



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

안전을 고려한 전기도면 설계 방안 연구

- 산업안전보건법에 따른 안전인증 서면심사를 중심으로

Design Method of Electrical Drawing Considering Safety

- Focusing on the Document Audit of Safety Certification

following Occupational Safety and Health Act

울산대학교 대학원

안전보건전문학과

박임규

# 안전을 고려한 전기도면 설계 방안 연구

- 산업안전보건법에 따른 안전인증 서면심사를 중심으로

Design Method of Electrical Drawing Considering Safety

- Focusing on the Document Audit of Safety Certification

following Occupational Safety and Health Act

지도교수 김종면

이 논문을 안전보건학 석사 학위 논문으로 제출함

2018년 12월

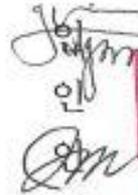
울산대학교 일반대학원

안전보건학과

박 임 규

박임규의 석사학위 논문을 인준함

심사위원	김	종	면
심사위원	김	두	석
심사위원	임	기	창

  
인  


울산대학교 대학원

2018년 12월

## 국문 요약

### 1. 연구제목

안전을 고려한 전기도면 설계 방안 연구 - 산업안전보건법에 따른 안전인증서면심사를 중심으로

### 2. 연구목적

기계·기구의 전기도면 설계단계에서 오류가 발생하는 경우 이를 수정하기 위하여 인적·물적인 손실이 발생할 수 있으며, 오류가 발견되지 못할 경우에는 해당 결함으로 인하여 기계·기구의 수명이 단축되거나 화재, 오작동 등으로 인한 재해가 발생할 수 있다. 이를 예방하기 위해 산업안전보건법에서는 위험 기계·기구 등에 대한 설계 및 제작단계에서의 인증심사를 통해 오류를 검증하고 있으나, 관련 법령 및 표준만으로는 실제 설계 시 문제가 발생하지 않도록 하는 적용순서, 방법 등을 파악할 수 없다. 안전상 사각지대가 생기지 않는 전기도면의 설계순서 및 적용방법을 연구함으로써 설계 오류로 인한 손실 및 재해를 예방하고자 한다.

### 3. 연구내용

본 연구에서는 산업안전보건법과 고용노동부 고시, 관련 KS 표준에서 요구하는 각각의 안전에 관한 사항을 고려하여 전기도면을 설계하는 방안을 제시한다. 일반적으로 차단기, 전자접촉기, 부하의 순서로 설계를 하는 경우 다양한 안전상 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제를 예방하기 위해 부하의 특성 및 부하량을 먼저 파악한 후 차단기의 종류 및 정격용량 선택하고, 선택된 차단기의 정격용량 이상의 정격용량을 갖는 전장품을 선정함으로써 과부하, 누전 등에 관한 위험 발생 가능성을 차단한다. 또한 노이즈로 인한 오작동, 조작자의 조작 미숙 등으로 발생할 수 있는 위험을 최소화하는 제어회로 설계 적용방안을 확인한다.

### 4. 연구결과

가. 동력회로의 안전을 확보하기 위해서는 먼저 부하의 특성에 따라 차단기의 종류와 정격용량을 올바르게 선정하여야 하며, 차단기가 선정된 이후에 전장품을 선정할 때에는 부하량이 아닌 선정된 차단기에 따라 이루어져야 한다. 누전차단기와 접지선 등이 주요 전장품이 올바르게 선정되어야 여러 가지 사고의 위험을 미리 예방할 수 있다.

나. 제어회로의 안전을 확보하기 위해서는 제어용 절연 변압기를 통해 노이즈를 최소화 한 제어전원을 공급하여 의도치 않은 오작동을 방지하여야 한다. 비상 정지회로, 정지회로 및 동작회로 등을 올바르게 설계하여야 사고에 대한 2차 피해 예방은 물론, 사고 자체를 예방할 수 있다.

