

# 시퀀스 제어

# I. 시퀀스 제어

시퀀스 제어 방식은 전자 릴레이, 타이머 등을 제어 기기로 사용하는 유접점 방식과 트랜지스터, 다이오드 등의 반도체 소자를 제어 기기로 사용하는 무접점 방식, 그리고 마이크로프로세서(microprocessor)를 중심으로 프로그램이 가능한 구조의 프로그래머블 컨트롤러 방식으로 구분할 수 있다.

그 중에서 각종 제어기들을 이해하고, 사용하는 목적에 맞도록 사양을 정하는데 있어서 하드웨어적인 기초적 지식을 습득하는 것이 릴레이 시퀀스 제어이다.

## 1. 시퀀스 제어계

### 가. 시퀀스 제어의 정의

제어(Control)란 어떤 제어대상 목적물이 원하는 방향으로 동작하도록 대상물에 조작용을 가하는 것으로 제어 방법에는 수동제어(Manual Control)와 자동제어(Automatic Control)가 있다.

자동제어는 피드백제어와 시퀀스제어로 크게 둘로 나누어진다. 피드백제어는 기계 스스로가 제어의 필요성을 판단하여 온도나 압력, 유량, 전압, 속도 등과 같은 물리량의 크기를 일정하게 유지하거나 목표값에 따라 변화시키는 것이다. 이와 같은 피드백제어는 정유공장의 증류탑, 연속운전 중의 발전기, 우주산업 등과 같은 프로세서 제어에서는 아주 중요한 제어이다.

그러나 이와 같은 연속 프로세서 제어 중, 일반적인 산업체 자동제어 생산 공정에서 필요한 기동, 정지, 기계가공, 조립, 운반, 포장 등의 기계적인 작업에는 피드백제어는 거의 사용되지 않고 모두가 시퀀스 제어가 실현되게 되었다.

시퀀스 제어란 “미리 정해 놓은 순서 또는 일정한 논리에 의하여 정해진 순서에 따라서 제어의 각 단계를 순차적으로 진행하는 제어” 라는 것이고 개루프 제어(open loop control)라고도 한다.

시퀀스 제어의 예로는 전기밥솥, 전기세탁기, 자동판매기, 엘리베이터, 보일러 설비 등 가정용 기기에서부터 산업현장의 생산 설비에 이르기까지 활용 범위가 넓고 다양하며 아주 간단한 것부터 아주 복잡한 것까지 여러 가지가 있다.

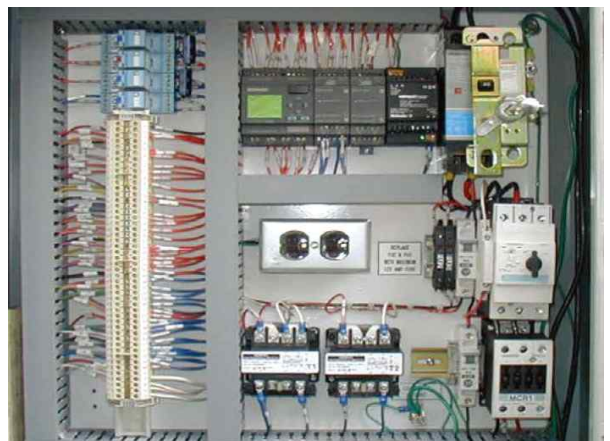


그림 1. 엘리베이터 시퀀스 제어 회로

## 나. 시퀀스 제어의 목적

시퀀스 제어는 초기 발전소의 기동·정지를 원격제어로 하기 위하여 발달된 기술이나, 산업의 급격한 발달로 인해 대규모 자동화 시스템의 필요성이 대두된 전반적인 산업체 등에 확산되었다.

사람의 감각에 의지할 수밖에 없는 일을 사람 대신 기계가 일을 함으로써 사람의 노동시간을 단축시킬 수 있고, 사람이 작업을 함으로써 오는 위험을 감소시킬 수 있으며, 사람이 하는 것보다 더 정확하고 신속하게 작업을 수행함으로써 생산능률의 향상, 생산원가의 절감, 생산품의 품질향상, 생산품의 균일화 등 노동조건을 개선시킬 수 있게 하는 자동제어가 필요하게 되어 시퀀스 제어가 응용되어야 했다.

## 다. 시퀀스 제어의 구성

시퀀스를 구성하는 부분은 크게 입력부, 제어부, 출력부로 분류할 수 있는데 입력부는 입력요소에 따라 수동과 자동으로 분류할 수 있고, 제어부는 입력 신호를 이용하여 우리가 원하는 동작을 만들어 출력에 내보내는 역할을 하고 있는 제어의 가장 중요한 부분이며, 출력부는 크게 어떠한 동작상태를 알려 주는 표시부와 직접 움직이는 전동기, 솔레노이드 밸브등의 구동부로 나눌 수 있다.

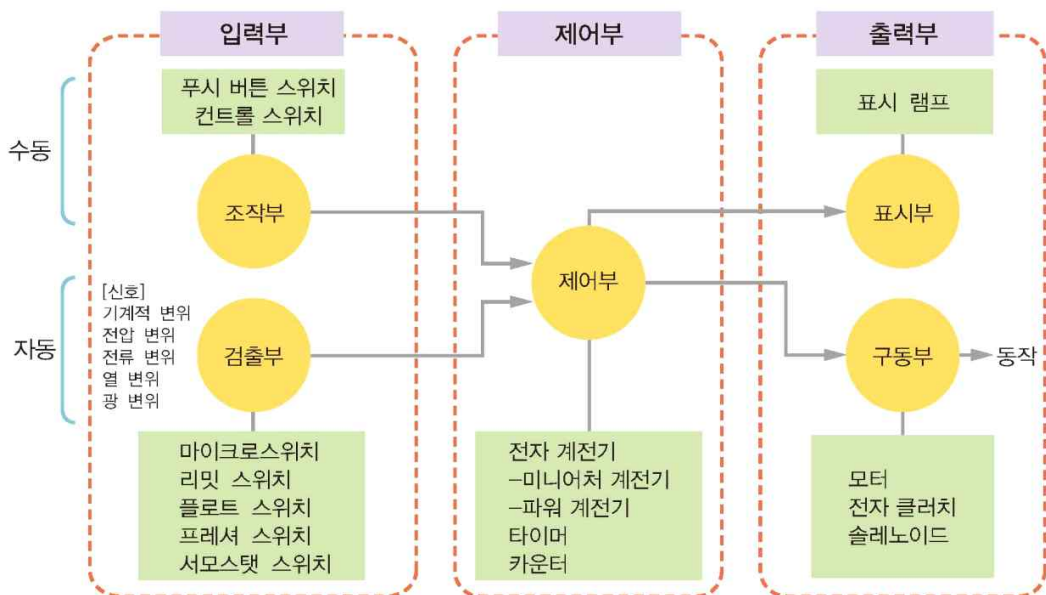


그림 2. 시퀀스 제어 신호 흐름

시퀀스 제어 시스템은 전기 릴레이를 이용한 전기식과 무접점 전자 소자를 이용한 전자식 등이 널리 알려져 있고, 공기압 밸브를 이용한 순수 공기압 이용법도 있다.

전기식 제어 회로는 주 회로부와 제어 회로부로 나누어 나타내면 그림 3. 과 같이 나타낼 수 있다.

주회로는 회로도상에서 부하에 전원을 공급하여 주는 회로로, 주로 동력원이 되는 전동기 등 대 전력을 소비하는 회로를 말한다. 보조 회로는 전자 계전기나 트랜지스터, IC 등으로 이루어진 기본적인 논리회로로 구성되어 주회로의 부하를 기동 또는 정지시킬 것인가를 조작하는 회로이다. 교류 전원과 직류 전원을 다 함께 사용할 수 있으며, 수[A] 미만의 전류를 사용한다.

