력되는 제어 전압을 가변 저항기로 분압하여 전압을 조절한다.

3.2.1 전류 검출 회로

전류 검출 회로는 그림 3.3의 회로에서와 같이 용접기 트랜스 2차측 용접봉 케이블에 CT를 설치한다. CT를 통해 전류의 변화를 감지하여 전류검출 회로내의 OP Amp U11A, U11B로 신호를 다단 증폭하여 파형을 정형한 후 U11C, U11D로 통하여 구동회로에 입력된다. U11C, U11D 사이에는 이상전압 검출회로에서 검출된 신호와 합성되어 구동회로에 입력된다.

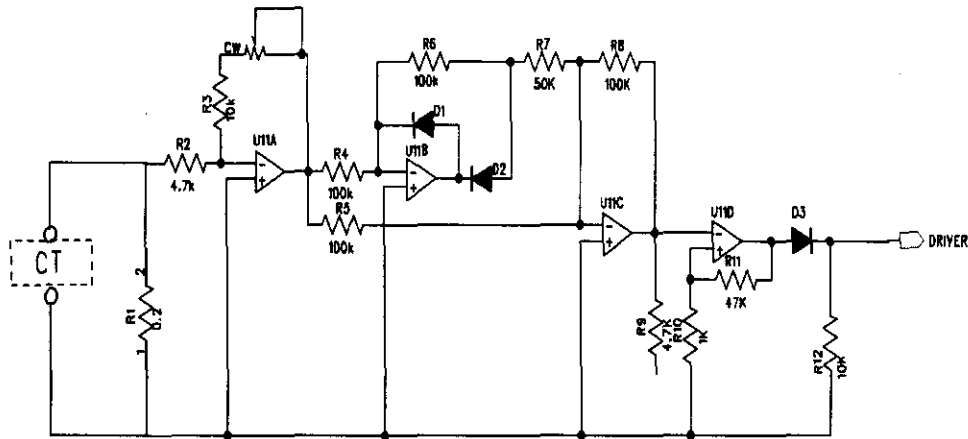


그림 3.3 전류 검출 회로

3.2.2 이상전압 검출 및 회로 비교

그림 3.4는 이상전압 검출 및 비교회로를 나타내고 있다. 이 그림에서 SCR의 위상각이 서서히 감소하면 용접기의 출력전압이 상승하며, 이 전압은 전압 검출회로의 입력측에서 다이오드 D5에 의해 반파정류된 전압이 OP Amp U15A, U15B를 거쳐서 정전류 전압 제어회로 비교기 U16B의 +측 단자의 입력 전압범위가 되도록 비교되어 용접기의 출력전압이 15 V 이하의 안전전압을 유지하도록 조절한다.

또한, 용접기의 출력측 단자에 단락사고가 발생하게 되면 출력측의 단락전압이 수 V 이하로 낮아지게 되므로 이 전압은 전류검출회로의 출력 OP Amp U11C를 통하여 지연시간 후에 R9를 통하여 커패시터 C8을 충전한다(그림 5.3 참조). U14C의 출력은 U14B와 비교되어 C8의 충전전압이 방전하게 되면 전압이 저하되어 위상제어부의 위상각이 작게 되기 때문에 용접 트랜스에 입력되는 전압이 낮아져서 용접기를 과부하로부터 보호하게

된다. 다이오드 D5로 반파정류된 전압은 R9를 거쳐서 컨덴서 C8에 평활되어 전압 제어회로 비교기 U14C에 입력된 전압과 비교되어 비교기 U15C의 -입력측 단자에 전달되어 R42로 출력된다.

이 출력은 U16B에서 일정전류가 유지되므로 출력 위상폭을 변화시킴으로써 위상제어부의 U16D에서 위상제어 펄스가 출력된다.

3.2.3 전류 및 전압 제어부

그림 3.5의 전류 및 전압 제어부에서 비교기 U15C, U15D의 +입력측 단자에 연결된 저항 R39, R40, R37과 R38에 의해 기준전압이 정해진다. 따라서, 비교기 U15C, U15D의 -입력단자에 입력된 신호가 각각의 +기준전압보다 낮으면 출력이 개방되어 전원전압이 저항 R43과 다이오드 D8을 통과하여 C10에 충전되므로 전압이 상승하게 된다.

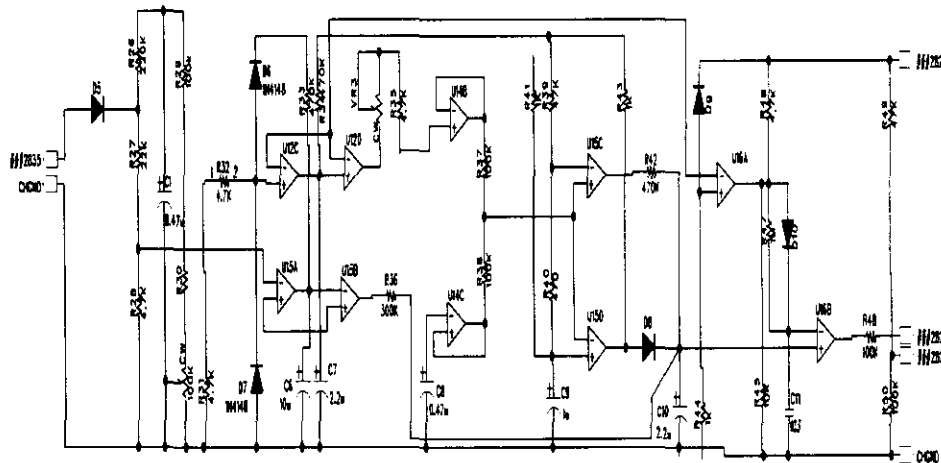


그림 3.4 이상 전압 검출 회로

이때 비교기의 입력이 +전압보다 높으면 출력이 닫혀 컨덴서 C10에 충전되었던 전위가 R42를 통해서 방전되어 전압이 낮아지며, 컨덴서 C10의 전위는 정지된 상태를 유지하게 된다. 비교기 U16A의 -입력 단자에 전원 트랜스의 브리지 정류기에 의해 전파 정류된 + 맥류 전압이 저항 R44를 통해서 입력되면 그 출력에는 Zero-Crossing의 펄스가 발생되며 이 펄스는 다이오드 D10을 통해서 C11에 충전되고, C10이 저항 R42에서 방전되므로 비교기 U16B의 -입력측 단자에는 톱니 파형이 입력된다.

따라서, +측 입력전압의 변화가 비교되어 비교기 U16A의 출력측 전압의 변동분 만큼 펄스폭으로 출력되어 비교기 U16B의 출력 위상폭을 변화시키므로 위상제어부를 구성하는 비교기 U16C, U16D를 통해서 펄스가 출력된다. 이 펄스는 트랜지스터 Q1로 증폭되어 펄스 트랜스를 통해서 SCR의 위상차를 조절하게 된다.

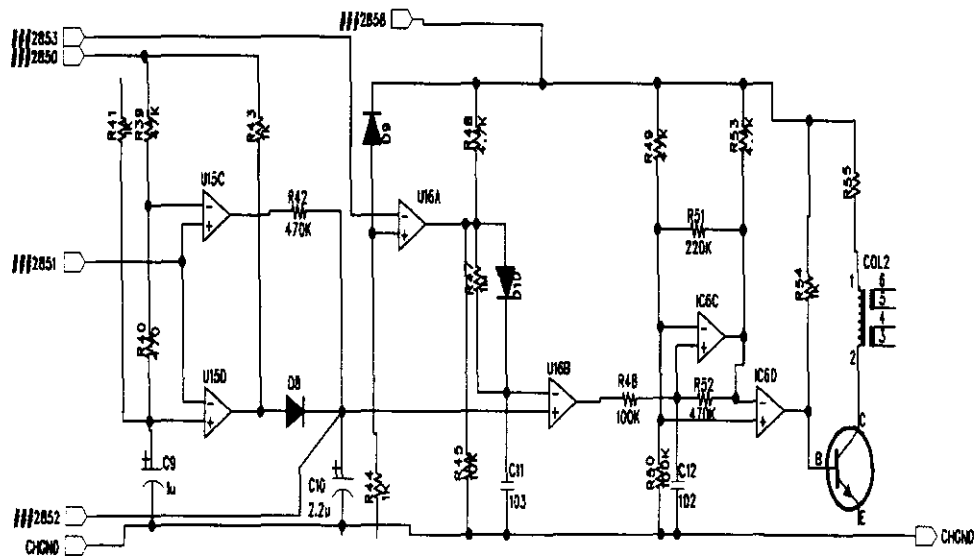


그림 3.5 전류전압 제어부

3.2.4 위상제어 회로

그림 3.6은 위상각이 제어된 위상에 따라 SCR에 흐르는 전류를 조절하는 위상제어 회로를 나타낸 것이다. U16C, U16D와 Q3으로 구성되는 위상제어 회로는 용접기 트랜스 1차측에 접속된 SCR 소자의 게이트에 위상제어 회로의 출력을 연결하여 입력의 변화에 따라서 SCR 소자에 가해지는 위상의 변화로 입력전류를 변화시키게 된다. 위상 제어회로의 출력은 트랜지스터 Q1로 1단 증폭하여 펄스 트랜스의 2차측에 트리거 다이오드로 각각의 위상을 검파해서 SCR의 게이트에 입력된다. 이때 커패시터 C10은 저항 R43과 D8을 통하여 들어오는 +전압에 의해 충전되며, 이 전압은 비교기 U16B에서 비교되어 위상제어부로 전달된다.