#### 5. 기대효과

가. 설계 오류로 인한 인적·물적 자원의 손실 예방 및 생산하는 기계·기구 등의 수명 연장을 통한 기업의 경쟁력 강화

나. 안전한 설계를 통한 근로자의 산업재해의 예방

#### 6. 중심어

안전, 전기도면 설계, 안전인증, 서면심사

연락처: 울산대학교 대학원 안전보건전문학과 박임규

TEL: 052-703-0738

E-mail: ls12th@kosha.or.kr

## <차 례>

I. 서론 .....	1
1. 연구목적 .....	1
2. 연구내용 및 방향 .....	2
3. 기대효과 .....	3
II. 본론 - 안전을 고려한 전기도면 설계 방안 .....	4
1. 동력회로 구축 시의 안전 확보 방안 .....	4
2. 제어회로 구축 시의 안전 확보 방안 .....	21
III. 결론 및 개선방안 .....	30
1. 결론 .....	30
2. 개선방안 .....	30
참고문헌 .....	32
Abstract .....	33

## <표 차례>

<표 1> .....	5
<표 2> .....	9
<표 3> .....	14
<표 4> .....	17
<표 5> .....	29
<표 6> .....	29

## <그림 차례>

<그림 1> .....	20
<그림 2> .....	24
<그림 3> .....	24

# I. 서론

## 1. 연구목적

안전한 전기도면 설계에 관한 법규나 표준은 관계부처 및 적용 범위에 따라 여러 가지가 존재하고 있으며 그 분량은 상당히 방대한 편이다. 그러나 기계·기구 등을 제작하기 위하여 전기도면을 작성하는 설계자들은 해당 법규나 표준의 존재에 대하여 들어보지 못한 경우 그러한 사항이 존재여부조차 파악하지 못한 채로 설계를 실시하고 있으며, 관련 법규나 표준의 존재를 알고 있다고 하더라도 법령 체계에 대한 지식이 없는 경우 설계자 스스로 관련 내용을 찾아보기조차 쉽지 않다. 만일 관련 내용을 제공받겠다고 하더라도 관련 내용들을 학습하고 적용하기까지는 상당한 시간과 시행착오를 거쳐야 하기 때문에, 그러한 과정에서 최근 주행 중인 자동차에 저절로 화재가 발생하는 것과 같이 설계 단계에서부터 위험성을 내재한 기계·기구 등이 제조되는 문제가 발생할 수 있다.

이에 기계·기구 등이 설계 단계에서부터 발생하는 오류로 인한 위험을 막기 위하여 산업안전보건법에서는 산업재해를 다발시키는 특정 기인물에 대하여 위험기계·기구로 정의하고 1991년부터 설계검사, 완성검사, 성능검사 및 정기검사 제도를 운영하여 왔으며, 2011년 이후로는 이를 보다 발전시킨 안전인증 제도를 운영하고 있다. 이에 따라 위험기계·기구 등은 반드시 안전 관련 법규 및 표준을 적용하여 설계를 진행하고 이에 대한 서면심사를 받은 후, 또다시 해당 도면대로 기계·기구를 제작하였는지에 대한 제품심사를 받도록 하는 등의 절차를 따르게 하여 안전한 기계·기구의 설계 및 제작을 유도하고 있다.

그러나 우리나라 제조업 사업장의 상당수는 중소기업(1)으로, 전기 관련 설계 및 제작 부분을 자체로 처리할 전담 인력이 없어 해당 공정을 외주 처리하는 경우가 많으며, 혹은 전담 인력이 있는 경우라고 하더라도 앞에서 언급한 바와 같이 설계자가 안전 관련 법규나 표준을 알고 기계·기구 등을 설계하는 경우는 많지 않다. 전기분야에 전담 인력이 있는 사업장의 경우에도 사업장에서 이전부터 사용된 방식의 설계를 답습하거나, 인증심사 등을 통하여 지적을 받는 부분만 그 때 그 때 수정하는 방식으로 기계·기구를 설계하는 사업장이 대부분이고 수정 원인을 제대로 파악하기 어려워 또다시 잘못된 설계가 반복되곤 한다.