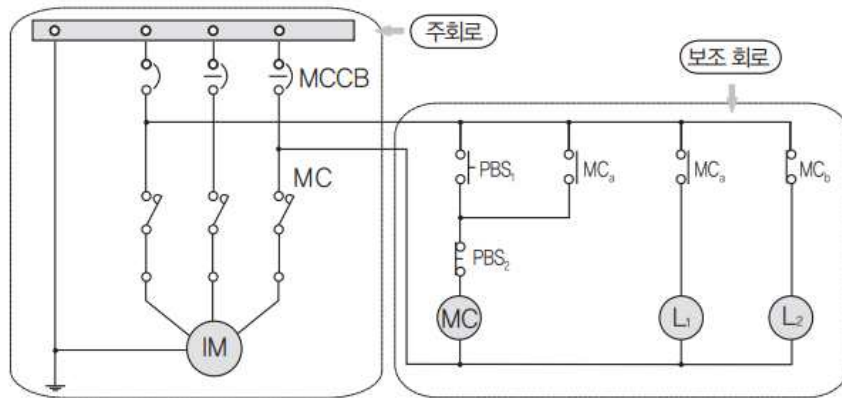


그림 3. 전동기 정역운전회로의 주회로 접속 예

## 다. 제어회로의 구성요소에 따른 분류

### 1). 유접점 시퀀스(Relay Sequence)와 무접점 시퀀스

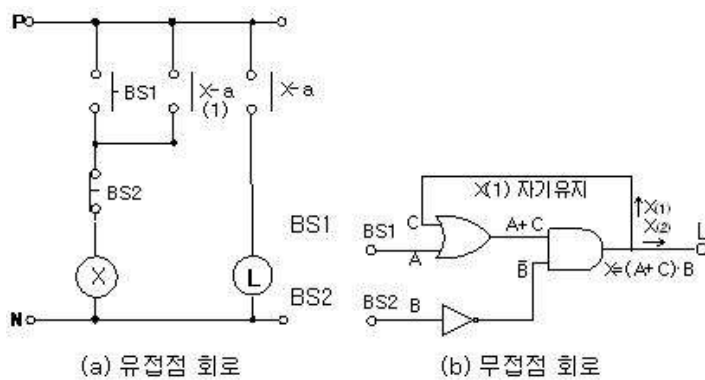


그림 4. 유접점, 무접점 회로

유접점 시퀀스는 제어회로(명령 처리부)를 유접점 릴레이(전자 계전기) 등의 기계적 접점을 가진 소자를 사용하여 구성하는 제어회로로서 보통 릴레이 시퀀스라 부른다.

이에 반해 제어회로(명령 처리부)를 반도체 스위칭 소자를 이용하여 구성하는 제어회로를 무접

점 시퀀스 또는 로직 시퀀스라 부른다.

릴레이 시퀀스는 릴레이의 동작이 비교적 단순하고, 가격이 저렴하다는 이유로 가장 많이 사용되어 왔으나, 수명의 한계점(접점의 스위칭 동작 평균 10만 회 사용 후 교체), 사용 접점의 제한(2a 2b, 4a 4b 등 기구적 접점 수 제한) 회로 변경이 곤란(결선 변경 필요)하다는 단점으로 그 사용이 점점 축소되어 가고 있다.

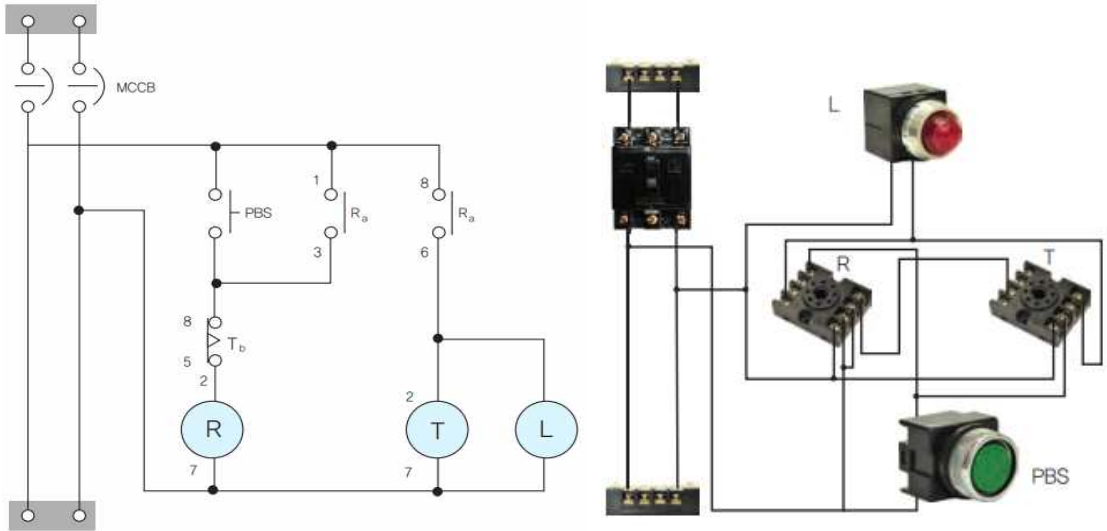


그림 5. 일정시간 지연동작회로 시퀀스도 및 결선도

무접점 소자로는 IC, Tr, Diode 등이 사용되고 반도체 스위칭 소자의 인가 전압의 유무, 방향 등으로서 발생하는 도통과 비도통의 상태 변화를 릴레이의 on, off에 대응시킨 전자제어회로나 다양한 제어 방식에 적용되기 위해 회로 변경 시 제어기판의 변경과 이중 전원 및 특히 강전에서의 활용에는 적합한 인터페이스가 필요하다.

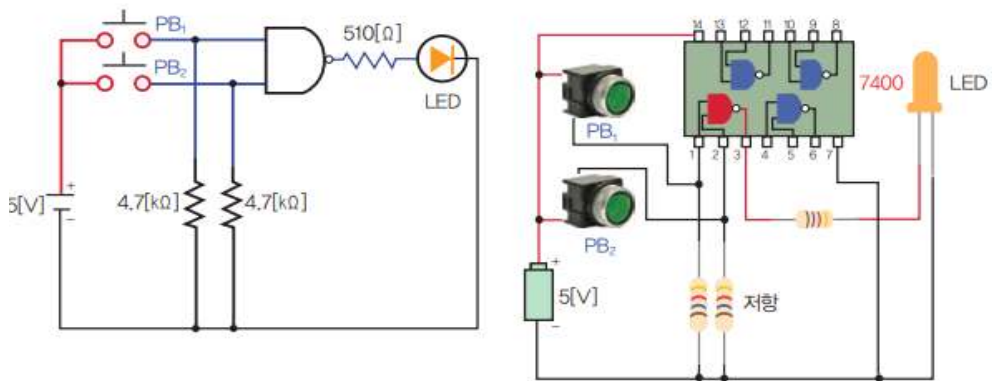


그림 6. NAND 논리회로 및 결선도

## 2). PLC 시퀀스

PLC(Programmable Logic Controller)는 제어 회로의 변경이 쉬운 논리 연산 제어장치를 말한다. 각종 제어반에서 사용해 오던 여러 종류의 릴레이, 타이머, 카운터 등의 기능을 마이크로프로세서를 이용하여 동작시키는 시퀀스 컨트롤러이다.