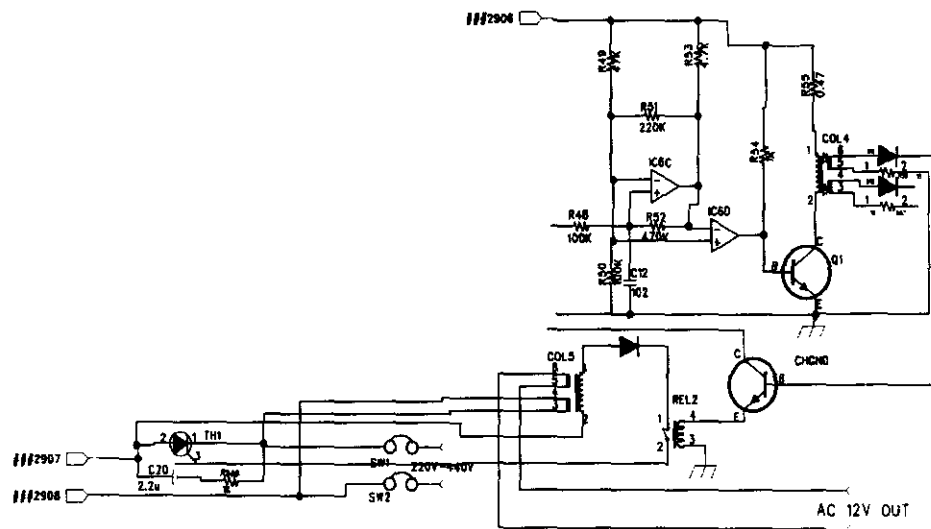


그림 3.6 위상제어 회로

위상제어 회로에 입력된 전압은 비교기 U16B에서 비교된 후 U16C, U16D에서 펄스상태로 출력되고, Q1에 의해 증폭되어 펄스 트랜스 T3을 통해서 트리거 다이오드로 위상검파되어 용접기 입력측 SCR의 게이트에 위상각을 자동적으로 조절한다.

3.2.5 LED의 구동회로

그림 3.7의 구동 회로에서 U12A, U12B는 버퍼 증폭기이다. U12B의 출력은 C3을 거쳐 U13A에 입력되며, U13B, U13C, U13D의 -측에 인가되어 정전류 제어회로의 제어신호로 출력된다. 또, U12B의 출력은 U14D에 입력되어 Q3의 LED2를 점등시키며, U14A는 Q2를 거쳐서 LED1을 점등시킨다. 구동회로의 Q2, Q3은 U14A에서 출력되는 전압으로 LED를 구동시키는 TR이다.

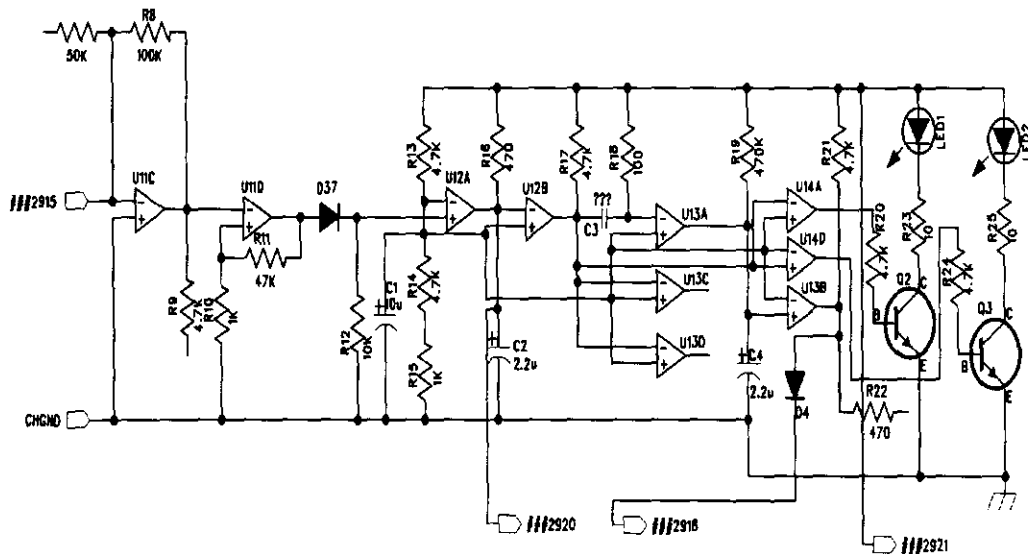


그림 3.7 구동 회로

3.2.6 전원회로

그림 3.8의 전원 회로에서는 교류전원 입력을 트랜스 T2로 전압을 강하시킨다. 2차측에 브리지 정류기로 전파 정류된 맥류전압은 컨덴서에서 평활되어 IC LM7905, LM7905에 의해 직류 정전압으로 되어 +/-의 양전원 직류전압으로 각 회로에 공급되는 전원으로 사용된다. 브리지 정류기의 +측 평활회로 이전의 맥류전압은 정전류 및 정전압제어회로를 구성하는 R44를 통하여 비교기 U16A로 입력되면 U16A의 출력측에는 Zero Crossing점의 펄스가 발생된다. 이 출력은 저항 R47과 컨덴서 C11로 평활되어 비교기 U16B의 -측 입력단자에 입력된다.

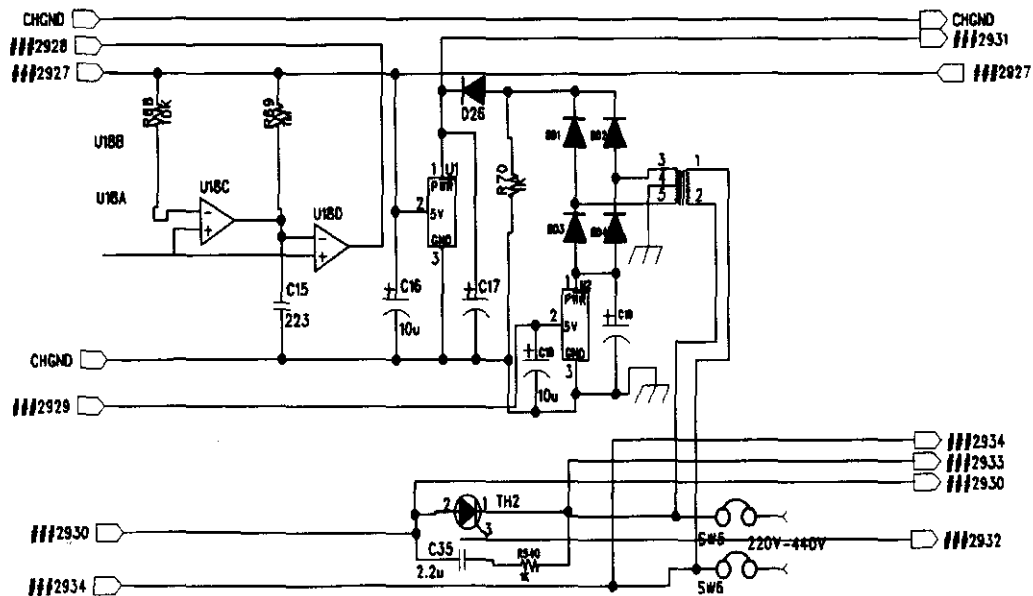


그림 3.8 전원 회로

3.3 리모트 제어장치 회로

리모트 제어장치란 원격에서 용접기의 출력을 제어하고자 하는 경우에 제어신호를 받아 직류 전동기를 가동하여 가동철심을 가변함으로써, 용접기 트랜스의 자속을 변화시켜 출력을 조절하는 장치이다. 그림 3.9의 리모트 제어회로는 Dual Full-Bridge Driver L298N IC를 채택하였다. IC L298N은 고전압, 대전류의 Full-Bridge Driver가 내장되어 있으며, 표준 TTL Logic Level로 입력측을 제어한다. 또한, 내부에는 브리지를 구성하는 차동 앰프와 이를 제어하는 TTL 게이트 회로가 내장되어 있다. 외부저항에 의한 센서로 릴레이나 솔레노이드, 직류 및 스테핑 전동기 등의 부하를 구동할 수 있다. 따라서 제어 신호의 입력은 TTL 신호를 제어하여 그 출력을 제어한다.

3.3.1 전동기 구동용 IC

그림 3.10은 L298의 내부구조를 나타낸 것이다. L298은 바이폴라 구동을 위한 두 개의 H Bridge Driver를 포함하고 있으며, 최대 46 V/ 2 A까지 사용할 수 있다는 장점이 있다.