이는 설계자가 안전인증 심사를 위하여 관련 법규나 표준을 학습하기를 원한다고 해도 상당한 설계 및 현장작업 경력을 갖추지 못한 경우에는 해당 내용을 이해하는 것 자체가 쉽지 않기 때문이다. 또한 관련 법규나 표준은 설계작업 등을 고려하여 순차적으로 작성한 것이 아니라, 단순히 각각의 주제에 따라 나열되어있기 때문에

1) 2017년 12월 현재, 산재보험에 가입된 국내 제조업 사업장 중 96.7%는 50인 미만 사업장이며, 60.2%는 5인 미만 사업장이다.

설계자 입장에서는 어디서부터 어떻게 관련 내용을 설계에 적용해야 하는지 막막할 수 있다.

그런데 국내에서는 제품 납기의 문제로 인하여 대부분의 사업장에서 설계가 진행되는 동안에 이미 부품 등에 대한 구매가 이루어지고, 설계가 완성될 즈음에는 이미 기계·기구의 제작이 상당부분 진행되는 경우가 종종 있다. 그래서 안전인증 서면심사 중 수정해야 할 사항이 발생하는 경우 사업장에서는 기 제작된 부분을 수정하는데 추가적인 시간과 돈이 들게 되며, 때로는 기계·기구 전반에 대하여 수정하는 경우가 발생하여 사업장 관계자나 인증심사원 모두 난처한 상황이 발생하기도 한다.

따라서, 이번 연구에서는 안전을 고려한 전기도면 설계방안을 제시함으로써, 전기도면 설계자들이 효율적으로 안전인증 제도에 적합한 설계를 할 수 있도록 하고, 설계 오류로 인한 기계·기구의 수정작업에 소요되는 인적·물적인 요인을 감소시키고 기계·기구의 수명을 늘림으로써 기업의 경쟁력을 높이며, 기계·기구의 안전성 확보를 통하여 이를 사용하는 근로자들의 산업재해예방에 기여하고자 한다.

## **2. 연구내용 및 방향**

### **1) 선행연구 검토**

안전을 고려한 전기도면 설계에 관한 선행연구는 이루어진 바 없으며, 전기설계 감리에 관한 연구로는 '전기설계·감리의 품질확보를 통한 전기안전확보방안 마련 연구(2012년, 송준서)', '감리제도 개선 및 발전방향에 관한 연구(전기분야)(2012년, 조재만)' 등이 있다.

### **2) 연구내용 및 방향**

전기도면 설계 시 적용하여야 하는 안전에 관한 법규나 표준 등은 상당히 다양한 편이다. 우선 관련 법규를 놓고 생각할 때, 산업통상자원부 소관의 전기사업법 제67조(기술기준) 및 동법 시행령 제43조(기술기준의 제정)에 따른 '산업통상자원부 고시 제2018-26호(전기설비기술기준)'가 대표적이다. 또한 고용노동부 소관의 산업안전보건법 제34조(안전인증) 및 동법 시행령 제28조(안전인증대상 기계·기구등)에 따른 '고용노동부 고시 제2016-29호(위험기계·기구 안전인증고시)' 및 '고용노동부 고시 제2016-46호(안전인증 대상 기계·기구등이 아닌 기계·기구등의 안전인증 규정)와, 산업안전보건법 시행규칙 중 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편(안전기준)제3장(전기로 인한 위험 방지)이 많이 적용되고 있다.

이번 연구에서는 산업안전보건법 제34조제2항 및 동법 시행령 제28조에 따른 위험 기계·기구와 산업안전보건법 제34조제4항에 따른 안전인증 대상 기계·기구등이 아닌 기계·기구에 적용하는 안전인증 서면심사 시 적용할 수 있는 범위의 안전을 고려하고자 한다. 이에 따라 앞에서 언급된 고용노동부 고시, 산업안전보건기준에 관한 규칙 및 해당 고시에서 주로 채용한 KS 표준인 KS C IEC 60204-1:2015(기계류의 안전성 - 기계의 전기장비 - 제1부: 일반 요구사항)의 내용을 분석하여 안전한 전기도면 설계 프로그램 구축에 필요한 사항을 연구하였다. 또한 동 KS 표준의 적용범위에 따라 정격 주파수 200Hz 이하의 교류 1,000V 또는 직류 1,500V 이하인 기계·기구 등에 한정하여 본 연구의 안전설계방향을 적용한다.