PLC는 상기 유, 무접점 시퀀스에서 각 제어 소자 사이의 배선들을 프로그램이라는 Software(Soft wired)로서 처리하는 기기로서 특히 릴레이 시퀀스의 여러 가지 문제점을 해결할 수 있는 제어장치이므로 현재 전반적인 산업현장에서 사용되는 자동화 시스템은 대부분을 차지하고 있다.

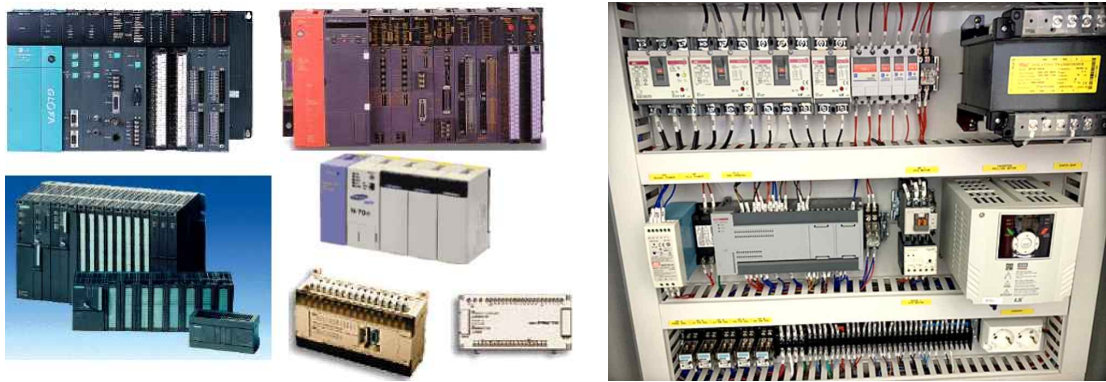


그림 7. PLC 종류 및 제어반

## 라. 시퀀스 제어 기기 및 릴레이 특성

### 1). 시퀀스 제어 입력 요소

자동 제어 시스템에 사용되는 감지기는 여러 가지 물리량을 전기신호로 변환하는 제어용 기기이다. 검출용 스위치는 기계적 요소를 이용한 접촉식 스위치와 반도체 소자를 이용한 비접촉식 스위치로 구분한다.

표 1. 감지기 종류 구분

구분	종류	
접촉형	마이크로스위치, 리밋 스위치, 테이프 스위치, 매트 스위치, 터치 스위치 등	
비접촉형	근접 스위치	고주파형, 정전 용량형, 자기형, 유도형
	광전 스위치	투과형, 반사형
	에어리어 감지기	광전형, 초음파형, 적외선형



그림 8. 감지기 종류

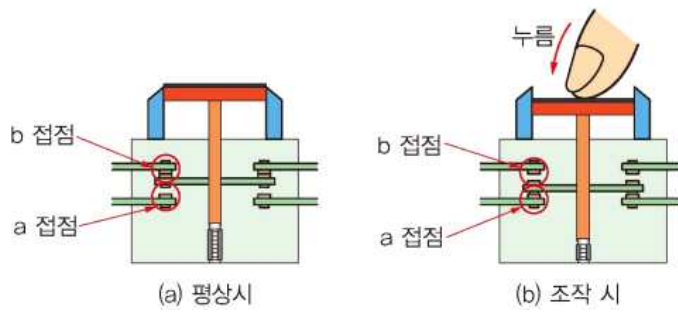


그림 9. 유접점 (푸시버튼 C 접점) 스위치 구동 원리



그림 10. 유접점 (푸시버튼 C 접점) 스위치 외관과 기호

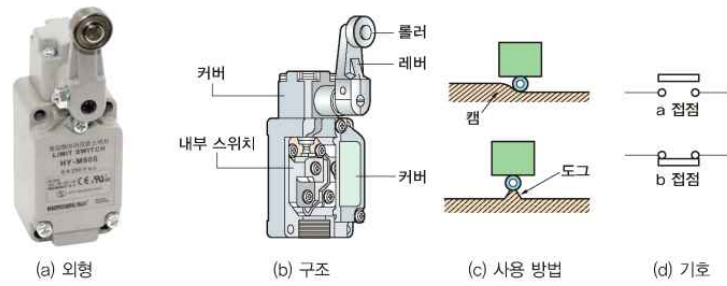


그림 11. 리밋스위치

리밋 스위치는 레버에 물체가 닿으면 레버가 늘리면서 스위치 동작을 하는 것으로 이송장치 왕복운동을 할 때 양 끝단에 부착하여 장치가 일정 범위 내 동작하도록 한다.

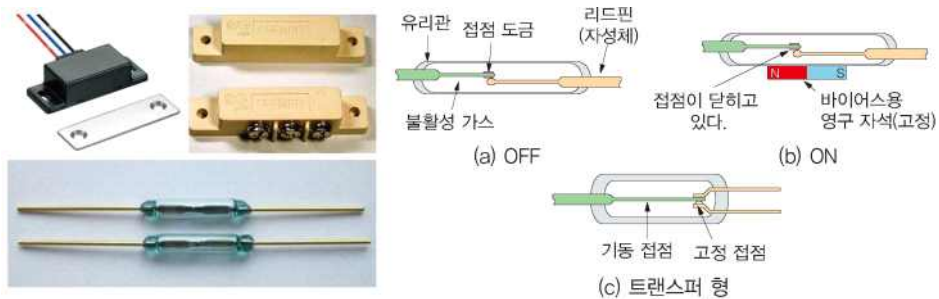


그림 12. 리드스위치

리드 스위치(Read Switch)는 비 접촉형으로 한 쌍의 리드핀이 자기장 범위 내에 위치할 때, 리드는 반대극성으로 자화하여 서로 끌어당기고 접점이 닫혀 스위치가 ON되는 원리를 이용하는 것이다. 창문에 두어 도난 방지용 경보회로나 물탱크 수위 조절, 실린더 피스톤 위치 등을 검출할 때 사용한다.

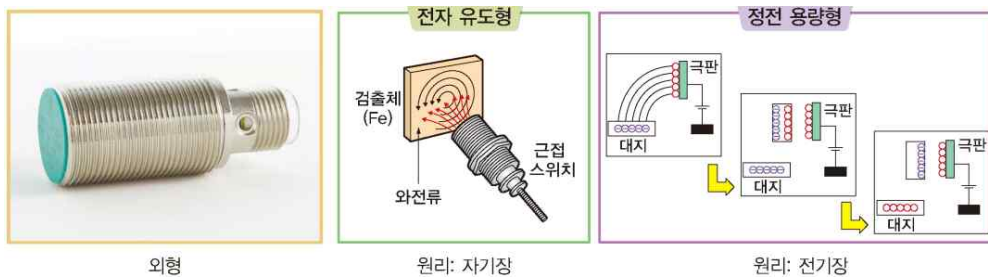


그림 13. 근접센서

근접센서는 센서 검출 범위 내에 접근하는 물체나 주위 물체 유무를 전자계 에너지, 정전계 에너지의 변화 등을 이용하는 것으로, 전자 유도형은 금속 물체가 접근하면 전자 유도 작용에 의해 와전류가 발생하여 검출하는 것이고, 정전 용량형은 물체가 접근하면 근접센서와 가까운 쪽에는 같은 전하가 발생하고 먼 쪽은 다른 전하가 발생하는 정전 유도 작용에 의한 정전 용량 변화를



이용하는 것이다. 정전 용량형으로 액면을 검출하는 경우, 불순물 등에 의해 액체 속에 기포가 발생하면 근접센서가 OFF 되고 불순물이 없을 경우 ON되어 불순물 유무도 검출할 수 있다.