그림 3.10에서 하나의 H bridge 회로를 이용하여 L297에서 만든 A, B, C, D상과 INH1, INH2의 동작을 보면, Halt 스텝일 때 AB=10, INH1=1인 경우 전류는 Q1, 권선, Q4를 통해 R_s 로 흐른다.

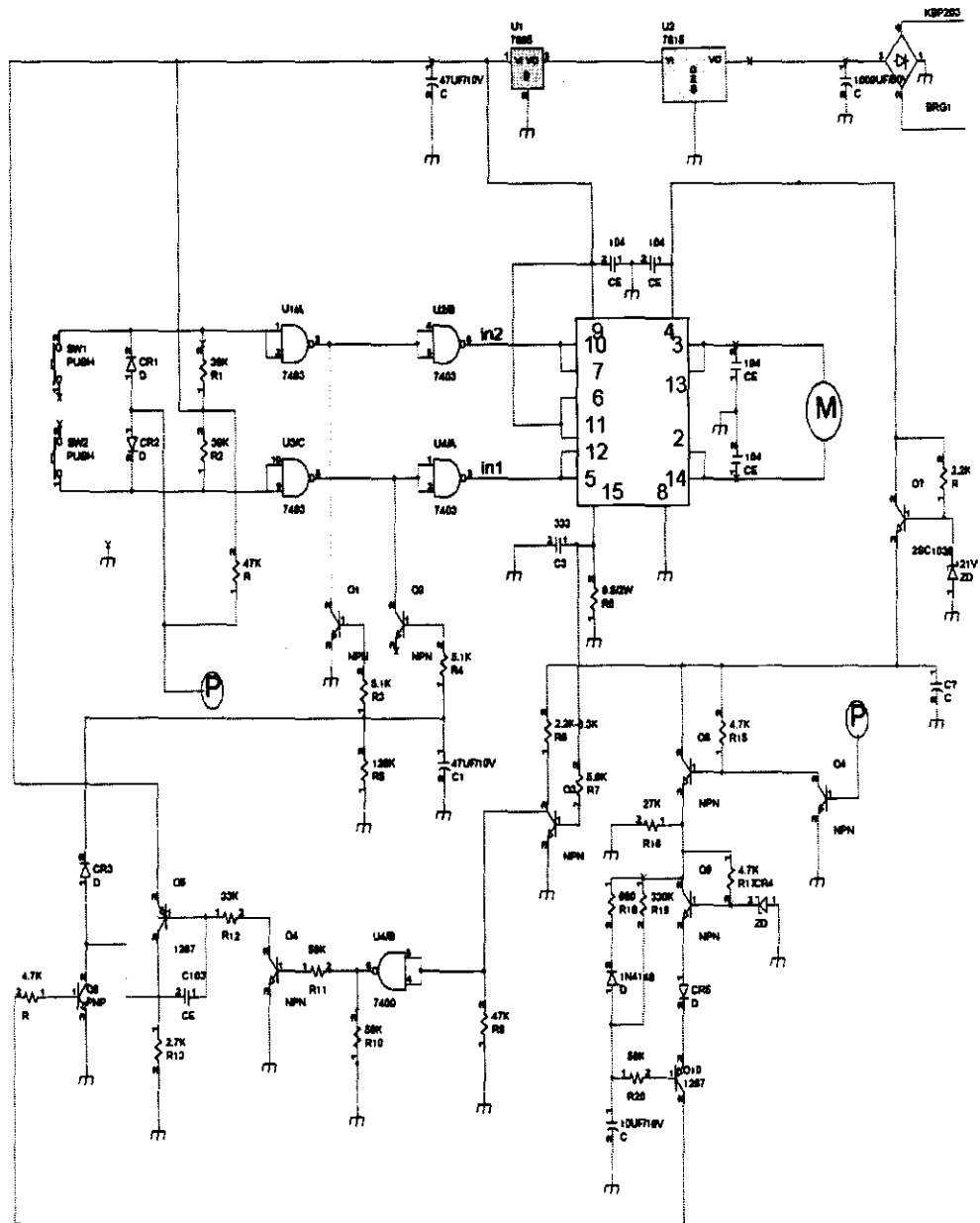


그림 3.9 리모트 제어 회로

다음 순간($AB=00$, $INH=0$)에 INH 에 의해 모든 트랜지스터가 Off되어 전동기의 권선에 저장된 전류는 접지로부터 다이오드 D4, 권선, D1을 통해 피드 백 된다. 이 시간 동안 코일에 남아 있는 에너지는 다이오드를 통해 되돌려진다. 여기서, 다이오드의 동작을 보면 전동기의 코일에 흐르는 전류에 의해 역기전력이 발생하는데 이에 의한 스위칭 소자의 파손을 방지하기 위해 다이오드(플라이 휠 다이오드)를 사용한다. 이때 다이오드는 빠른 전류 회복을 위해 Fast Recovery형의 다이오드를 사용한다. 전파일 때 1-phase-on인 경우($AB=10$, $INH=1$)는 반파의 경우와 같이 Q1을 권선 Q4를 통해 전류가 흐른다.

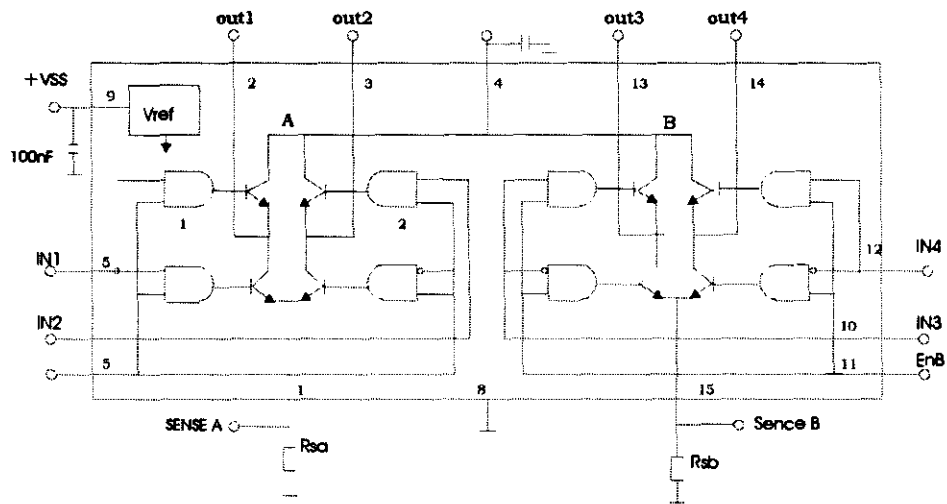


그림 3.10 L298의 내부 구조

그러나, 다음 순간($AB=00$, $INH=0$)에 INH 가 'LOW'가 되어 모든 TR이 Off된다. 이 시간 동안에 플라이 휠 다이오드를 통해 전동기의 권선에 저장된 에너지가 되돌려진다. 그러나, Half 스텝은 2펄스당 1스텝 움직이므로

토크는 좋은 반면 속도가 느리다. 2-phase-on인 경우는 INH의 변화가 없으므로 다음 스텝이 들어와도 코일에 남아 있는 에너지를 되돌릴 시간적 여유가 충분하지 않다. 같은 펄스를 인가하여도 1-phase-on과 2-phase-on의 차이점을 보면 동일펄스로 진행되더라도 2-phase-one은 1-phase-on보다 오랫동안 on이 되므로 전동기에 많은 전류가 흘러 1-phase-on보다 토크는 좋은 반면 코일에 저장되는 에너지가 열의 형태로 방출되므로 열이 나는 단점이 있다.

그림 3.11에서 나타낸 L298의 내부 브리지 회로를 보자. 이 회로에서 트랜지스터 하나에 소모되는 전압이 약 0.7 V이고 권선을 통한 전류가 저항 R_s 를 통해 흐르기 위해서는 두 개의 트랜지스터를 사용하므로 1.4 V가 소모된다. 그런데, 스텝 전동기는 전동기 정격전압의 5배일 때 최적의 동작상태를 유지하며 여기에 사용한 전동기는 정격전압이 4 V이다. 이때 권선저항 4.3 Ω , 유입전류를 1.5 A라고 하면 R_s 는 2.7 Ω 이 된다. 따라서, 저항에 흐르는 전력을 계산하면 6.075 W가 되므로, 이와 가장 근사한 2 Ω 의 저항을 사용하며, 10 k Ω 의 가변저항은 기준전압(Reference 전압)을 조정하기 위한 것이다.

(1) 직류 전동기의 정·역 제어

그림 3.11은 용접기 전격방지기 회로와 결합한 인터페이스 회로를 포함한 H형 브리지 회로이며 이에 대하여 설명하면 다음과 같다.

① 칩 10번 핀 IN3이 HIGH, 12번 핀 IN4가 LOW일 때

IN3=1이고 IN4=0일 때는 4PIN 단자에 5~48 V까지의 전압을 인가시키면 핀 13(OUT3)에서 핀 14(OUT 4)로 전류가 흘러 시계 방향으로 전동기가 회전한다.