### 3) 연구내용

우선 부하에 따른 차단기의 선정과, 선정된 차단기에 따른 전선 및 주요 전장품의 선택으로 이어지는 순서 및 절차에 의한 동력회로의 안전확보 방안을 연구한다. 또 제어용 변압기, 제어용 접점과 코일 등의 설계를 통한 제어회로의 안전확보 방안을 연구한다.

### 3. 기대효과

이번 연구를 통하여 안전을 고려한 전기도면 설계 방안을 제시함에 따라 안전인증 대상 기계·기구를 설계하는 설계자들이 보다 효율적으로 관련 법령 및 표준을 이해하고 이에 따라 도면을 작성하게 될 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 설계 오류로 인하여 발생하는 인적·물적인 자원의 손실을 예방하고 생산하는 기계·기구 등의 수명이 연장됨으로써 기업의 경쟁력이 강화될 수 있을 것이며, 보다 안전이 확보된 설계과정을 통해 제작된 기계·기구를 사용함으로써 해당 근로자들의 산업재해 예방에 도움이 될 것으로 사료된다.

## II. 본론

### 1. 동력회로 구축 시의 안전 확보 방안

설계자가 전기도면을 작성할 때에는 차단기, 전자접촉기, 인버터, 부하 등의 순으로 도면을 그리는 것이 일반적이다. 따라서 부하의 종류에 따른 특성 및 부하량에 대한 검토 이전에 차단기의 종류 및 정격용량 등을 먼저 결정하기 때문에, 부하의 종류에 따른 안전성이 고려되지 않은 상태로 차단기가 설치되어 누전으로 인한 감전사고가 발생하거나, 부하량에 비하여 적절하지 않은 차단기가 설치됨으로써 전선이나 전장품의 절연이 파괴되어 화재가 발생하는 등 안전상에 문제가 발생할 수 있는 선택을 할 가능성이 있다. 따라서 안전한 회로 설계를 하기 위해서는 우선 설계자는 사용하는 부하를 먼저 도면에 표시한 후 부하량을 기재하고, 부하량에 적절한 정격용량을 갖춘 차단기를 선정하여야 하며, 부하의 종류 및 설치장소 등을 검토하여 누전차단기를 설치해야 하는가를 확인하여야 한다. 차단기의 종류 및 정격용량이 결정된 후에는 부하량이 아닌 차단기의 정격용량에 따라 동 차단기의 2차측에 설치될 전장품의 정격을 선택하는 순서로 설계하는 것이 바람직하다.

#### 가. 차단기의 선정

위와 같이 부하 혹은 다수의 부하들을 우선적으로 도면에 기재한 후 부하량 기재까지 마친 후에는 해당 부하에 대한 차단기의 종류를 선택하고 정격용량 등을 확인하여야 한다.

#### 1) 차단기 종류 선정

##### 가) 차단기의 종류

차단기의 종류는 여러 가지가 있으나, 안전인증 대상품에 주로 사용되는 차단기로는 누전차단기(ELB), 배선용차단기(MCCB), 회로보호기(CP), 퓨즈(FUSE) 등이 있다. 각각의 차단기의 용도는 조금씩 다르나 안전의 관점에서 가장 큰 차이점으로 구분하면, 누전에 대한 보호가 가능한 누전차단기와 그 외의 차단기들로 구분할 수 있다.

##### 나) 누전에 대한 보호

#### (1) 누전차단기 필수 설치대상 기계·기구

산업안전보건법 시행규칙인 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 '해당 시행규칙'

이라 한다) 제304조제1항의 각 호에서 요구하는 경우에는 반드시 누전차단기를 설치하여야 한다. 안전인증 대상 기계·기구 중 누전차단기를 설치하는 경우는 주로 수중 혹은 습윤장소에서 사용되는 모터류가 가장 많은 편이다.