그림 14. 광전센서

광전(Photo Electric) 센서는 설치 형식에 따라 구분한다. 투과형은 발광부와 수광부 사이에 물체가 빛의 경로를 지나가면 빛의 차단이나 광량의 변화를 이용하는 것으로 주로 물품 계수나 기계가 작동할 때 작업 반경 내에 접근을 경고하거나 기계 작동을 제한할 때 사용된다.

회귀반사형은 리플렉터형(반사판, Reflector Type) 또는 미러형(거울, Mirror Type)이 있으며 투광기와 수광기가 하나의 케이스 안에 있어 광축이 거의 수평이다. 물체가 접근하면 투광기로부터 나온 광선이 반사경에 반사되어 수광기로 입사되는 광선을 차단하면 검출 신호가 발생하는 것으로 주로 주사약이나 내복용 물약 같은 앰플의 검사에 이용되거나 액체의 탁도 변화 검출 등에 이용된다. 또한 플랫폼 스크린도어에 사용되어 스크린도어에 반사되어 수광부로 되돌아오는 빛에 의해 문의 개폐를 검출한다.

## 2). 시퀀스 제어대상에 따른 구동용 기기

표 2. 제어대상에 따른 구동용 기기의 구분

제어 대상	액추에이터	구동용 기기	제어 신호
전력	발전기	전자 접촉기	전기
		전자 개폐기	
		차단기	
변위 (힘)	실린더	전자 밸브	유체압
	전동 액추에이터	전자 접촉기	전기
속도	전동기	전자 개폐기	전기
	유·공압 모터	전자 밸브	유체압
유량 (압력)	전자 밸브	전자 접촉기	전기
	마스터 밸브	파일럿 밸브	유체압
열량 (온도)	전열선	전자 접촉기	전기
	열 교환기	전자 밸브	전기

### 3). 전자계전기(릴레이)구조와 접점

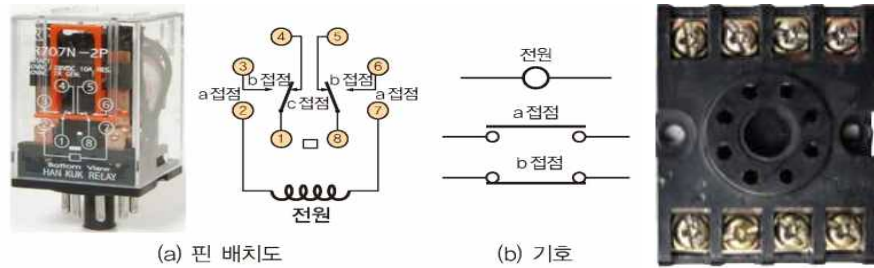


그림 15. 8핀 전자 계전기와 핀 배치도와 기호 및 활용 소켓

- (1) **a 접점** : a 접점이란 스위치를 조작하기 전에는 열려 있다가 스위치를 조작하면 닫히는 접점으로서 동작하는 접점(arbeit contact)이라는 뜻으로 머리글자를 따서 a 접점으로 나타내고, 회로를 연결 시켜주는 접점이라는 뜻으로 메이크 접점(make contact)이라고도 하며, 또는 상시 열려 있는 접점(normally open contact)이라고 약자로 NO접점이라고 한다.
- (2) **b 접점** : b 접점이란 스위치를 조작하기 전에는 닫혀 있다가 스위치를 조작하면 열리는 접점으로 조작되면 끊어지는 접점(break contact)이라는 뜻으로 b 접점이라고 한다. 또한 항상 닫혀 있는 접점(normally closed contact)이라는 뜻으로 약자로 NC접점이라고 한다.
- (3) **c 접점** : c 접점이란 가동철편에 a 접점과 b 접점을 공유하고 있는 접점으로 전환 접점(Change Over Contact)이라는 뜻으로 c 접점으로 나타낸다. c 접점은 조작력에 의해서 신호를 옮긴다는 뜻으로 트랜스퍼 접점(transfer contact)이라고도 한다.

표 3. 시퀀스 제어에 사용하는 여러 가지 접점 기호

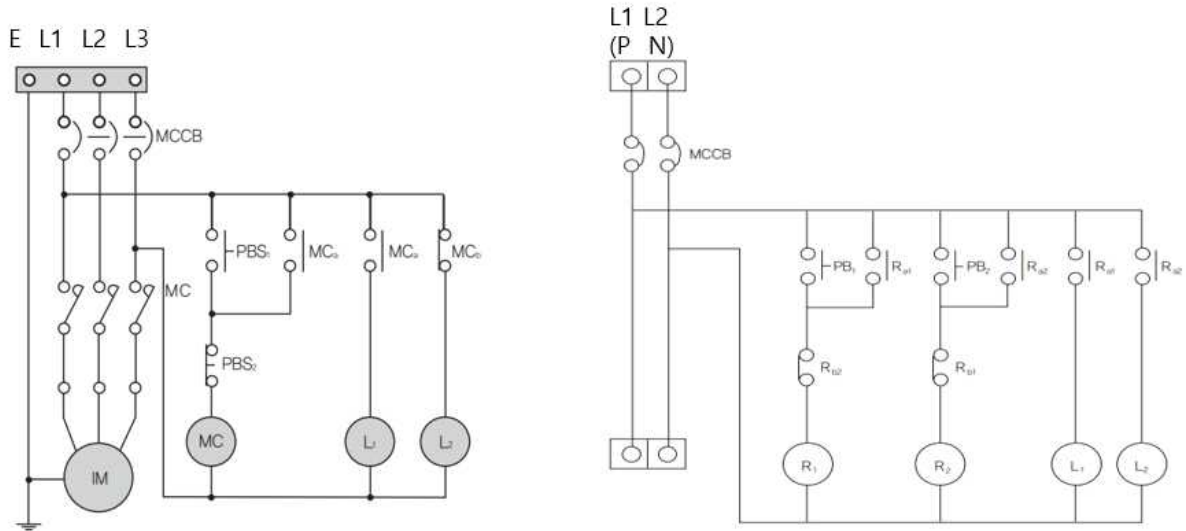
번호	명칭	기호		비고
		a 접점	b 접점	
1	일반 접점 또는 수동 접점			토글 스위치
2	수동 조작 자동 복귀 접점			누름 버튼 스위치
3	기계적 접점(리미트 스위치)			
4	계전기 접점 또는 보조 스위치 접점			
5	한시 동작 순시 복귀 접점			온 타이머
6	순시 동작 한시 복귀 접점			오프 타이머
7	열동 계전기 수동 복귀 접점			
8	전자 접촉기 접점			

## 2. 시퀀스 제어 실습

시퀀스 도는 전기 설비의 장치, 배전반 및 이에 관련한 기기, 기구 등의 기능을 중심으로 복잡한 제어 회로의 동작을 순서에 따라 전기적 접속을 전개하여 기호로 표시한 도면으로, 전개접속도라고도 한다.

### 가. 시퀀스 도면 작성

- ① 제어 모선을 상하 또는 좌우를 중심으로 그린다.
- ② 위(또는 왼쪽) 제어 모선에 누름 버튼 스위치, 감지기 등의 입력 요소를 그린다.
- ③ 아래(또는 오른쪽) 제어 모선에 전등을 비롯한 출력 요소를 그린다.
- ④ 직류 전원은 P(+), N(-), 교류 전원은 L1(R), L2(S), L3(T), E(N) 등으로 표시한다.
- ⑤ 제어전원 모선 사이에 많은 블록의 접속선이 접속되는 경우에는 동작의 순서 따라 좌측에서 우측의 순서로 표시한다. 제어신호의 흐름은 왼쪽에서 오른쪽으로 위에서 아래쪽으로 신호가 흐르도록 한다.