② 칩 10번 핀 IN3이 LOW, 핀 12 IN4가 HIGH 일 때

IN3=0이고 IN4=1일 때는 핀 4 단자에 5~48 V 까지의 전압을 인가시키면 핀 14(OUT4)에서 핀 13(OUT3)으로 전류가 흘러 반시계 방향으로 전동기가 회전한다.

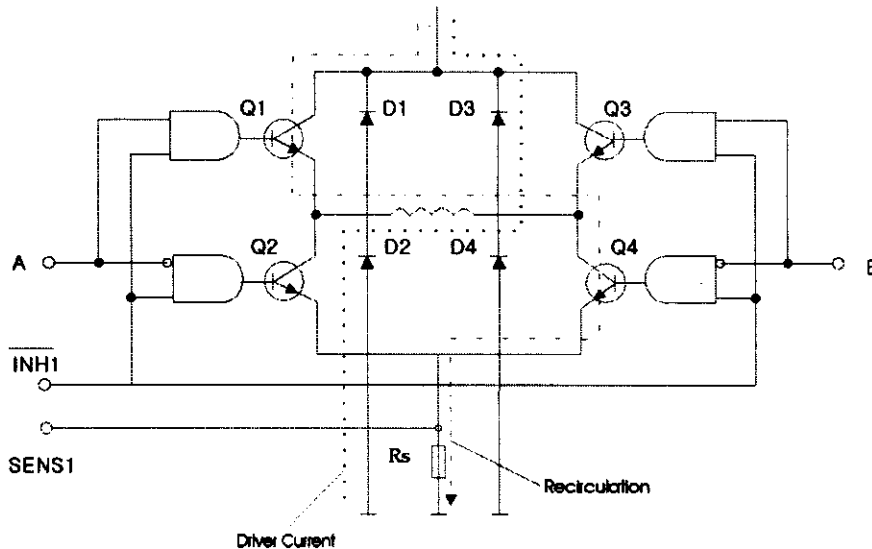


그림 3.11 L298 H브리지 구동기

③ 칩 10번 핀 IN3과 핀 12 IN4가 동일할 상태일 때

IN3=IN4일 때 핀 4 단자에 5~48 V까지의 전압을 인가시키면 핀 13 (OUT3)과 핀 14(OUT4)가 전류가 동일하게 되어 전동기가 급제동하게 된다. 전동기에 병렬로 다이오드를 연결한 이유는 전동기는 권선에 의한 인덕턴스를 가지고 있기 때문이다. 이 인덕턴스는 역학이나 관성 모멘트와 같이 운동의 빠른 변화를 억제하는 역할을 한다. 이로 인하여 핀 13과 핀 14 사이의 전압이 반전하여도 전류는 바로 반전하지 않고, 핀 13과 핀 14로 흐르도록 한다. 다시 말하면, 전압을 인가했을 때 정방향으로 전류가 흐

르지 않고, OFF 되었을 때 전류가 무리하게 흐른다. 이 때문에 핀 13에 마이너스의 저전압이, 핀 14에 플러스 고전압이 발생하여 L298를 파괴할 수 있으며, 이러한 현상을 방지하기 위하여 전동기와 병렬로 다이오드를 삽입한다.

(2) 전동기 구동회로의 구성상 주의점

전동기 구동회로에는 대전류가 흐르므로 소자를 연결할 때에는 다음과 같은 주의가 필요하다.

- ① IC 핀4의 5 V 입력단자와 핀 9의 20 V 입력단자에서 결합 커패시터의 접지 위치는 전원 접지점과 동일 루프에 있어야 IC의 발진 등이 안정화된 있다.
- ② 특히, IC의 접지단자와 센서용 저항의 접지는 동일한 점에 연결되어야 하며 동시에 전원접지와 공통으로 연결되어야 한다.
- ③ 기타 회로의 접지는 전원입력부로부터 연결해서 사용한다.

3.3.2 디지털 입력 제어부

그림 3.12의 회로는 디지털 입력제어 회로로서 IN1, IN2에 접속된 U1의 각 NAND 게이트는 두 입력단자가 High일 때 Low 레벨이 출력된다. 직렬로 연결된 U1의 1/4, 3/4 게이트 입력에는 R1, R2로 TTL 레벨이 High로 고정되어 있다. 따라서, NAND 게이트를 2단으로 연결해서 L298N의 각 입력 IN1과 IN 2의 입력은 High로 고정된다. 여기서, 방향조정용 스위치 S1, S2를 누르면 L298N의 IN1과 IN2의 입력 TTL레벨이 High에서 Low로 변화하며, 이에 따라 전동기의 진행방향이 좌 또는 우로 회전하게 된다. Enable 단자는 L298N 9번 핀에 연결하여 TTL 레벨 High에 고정한다.

3.3.3 전동기의 자동 정지회로

그림 3.14의 회로는 전동기 정지회로로서 센서회로에서 전동기의 정, 역회전이 범위를 벗어날때, 센서회로에서 감지된 신호에 의하여 전동기를 정지시키는 회로도이다. 트랜지스터 Q1, Q2는 각 게이트 사이에 연결되어 각 Q1, Q2 트랜지스터 베이스에 가해지는 전압에 따라서 스위칭되므로 U2, U4의 입력측이 접지된 것과 같은 현상이 발생한다. 그러므로, 스위치 S1 및 S2의 방향 지시 명령에 관계없이 L298N IC의 IN1, IN2의 위상이 동위상으로 되어 L298 IC의 입력측에서 동일 입력이 인가된 경우에는 전동기가 정지하게 된다. R3, R4는 스위치용 저항을 나타내고, C1은 체터링 방지용이며 전압은 센서의 파형 정형 출력회로로부터 공급받는다.

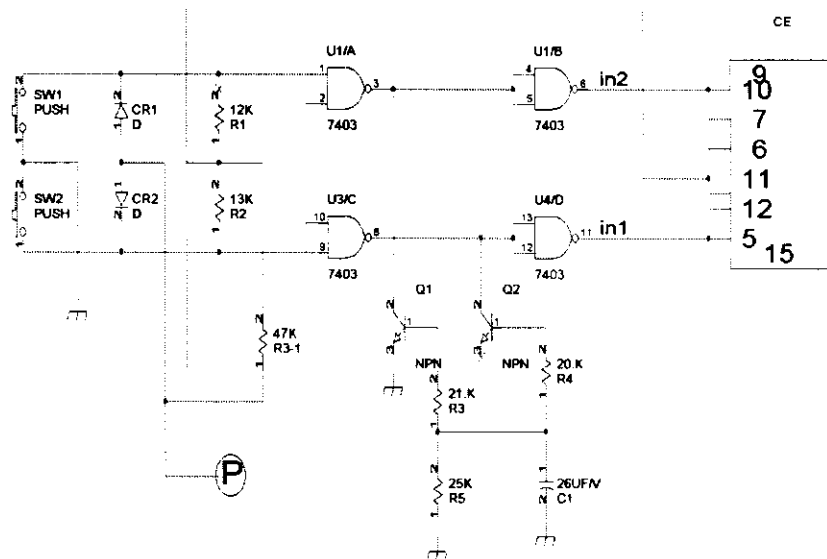


그림 3.14 전동기 정지회로

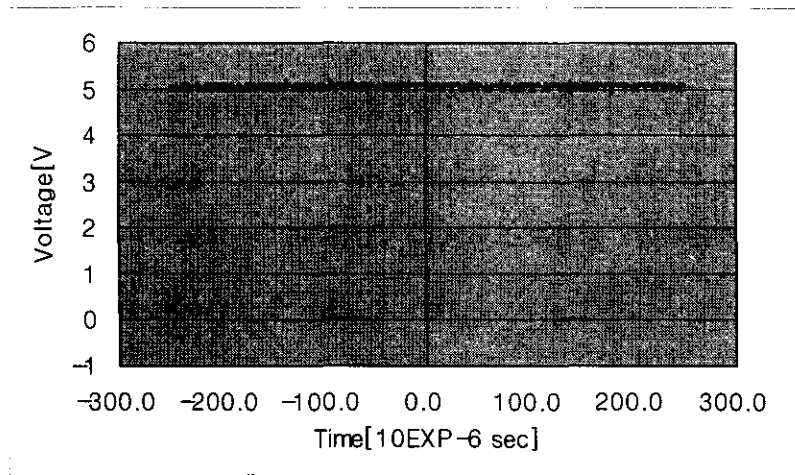


그림 3.15 전동기 정지회로 출력 파형

그림 3.15는 그림 3.14의 전동기 정지회로에서 Q1의 베이측 R3과 R5 사이의 저항 값 또는 Q2의 베이측 R4와 R5 사이의 저항 값에서 출력되는 신호로, L298N의 출력측에 연결된 전동기가 정, 역회전의 범위에서 벗어날 때 전동기를 정지하기 위하여 센서회로에서 신호를 감지하여 트랜지스터 Q1, Q2의 베이측에 나타나는 신호 파형이다.