(a) 3상 전동기 제어회로

(b) 단상(혹은 직류)전동기 제어회로

그림 16. 전동기 제어회로

부하로 전원이 연결되는 회로를 주회로, 전원의 개폐 등으로 부하를 제어하는 회로를 보조 회로라고 한다. 즉, 보조 회로로서 부하의 제어 동작이 이루어지는 것이다.

## 나. 시퀀스 동작도 작성

- ① 제어 기기 동작 순서대로 세로축에 병렬로 기입하고, 가로축에 시간적인 변화를 선으로 나타낸다.
- ② 제어 기기와 동작 관계를 점선으로 표시한다.
- ③ 입력의 기동과 정지에 따른 출력 코일이나 부하의 동작 구분은 동작도의 위 또는 아래에 작도한다.

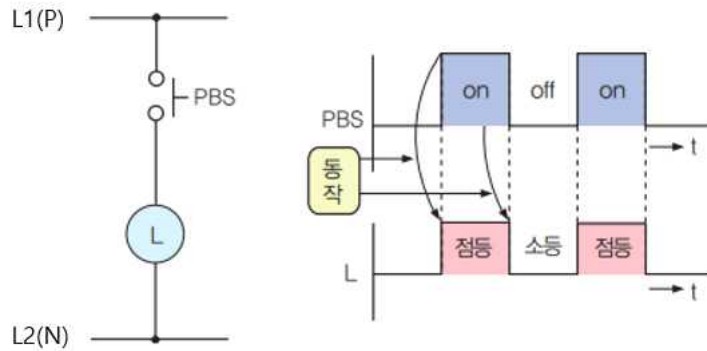


그림 17. 시퀀스도에 따른 동작도 작성

## 다. 부품 확인

### 1). 차단기

회로에 과전류가 흐를 때 전로를 차단하여 회로를 보호하기 위하여 회로 상단부에 설치한다. 누전차단기(ELB : Electric Leakage Breaker)는 누전, 합선, 과부하 때 모두 차단된다.

배선용 차단기(MCCB : Molded Case Circuit Breaker)는 합선, 과부하에서만 차단된다.



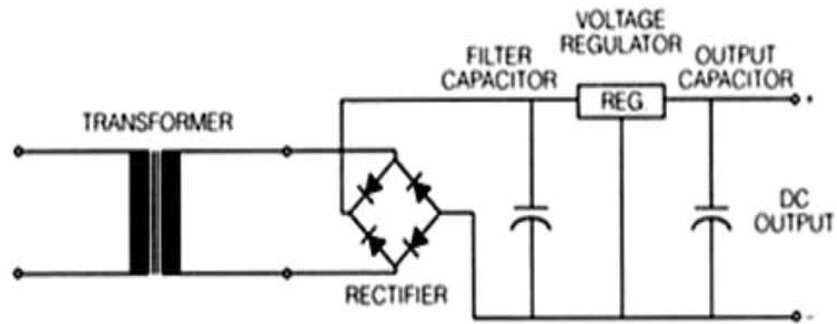
그림 18. ELB와 MCCB

### 2). 전원공급장치

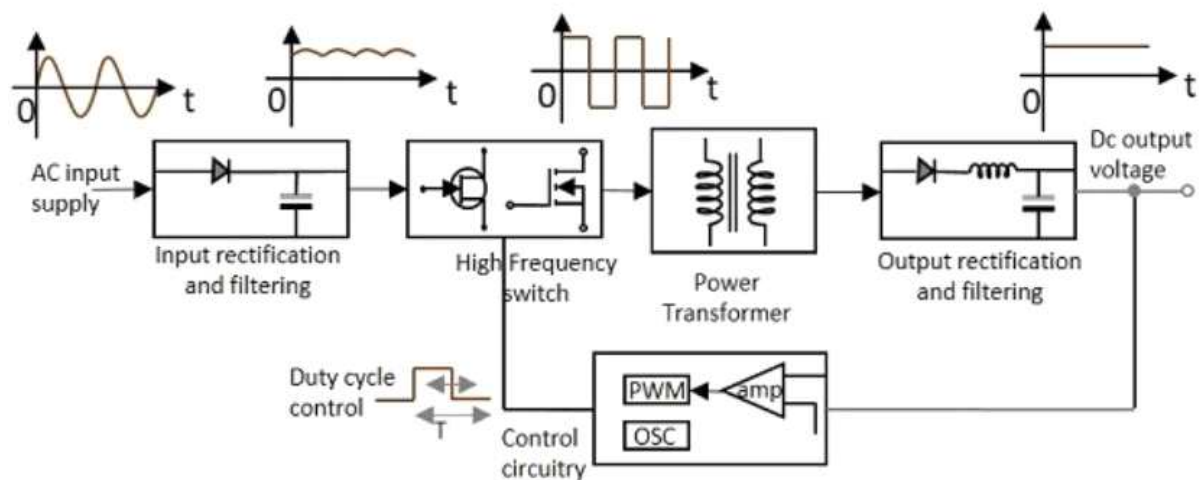
DC를 사용할 때 필요한 것으로 리니어방식과 스위칭모드 방식이 있다.

리니어 방식은 전력 변환 효율은 적고 열 발생이 많은 단점이 있으나 잡음에 강하고 스위칭모드 파워 서플라이(Switching Mode Power Supply : S.M.P.S)는 전력용 MOSFET 등 반도체 소자를 스위치로

사용하여 직류 입력 전압을 일단 구형파 형태의 전압으로 변환한 후, 필터를 통하여 제어된 직류출력 전압을 얻는(PWM제어) 장치로서 열 발생은 작으나 잡음이 많은 것이 단점이지만, 반도체 소자의 스위칭 프로세서를 이용하여 전류의 흐름을 제어함으로써 종래의 리니어 방식의 전원 공급장치에 비해 효율이 높고 내구성이 강하며, 소형, 경량화에 유리한 안정화 전원 장치이다.



(a) 리니어 방식 전원 블록 다이어그램



(b) 스위칭 모드 방식 전원 블록 다이어그램

그림 19. 리니어 방식과 스위칭 모드 방식

### 3). 입력 기구

가). 조작용 스위치 : 수동 스위치라고도 하며 시퀀스 제어 회로에서 주로 시작이나 정지용으로 사용된다. 수동 조작 자동 복귀형, 유지형, 잔류형 조작 스위치가 있는데, 이 중에서 수동 조작 자동 복귀형 스위치가 가장 많이 이용된다.

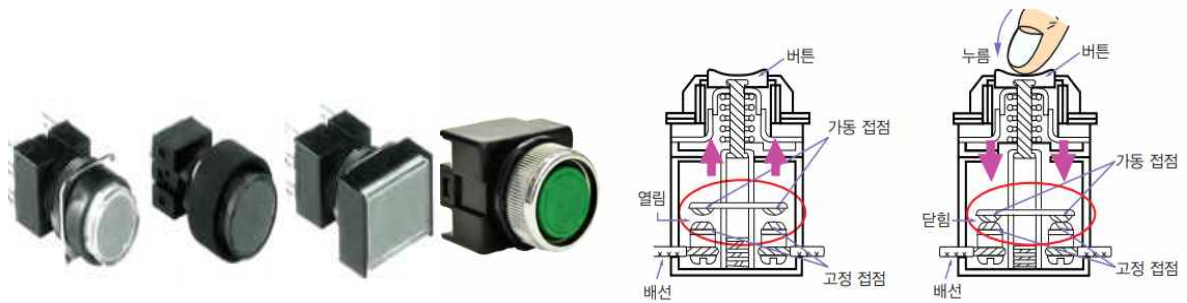


그림 20. 누름 스위치 종류 및 a, b접점

나). 유지형 스위치 : 조작 후에 손을 떼어도 접점의 개폐 상태가 접점 조작 때의 상태를 계속 유지하는 기능을 가진다. 로터리 스위치, 비상 스위치, 텀블러 스위치, 셀렉터 스위치 등이 있다



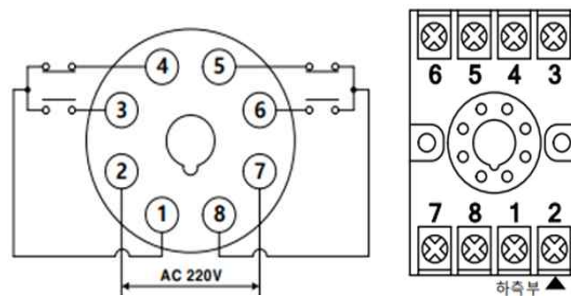
(a) 로터리 스위치      (b) 누름 스위치      (c) 셀렉터 스위치

그림 21. 유지형 스위치

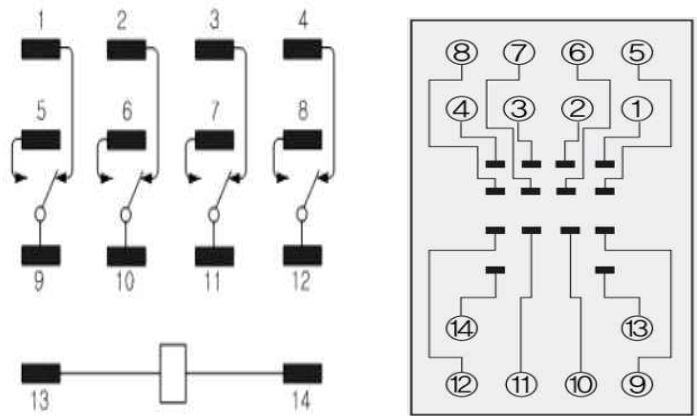
다). 검출용 스위치 : 제어 대상의 위치, 압력, 힘, 빛, 온도, 수위, 속도, 전압, 전류 등의 물리량의 검출과 고장, 제품 수리 등의 검출에 사용한다. 리미트 스위치(LS : Limit Switch), 액면 스위치(FS : Float Switch), 포토 스위치, 근접 스위치(PxS : Proximity Switch), 압력 스위치, 온도 스위치, 레벨 스위치, 속도 스위치 등이 있다.

#### 4). 계전기(Relay) 활용

계전기 배선은 베이스(소켓)을 활용하여 사용되므로 계전기 종류에 따른 기구와 베이스의 구조를 이해하여야 한다.



(a) 8핀 계전기 기구와 베이스(소켓) 구조



(b) 14핀 계전기 기구와 베이스(소켓) 구조  
 그림 22. 8핀, 14핀 릴레이 소켓번호

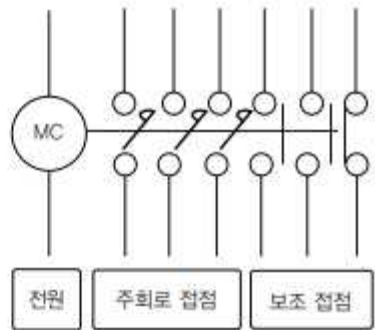
이외 다양한 종류의 계전기들이 활용되는데 선택의 주의 사항은 계전기 코일의 AC, DC 종류 및 허용 전압, 전류 및 극성을 알아야 하고 접점의 허용 전압 및 특히 전류를 파악하여 사용되어야 한다.

### 5). 부하 및 제어용 표시 기구 파악

일반적인 부하로는 모터류와 유공압류로 대별되는데 이의 신호 처리에는 다양한 종류의 기구들이 활용된다. 모터류에서는 전자접촉기를 활용하고 유공압류에서는 솔레노이드밸브를 활용한다.



(a) 전자접촉기



(b) 내부 회로

그림 23. 전자접촉기

전자 접촉기(electromagnetic contactor)는 주회로 접점과 보조 접점으로 구성되어 있다. 전자 코일에 전류가 흐르면 전자석에 의한 흡인력을 이용하여 주회로 접점과 보조 접점을 열고 닫는 원리로, 대전류의 개폐나 전동기의 빈번한 시동, 정지, 제어 등이나 250[V], 10[A] 이상 부하의 개폐에 사용한다.

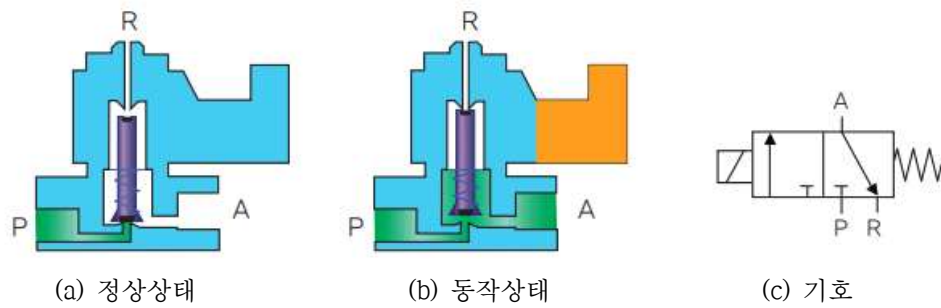


그림 24. 직접 작동형 3/2-way 편 솔레노이드 밸브

솔레노이드 밸브는 전자 밸브라고도 하는데, 전자석의 흡인력을 이용하여 밸브를 개폐하거나 공기나 기름 등 유체의 흐름을 제어한다. 1차 적으로는 전기 솔레노이드 개폐에 의해, 2차 적으로는 공기압 개폐에 의해 유체의 흐름을 제어한다.

전기 회로에서 제어 대상의 동작 상태, 회로 고장의 유무 등을 시각적으로 알려주는 것을 표시등(pilot lamp)이라고 한다.



그림 25. 표시등

표 4. 표시등의 동작상태와 기호

동작 상태	점등 색상	기호
전원 표시	백 색	WL(White Lamp)
정지 표시	적 색	RL(Red Lamp)
운전 표시	녹 색	GL(Green Lamp)
경보 표시	황적색	OL(Orange Lamp)
고장 표시	황 색	YL(Yellow Lamp)

## 6). 단자대

제어 신호가 출입하는 출입구를 단자대 또는 터미널(terminal)이라고 한다. 단자대에 전선을 접속하는 방법은 압착 단자에 의한 방법과 누름판 압착 방법 등이 있다.



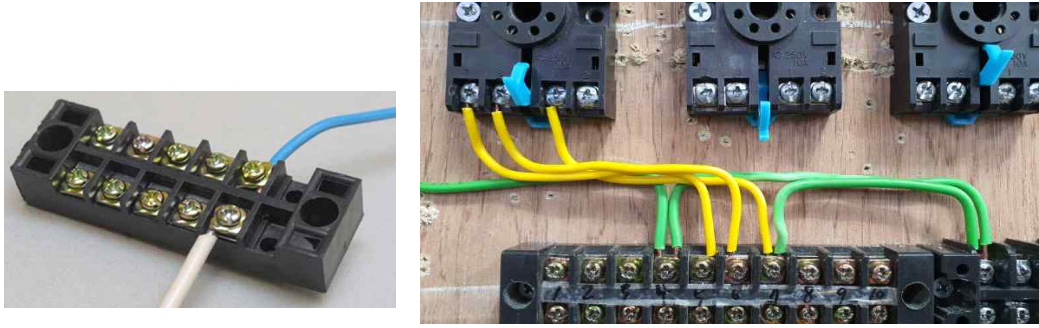


그림 26. 단자대 활용

## 라. 결선도(복선도) 작업

모든 배선을 실제 작업하는 형태로 나타내는 것으로, 공사를 할 때 전선관에 들어가는 전선의 수나 길이 등 공사에 필요한 자재량을 계산하는 견적을 낼 때 필요하다.