3.3.4 센서 검출회로

그림 3.16은 센서 검출회로로서 R6은 센서용 전압검출 저항으로 그 크기는 아주 작다. 이것은 회로의 부하에 대전류의 전동기가 접속되므로 저항이 크면 전원 사용전압이 낮아져 전동기의 효율이 떨어진다. 즉, 스위치 S1및 S2의 On/Off에 따라 전동기가 동작할 때 전동기의 동작 범위를 벗어나 동작할 경우 전동기에 과부하가 걸려, R6 센서 저항에 전압이 인가되어 트랜지스터 Q1, Q2 베이스에 전압이 인가되고 U2, U4의 입력이 접지되는 효

과와 같아지므로 전동기가 자동으로 정지된다. 이 센서전압은 일반적으로 전동기가 회전시에는 일정한 평균전류가 흐르지만, 전동기가 정지할 때는 전류가 급격히 증가하여 센서 저항의 전압강하가 높아진다. 이 전압은 R7 및 Q3에 큰 바이어스 전압을 공급하며, 이때 Q3의 콜렉터 부하저항 R8에 의해서 바이어스 전압이 낮을 때 (전동기가 과부하 또는 제한값 이하인 정상 회전할 때) TTL 레벨의 전압이 HIGH 상태가 되도록 R7을 조정하면 된다. 그러나 전동기가 급격하게 정지할 때는 Q3의 바이어스의 증가로 제어 전류가 증가하여 제어전압은 0 V 점(LOW) 가까이 떨어진다. 이 전압의 변화는 파형 정형회로 U2 1/4에 입력되어 입력과 반대의 출력 레벨이 스위칭 트랜지스터 Q4의 베이스를 구동시켜 Q5의 전원 필터를 차단하므로 Q5의 콜렉터 상에 출력전압을 High 또는 Low로 제어한다. 따라서 Q3의 콜렉터가 Low 상태로 될 때, Q5의 출력은 High 상태가 되며 이 전압은 D3을 거쳐서 IN1, IN2의 입력을 제어하는 Q1, Q2를 구동하게 된다.

그림 3.17은 그림 3.16에 나타낸 센서 검출회로 L298N의 핀15의 출력 신호로써 스위치 S1 및 S2가 On 상태가 되어 전동기가 정, 역회전할 때 동작 영역 이외의 순간에 감지회로에 감지되는 순간 신호이다.

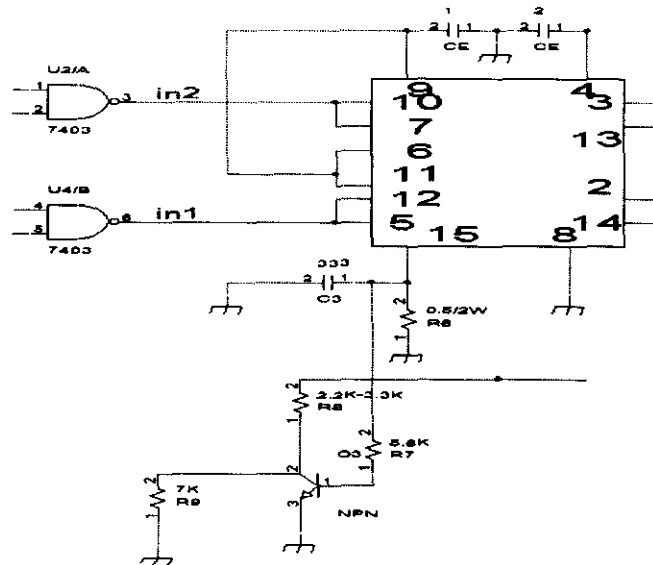


그림 3.16 센서 검출회로

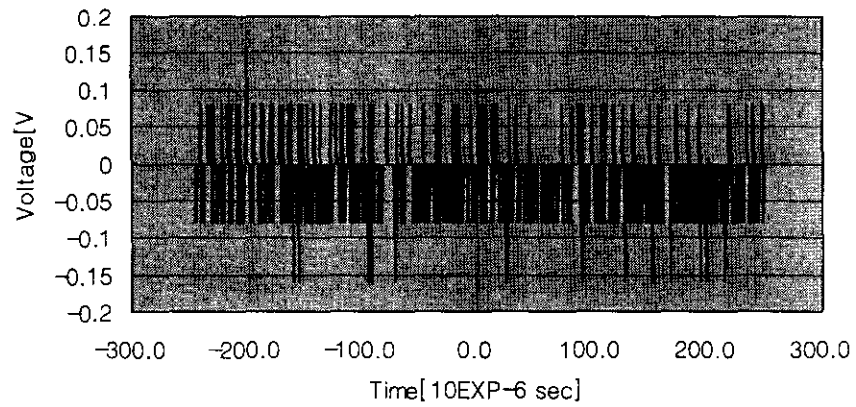


그림 3.17 센서 검출회로 출력 파형

3.3.5 지연 회로

그림 3.18은 지연회로를 나타낸 것으로 Q6은 스위칭용 트랜지스터이다. 정지 검출회로를 사용할 때, 기어가 부착된 전동기의 입력특성은 전원이 최초에 인가된 순간 피크전류가 증가하며 이때 센서에서도 높은 전압이 검출된다. 이 과전압은 순간적으로 Q1, Q2를 구동시켜 전동기의 구동이 정지된다. 따라서, 과도 전류기간 동안 센서의 동작을 지연시킬 필요가 있으며 Q10의 회로가 이러한 역할을 담당하게 된다. 이 회로에서 시정수 C4와 R18 및 R16에 의해서 지연 시간이 결정된다. Q8은 전원 필터이며 R15의 바이어스 저항이다. Q9도 전원 필터이나 이것은 지연회로의 바이어스 설정을 위한 드라이브 회로이다. 즉 Q8의 에미터에서 출력된 전압은 Q9의 베이스에 제너 다이오드에 의해 전압이 제어된 출력이 나오게 된다. 이 전압은 Q9의 콜렉터에 입력된 전압보다 낮게 Q10의 에미터에 고정 바이어스로 공급된다. 한편 Q9 콜렉터의 전압은 R19 및 R20을 지나 Q10의 베이스에 전압이 에미터 바이어스 보다 높게 된다. Q9의 베이스가 에미터보다 전압이 높게 될 때, Q10의 콜렉터에는 전압이 출력되지 않는다. 따라서 Q9에 전압이 공급되는 순간 Q10의 에미터에는 바로 바이어스에 공급되지만, 베이스에는 고저항 R19와 대용량 커패시터 C4에 의해서 지연된다. 이것은 C4의 커패시터가 충전이 완료될 때까지 지연되며, 충전이 완료되면 베이스의 바이어스 전압이 에미터보다 높아져 Q10 트랜지스터의 동작이 정지되므로 콜렉터에 전압이 출력되지 않는다. Q10의 출력전압은 전동기의 초기 구동시에 일정시간 T_i 만큼 동안만 전압을 출력하여 R14를 통해 Q6 트랜지스터를 스위칭하므로 Q5의 출력을 일정시간 지연시킨다.

한편, 지연이 필요한 때는 전동기가 구동을 시작할 때이며, 이 구동 전압의 검출은 다이오드 D1 및 D2가 스위치 S1 및 S2를 누를 때마다 Q7의

바이어스 공급저항 R3의 전압을 L로 On/Off하게 된다. 이때의 전압이 Q7을 스위칭시켜 Q8의 전원 필터의 출력전압을 제어하게 된다.

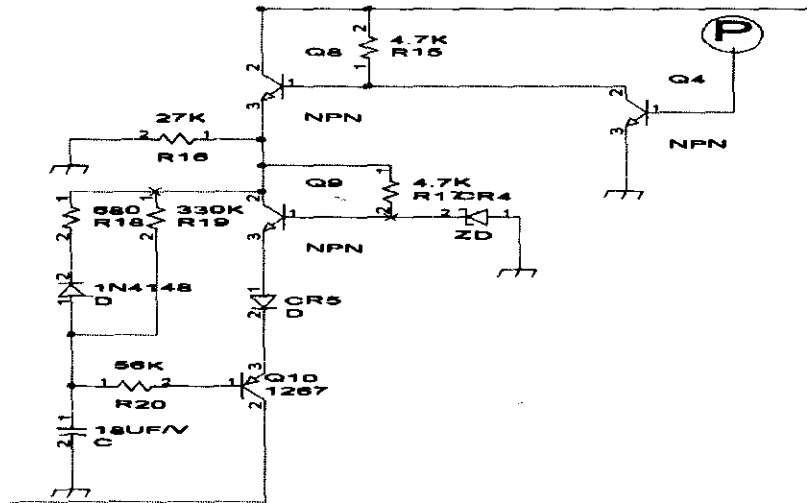


그림 3.18 지연회로

3.3.6 전원 회로

그림 3.19는 리모트 제어용장치의 전원 회로로써 용접기의 트랜스 2차측에서 출력된 전원이 여러 가지의 전압 레벨로 공급할 수 있도록 브리지 회로를 이중으로 사용하여 출력에 1000 μ F/50 V 컨덴서를 사용한 정전압 회로를 이용하였다. 그 이유는 트랜스 및 브리지 회로를 통과한 전압은 맥류이므로 맥류가 바로 L298N에 인가되면 발진을 일으켜 바로 L298N의 IC가 파괴되는 현상이 발생하기 때문이다.