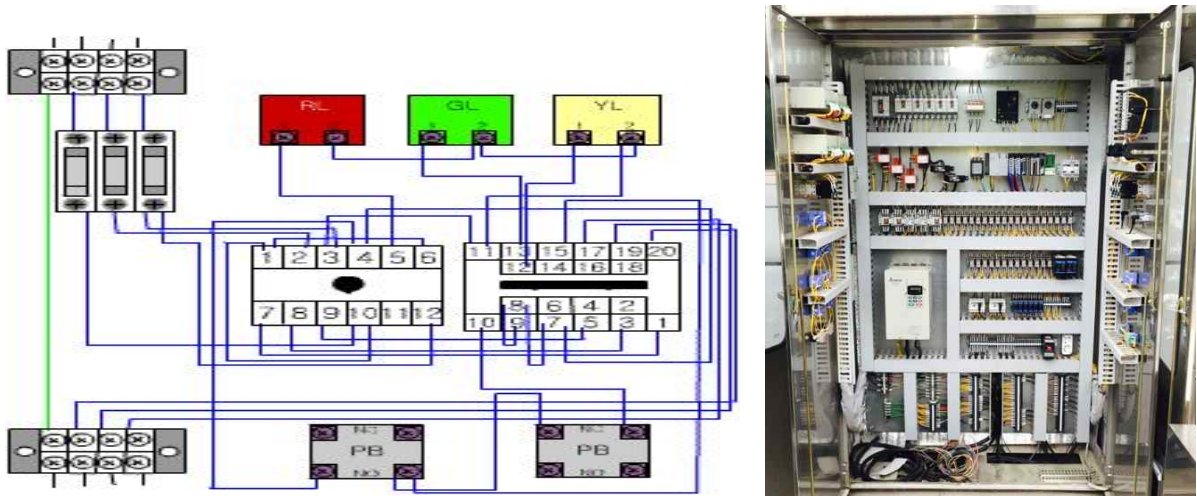


그림 27. 복선도와 실 제어반

결선도를 작성하기 위해서는 시퀀스 도면에 각 기구들 특히 계전기 등의 번호를 표시하여 두고 배선을 실행하여야 한다.

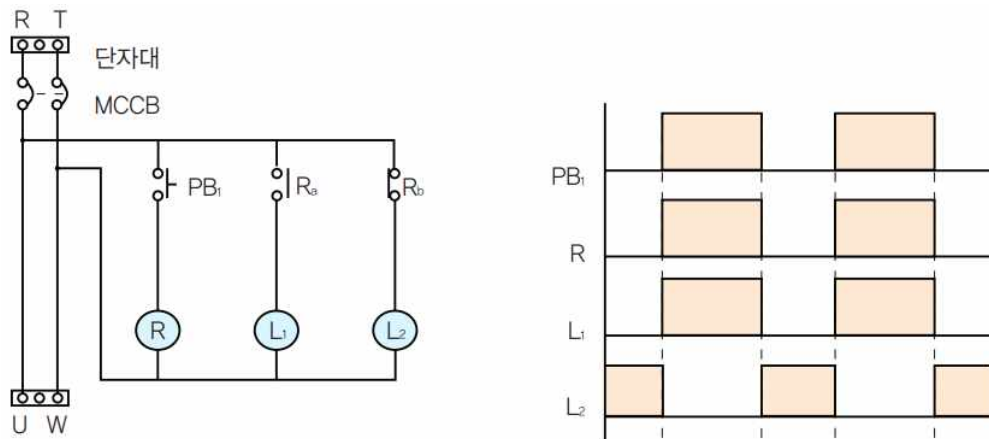
스위치들의 a, b 접점과 계전기의 핀 번호에 따른 코일 및 접점 번호를 부여하고 특히 극성이 있을 경우 코일과 표시등의 번호 부여가 중요하다.

## 실습 1-1. 릴레이를 이용한 전등 제어회로

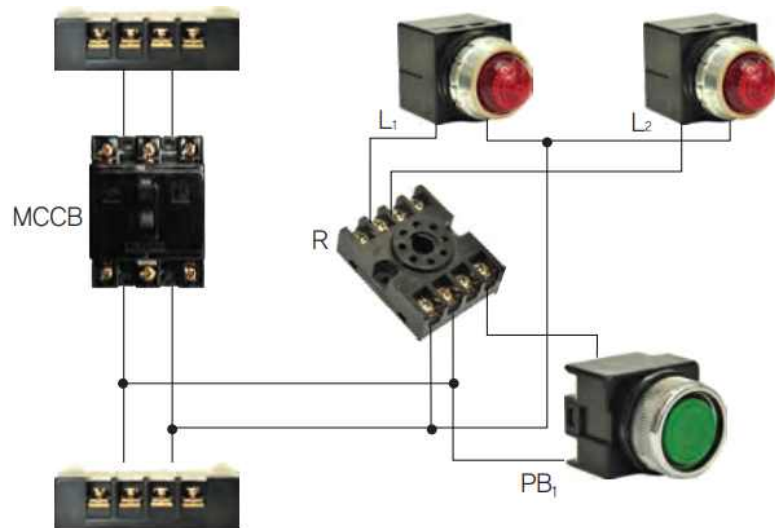
### 가. 실습목표

- 전자 계전기 a, b 접점의 기능을 알고 응용할 수 있다.
- 전자 계전기 회로의 동작도를 알고 회로를 응용할 수 있다.