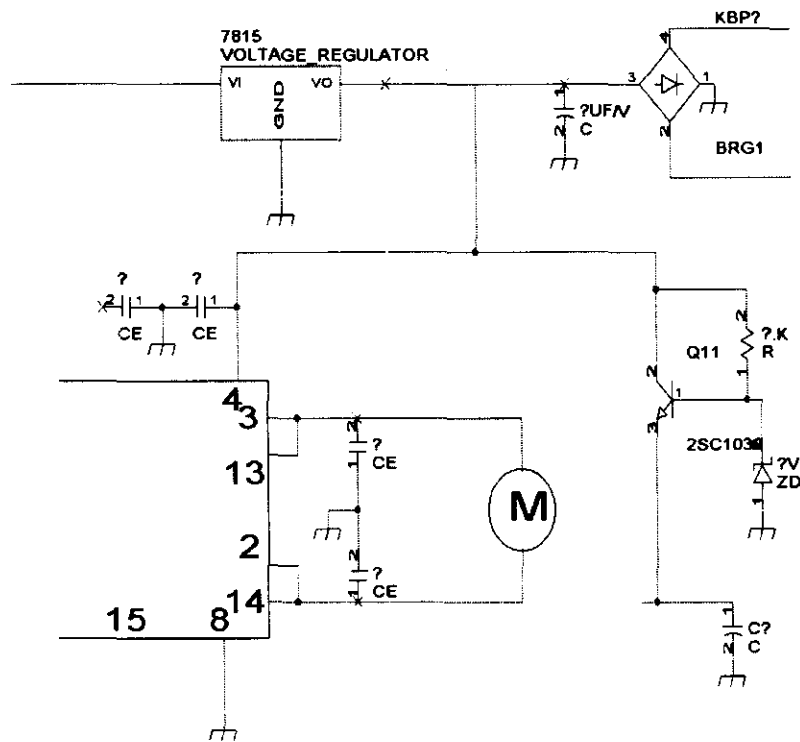


그림 3.19 전원회로

그림 3.20은 리모트 제어장치 회로를 PCB로 제작한 사진이며, 그림 3.21은 아크 용접기에 전격방지기와 리모트 제어장치를 부착하여 동작실험을 실시한 사진이다.

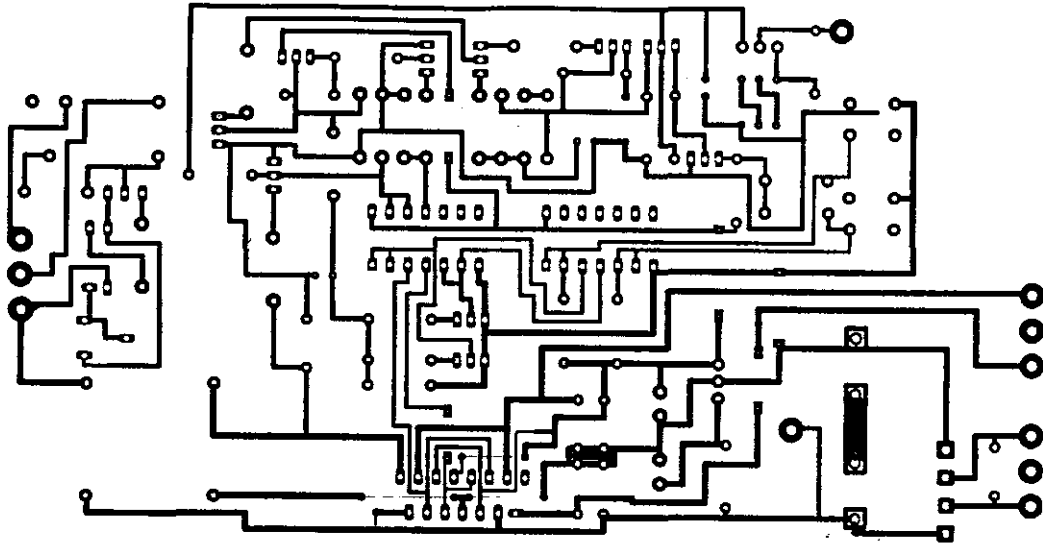


그림 3.20 리모트 제어회로 PCB

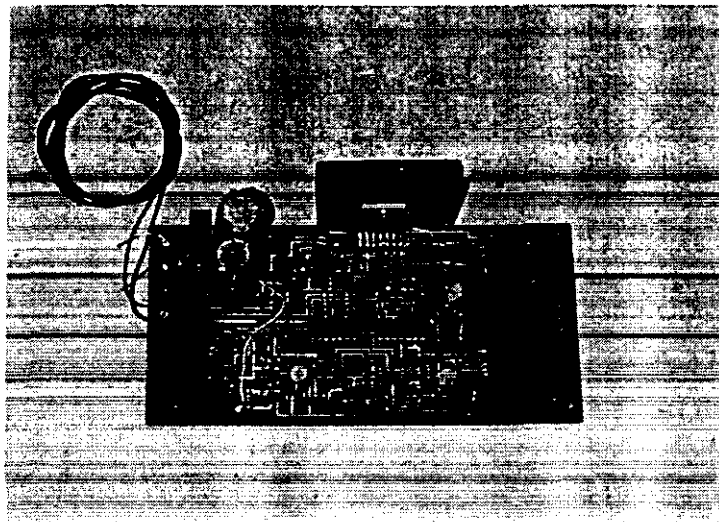


그림 3.21 리모트 제어장치

제 4 장 시제품 성능 평가

4.1 평가방안

제2장에서 제시된 설계기준과 제3장에서의 설계회로를 토대로 구산전자(주)가 제작한 시제품에 대하여 “자동 전격방지기 성능검정 규격 (노동부 고시 93-38호 (1993. 7. 15))”에 의한 일련의 성능실험을 실시하였다. 성능평가 항목 가운데 규격에서 요구하는 성능 실험을 시제품의 여건상 실시하지 못한 항목은 추후, 실용화 단계에서 이들의 실험을 계속적으로 하여야 할 것이다.

4.2 성능 평가

그림 4.1은 아크 용접기 시제품의 무부하시 입력전압(채널 1, 100 V/Div.), 입력전류 (채널 4, 2 A/Div)와 출력전압 (채널 2, 20 V/Div)을 나타낸 것이다. 무부하시 아크 용접기의 2차측 무부하 전압은 SCR의 위상제어에 의해 실효치 12 V 이내로 제어되고 있기 때문에 성능검정규격의 안전전압 15 V 이하를 만족하고 있다. 2차측 무부하 전압이란 전격방지기가 동작하고 있는 경우에 출력측(용접봉 홀더와 피용접물 사이)에 생기는 정상시 무부하 전압을 말한다. 1차측 입력전류는 용접기의 무부하 손실과 냉각용 팬의 소비전력이 합해져서 나타나는 전류이다. 그림 4.2에 나타낸 채널 1과 채널 2는 그림 4.1과 같으며 채널 3은 리모트 구동용 직류전동기의 정방향 회전시 입력전류(1 A/Div)를 나타낸 것이다. 채널 4의 용접기 입력전류는 리모트 구동용 직류 전동기의 소요출력에 비례하여 증가하고

있음을 알 수 있다. 그림 4.3은 그림 4.2와 같으며, 채널 3의 리모트 구동용 직류전동기를 역방향 회전을 나타내고 있다.