### 나. 시퀀스도와 동작도



### 다. 결선도

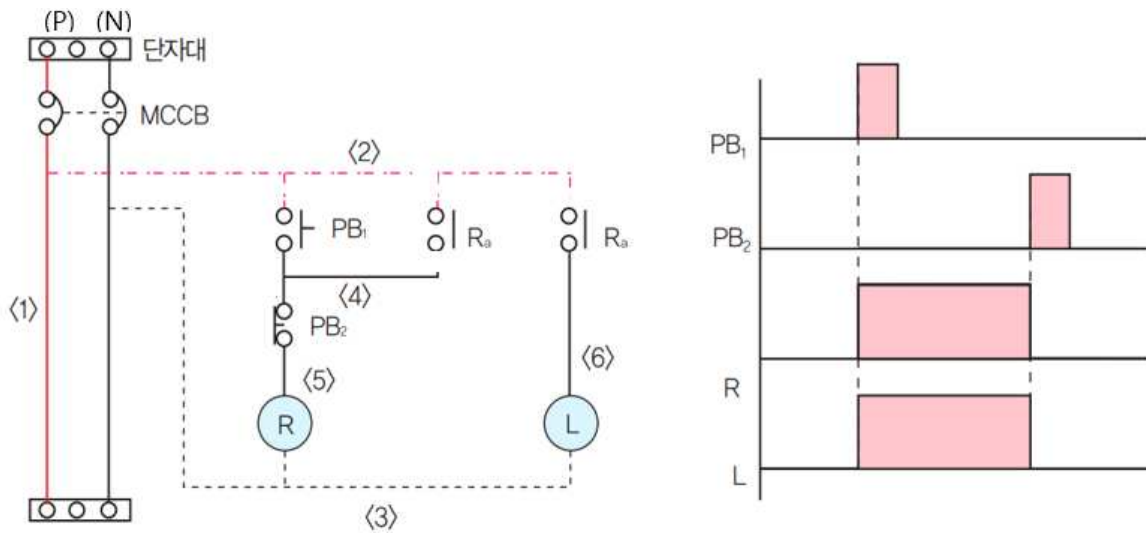


## 실습 1-2. 릴레이를 이용한 자기유지회로

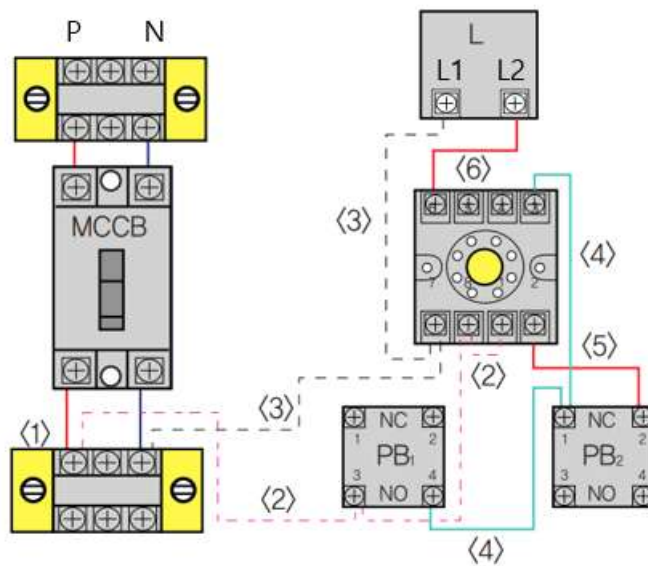
### 가. 실습목표

- 전자 계전기의 자기유지회로 기능을 설명할 수 있다.
- 자기유지회로의 기능을 이해하고 설비할 수 있다.

### 나. 시퀀스도와 동작도



### 다. 결선도

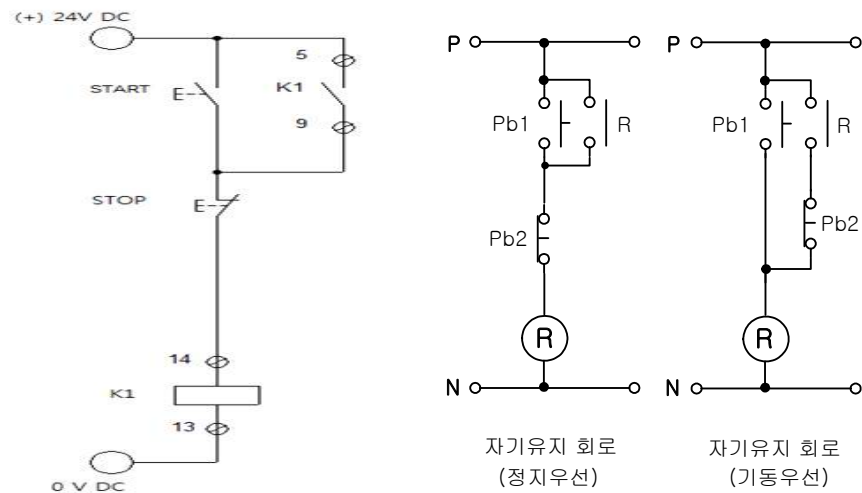


### 실습 1-3. 릴레이를 이용한 자기유지회로(IEEC 규격, KS규격 도면)

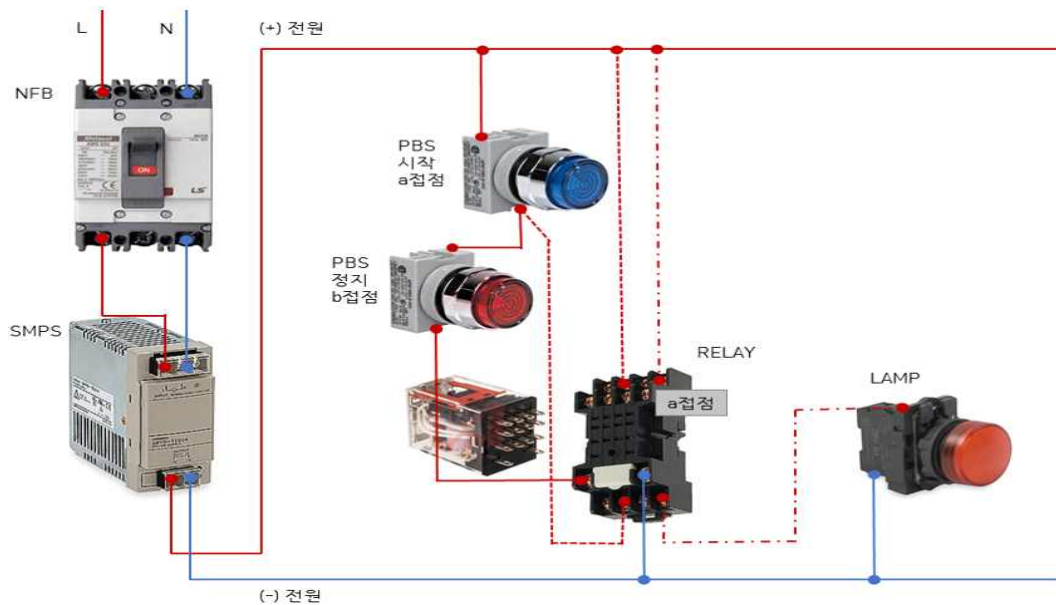
#### 가. 실습목표

- 전자 계전기의 자기유지회로 기능을 설명할 수 있다.
- 자기유지회로의 기능을 이해하고 설비할 수 있다.

#### 나. 시퀀스도 및 결선도



#### 다. 결선도

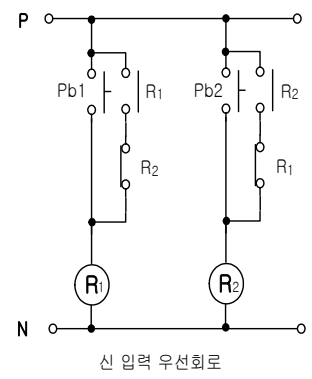
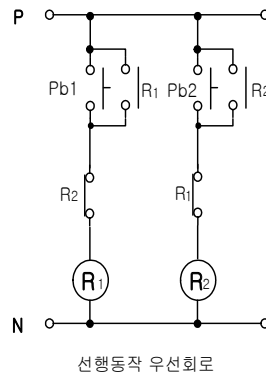
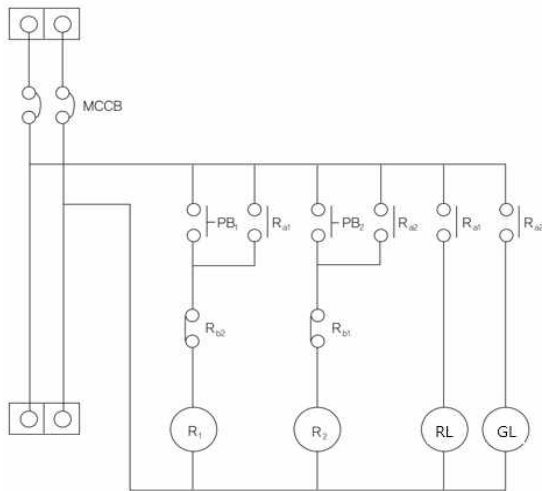


## 실습 1-4. 릴레이를 이용한 인터록 회로

### 가. 실습목표

- 인터록 회로의 기능을 설명할 수 있다.
- 인터록 회로 접점의 기능을 이해하고 설비할 수 있다.

### 나. 시퀀스도



### 다. 결선도 작성