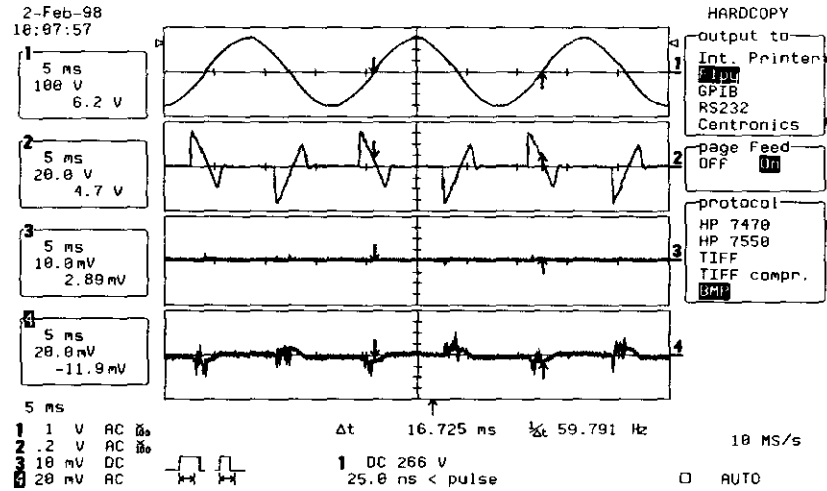


그림 4.1 무부하시 입력전압, 입력전류와 출력전압 파형

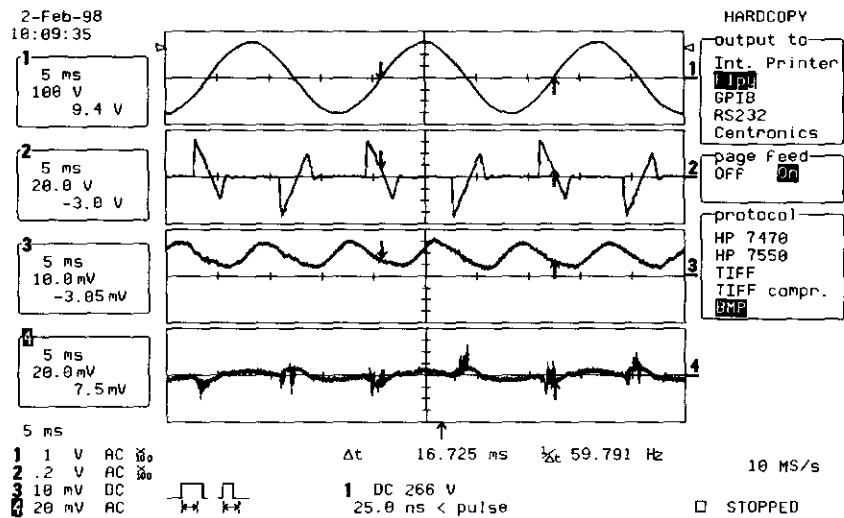


그림 4.2 리트 구동용 직류 전동기의 정방향 회전시 특성파형

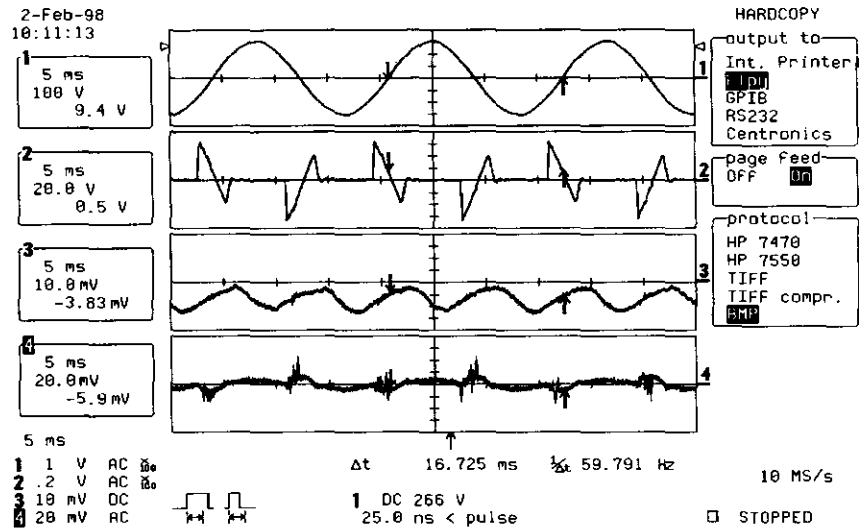


그림 4.3 리모트 구동용 직류 전동기의 역방향 회전시 특성파형

그림 4.4는 전격방지기 스위칭용 SCR의 아노드-캐소드 사이의 전압(채널 1, 100 V/Div)과 아크 용접기 출력측 전압(그림 1, 2와 동일조건)을 나타낸 것이다. SCR의 위상제어에 의해 무부하 전압이 안전전압으로 잘 제어되고 있음을 알 수 있다.

그림 4.5는 아크 용접기의 지동시간을 측정한 것이다. 지동시간이란 용접봉 호우더에 용접기 출력측의 무부하 전압이 발생한 후 주접점이 개방될 때까지의 시간을 말하는 것으로 감전에 중요한 영향을 미치는 시간이다. 채널 1은 SCR의 아노드-캐소드 전압(20 V/Div), 채널 4는 2차측 전류(50 A/Div)를 나타낸 것이다. 지동시간을 측정한 결과 약 510 ms로 나타났으며, 이 값은 성능검정규격의 기준인 1 s 이하를 만족하고 있다.

그림 4.6은 시동시간을 측정한 결과이다. 시동시간이란 용접봉을 피용접물에 접촉시켜 전격방지기의 주접점이 폐로 될 때까지의 시간을 말하며,

아크 발생에 영향을 주는 요인이다. 각 채널의 전압, 전류 모드는 그림 5와 같으며 시동시간 측정값은 약 80 μ s로 나타났으며 이 값은 성능검정규격의 기준인 30 ms 보다 훨씬 빠르게 나타나 우수한 성능을 보여주고 있다.

위와 같은 전기적 특성 결과를 분석해 보면, 성능검정규격에서 중요한 기준인 안전전압, 시동시간과 지동시간을 만족하고 있음을 알 수 있다.

그러나, 이 값은 실험실에서 측정한 값으로 현장에서 발생하는 최악의 조건에서 나타나는 특성은 추후 시험을 계속하여 평가를 보완하여야 할 것으로 사료된다.

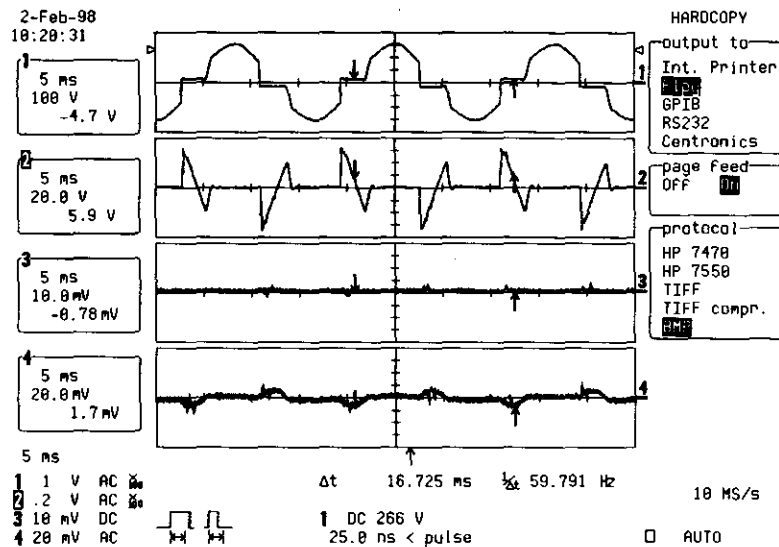


그림 4.4 위상제어에 의한 SCR 특성 파형

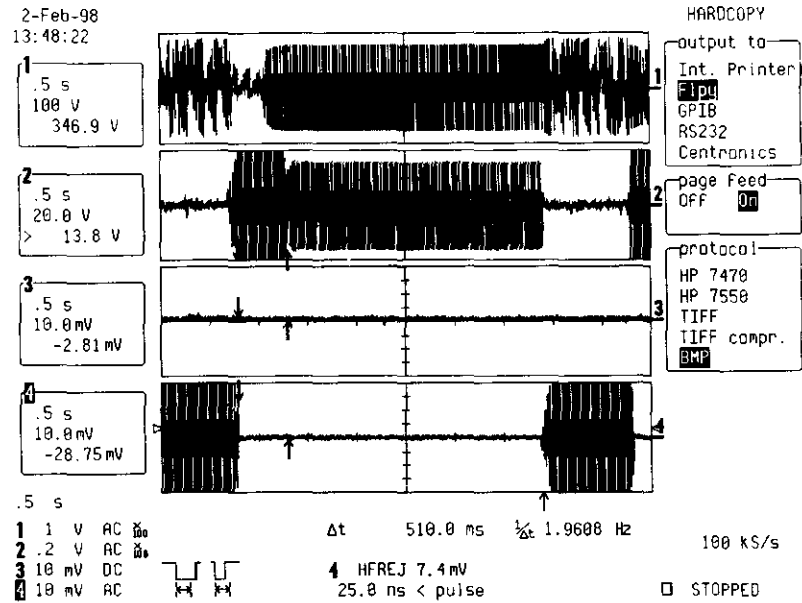


그림 4.5 지동시간

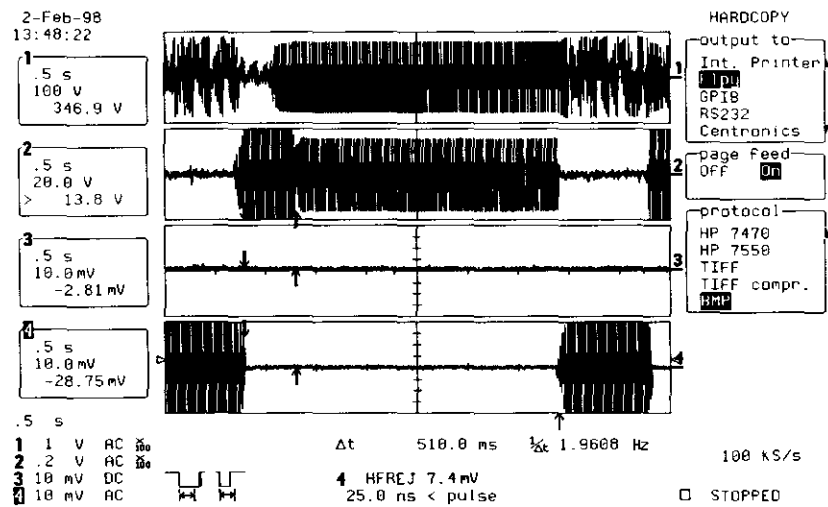


그림 4.6 시동시간

그림 4.7, 그림 4.8 및 그림 4.9는 각각 시제품의 성능평가 실험, 개발한 리모트 제어장치 시제품 사진과 개발품의 외관을 나타내는 그림이며, 이에 사용된 부품 명세서는 부록 1에 수록하였다.

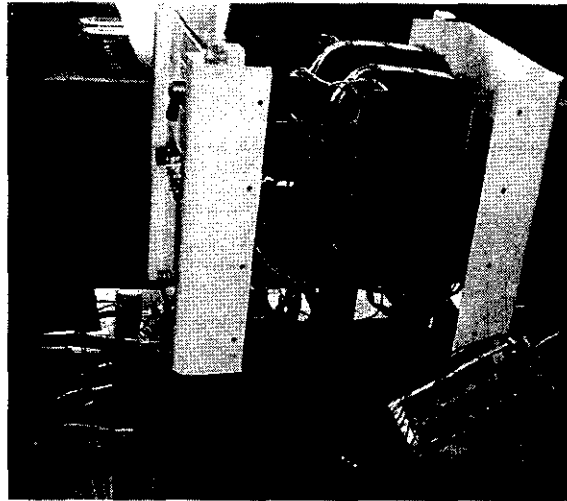


그림 4.7 개발품 실험

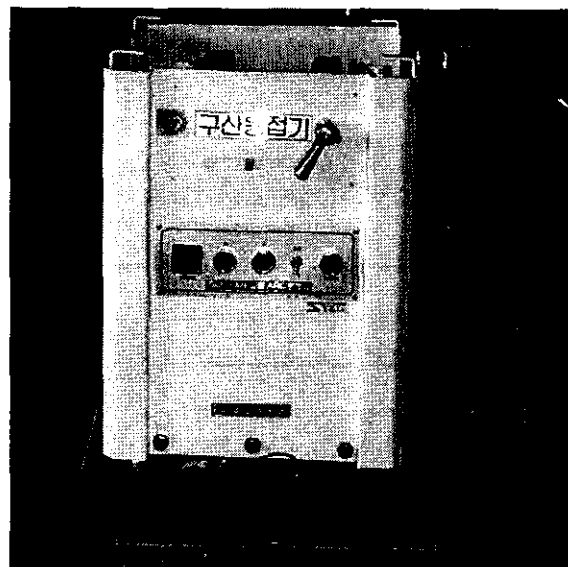


그림 4.8 시제품 외관사진

제 5 장 결 론

교류 아크 용접기는 가격이 저렴하고 손쉽게 아크열을 얻을 수 있는 장점 때문에 사업장에서 용접작업시 널리 이용되고 있다. 아크 용접기의 작업안전 측면에서 보면 감전의 위험과 아크 열에 의한 화재나 폭발의 우려가 있기 때문에 노동부에서 위험기계기구중의 하나로 분류하여 전격방지기라는 방호장치를 부착하도록 법적으로 의무화하거나 권장하고 있다. 그러나, 전격방지기는 지금까지 용접기의 외부에 부착하는 외장형이 거의 대부분이며 그 성능 수준은 제작업체의 영세성으로 인하여 아직도 만족할 만한 수준에 이르지 못하고 있는 실정에 있다. 또, 용접특성에 적합한 전류를 조정하는 장치가 용접기에서 수동으로 조작하게 되어 있어 작업의 효율성이나 능률성 측면에서 볼 때 많은 불편을 초래하고 있으며, 용접봉을 모재에 방치한 채 작업자가 이동하는 경우 화재 등의 우려가 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하는 안전 통합개념의 교류 아크 용접기 즉, 리모트 기능과 합선방지 기능 및 전격방지기를 내장한 리모트 교류 아크 용접기를 개발하고자 하였다. 연구개발의 범위는 기존에 상용화되어 있는 리모트형 아크 용접기를 대상으로 세 가지 기능을 갖도록 하는 데 국한하였다. 이를 위하여 국내 제품과 일본 제품을 구입하여 분석하였으며 이를 토대로 우리 실정에 적합한 성능을 갖도록 시제품 설계에 반영하였다. 개발된 시제품을 대상으로 특성실험을 행하여 얻은 결과는 다음과 같다.

(1) 2차 무부하 전압은 SCR의 위상제어에 의하여 실효치 12 V이하로 나

타났으며, 이는 성능검정규격의 안전기준(15 V)이하를 잘 충족하고 있다.

(2) 리모트 구동용 직류전동기가 리모트용 스위치의 입력신호에 정확하게 응답하여 정역회전하는 특성을 나타내고 있다.

(3) 지동시간을 측정한 결과 약 510ms로 나타났으며, 성능검정규격(1sec)을 잘 만족하고 있다.

(4) 시동시간을 측정한 결과 약 80 μ s로 나타났으며, 성능검정규격(30ms)을 잘 만족하고 있다.

(5) 용접기의 부하측 용접선 등의 손상으로 합선되었을 때 용접기의 전원이 자동으로 차단하는 기능이 잘 작동하였다.

상기 특성실험 결과를 고찰할 때, 본 연구에서 제시한 리모트 제어 기능과 전격방지기능 및 합선방지 기능을 가진 용접기 개발의 목표와 잘 부합되고 있다.

이 연구성과를 토대로 향후 추진해야 할 과제는 다음과 같다.

- 본 시제품에 대해 일정기간의 현장적용 실험을 거쳐 나타나는 문제점을 보완하여야 한다.

참 고 문 헌

1. JIS C 9311 “ 교류 아크 용접용 전격방지기”
2. JIS C 9300 “ 아크 용접기 통칙해설”
3. ANSI C 33.2, C 87.1, 88.2 규격
4. NF, UTE C61-120 “전기기기용 개폐기 및 전환 스위치“
5. JIS C 9314 “ 소형 아크 용접기“
6. 한국산업 안전공단 산업 안전연구원 “ 안전장치검정규격”
7. 변압기 공학. 전기기술 편집부,성안당
8. 트랜스포머용 권철심 제조공정 자동화. 과학기술처. 1995
9. R.Alben, J.J.Becker and M.C.Chi, J. Appl. 49, pp 1653-1657,1978
10. 생산기술연구원, “자성 재료의 교류 자화 특성 평가 기술”, 1990
11. 산업안전연구원, “자동전격방지장치 성능향상에 관한 연구(1),(2), 연
구보고서, 1991

부록 1 시제품 부품 목록

부 품 기 호	정 격	수 량
U1	7805	1
C	47UF/10V	1
Q3	3199NPN	1
U1	4011	1
R1	39K	1
Q3	3199N	1
R1	39K	1
R2	39K	1
D1	IN4148	1
D2	IN4148	1
SW1		1
SW2		1
R3-1	47K	1
Q1	3199NPN	1
Q2	3199NPN	1
R3	5.1K	1
R4	5.1K	1
R5	120K	1

부 품 기 호	정 격	수 량
C1	0.47 μ F/10V	1
Q6	3199NPN	1
Q5	1267	1
D	1N4148	1
R11	56K	1
R12	33K	1
R13	2.7K	1
R14	4.7K	1
Q4	3199NPN	1
U2	4011	1
R9	47K	1
R10	56K	1
R6	0.5/2W	1
CE	104	1
C3	333N	1
Q8	3199NPN	1
Q9	3199N	1
Q10	1267	1
R16	27K	1
R17	4.7K	1
R18	680	1
R19	330K	1

부 품 기 호	정 격	수 량
R15	4.7K	1
C4	10 μ F/16V	1
ZD	9.1V	1
R15	4.7K	1
Q7	3199NPN	1
R8	2.2K~3.3K	1
R7	5.6K	1
BRIDGE	4A	1
C	1000 μ F/16V	1
Voltage Regulator	7812	1
Q11	2SC1030	1
ZD	21V	1
C5	10 μ F/50V	1
R	2.2K	1
CE	333M	1

리포트 안전 교류 아크 용접기 개발 연구

연구보고서(안전연 97-7-28)

발 행 일 : 1997. 12. 31

발 행 인 : 산업안전연구원장 이 한 훈

연구책임자 : 책 임 연 구 원 이 형 수

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업안전연구원

안 전 연 구 실

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

TEL : (032)5100-836

FAX : (032)513-6483