누전차단기를 설치하여야 하는 장소<sup>2)</sup>

① 사업주는 다음 각 호의 전기 기계·기구에 대하여 누전에 의한 감전위험을 방지하기 위하여 해당 전로의 정격에 적합하고 감도가 양호하며 확실하게 작동하는 감전방지용 누전차단기를 설치하여야 한다.

1. 대지전압이 150볼트를 초과하는 이동형 또는 휴대형 전기기계·기구
2. 물 등 도전성이 높은 액체가 있는 습윤장소에서 사용하는 저압(750볼트 이하 직류전압이나 600볼트 이하의 교류전압을 말한다)용 전기기계·기구
3. 철판·철판 위 등 도전성이 높은 장소에서 사용하는 이동형 또는 휴대형 전기 기계·기구
4. 임시배선의 전로가 설치되는 장소에서 사용하는 이동형 또는 휴대형 전기 기계·기구

## (2) 누전차단기의 선정

### (가) 누전차단기의 정격감도전류와 작동시간

설계자가 누전차단기를 선택한 경우, 누전차단기의 정격감도전류 및 작동 시간을 선정하여야 한다. 산업용으로 주로 사용되는 누전차단기의 일반적인 정격감도전류 및 작동시간은 다음과 같다.

구분	정격감도전류	작동시간
고감도 고속형	15mA 이하	0.03초 이내
고감도 고속형	30mA 이하	0.03초 이내
중감도 중속형	100mA/200mA/500mA 이하	0.1초 이내

<표1> 산업용 누전차단기의 정격감도전류 및 작동시간

이 중 고감도 고속형을 선정하는 경우에는 두 경우 모두 문제가 되지 않으나, 중감도 중속형을 선정하는 경우에는 해당 시행규칙 제304조제5항제1호에 의하여 종종 문제가 발생하는 경우가 있다.

### (나) 부하의 정격전부하전류가 50암페어 미만인 경우

해당 시행규칙 제304조제5항제1호에 의하여 선택된 누전차단기가 보호해야 하는 부하 혹은 다수의 부하들의 정격전부하전류의 합이 50암페어 미만인 경우,

2) 해당 시행규칙 제304조(누전차단기에 의한 감전방지)제1항

누전차단기의 정격감도전류는 30밀리암페어 이하인 15밀리암페어 혹은 30밀리암페어 중에서만 선택하여야 하며, 이를 초과하는 값은 선택할 수 없다. 시중의 정격감도전류가 30밀리암페어 이하인 누전차단기의 작동시간은 대부분 0.03초 이내이므로 동 정격감도전류를 선택하는 경우 작동시간은 문제가 되지 않는다.

누전차단기의 정격감도전류 및 작동시간<sup>3)</sup>

⑤ 사업주는 제1항에 따라 설치한 누전차단기를 접속하는 경우에 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 전기기계·기구에 설치되어 있는 누전차단기는 정격감도전류가 30밀리암페어 이하이고 작동시간은 0.03초 이내일 것. 다만, 정격전부하전류가 50암페어 이상인 전기기계·기구에 접속되는 누전차단기는 오작동을 방지하기 위하여 정격감도전류는 200밀리암페어 이하로, 작동시간은 0.1초 이내로 할 수 있다.

(다) 정격전부하전류가 50암페어 이상인 경우

차단기의 정격용량 산정에서 언급하겠지만, 차단기의 정격차단전류를 선정하는 경우에는 부하전류의 합산값에 약간의 여유율을 두어 차단기의 오작동을 방지한다. 안전인증에 익숙한 설계자들조차 상기 내용과 누전차단기의 정격감도전류를 선정하기 위한 정격전부하전류와 혼동하여 실수로 잘못된 누전차단기를 선택하는 경우가 종종 발생한다.

예를 들어 습윤장소에 설치되는 단일 모터부하의 정격전부하전류가 40암페어라고 가정할 때, 이에 따른 누전차단기의 정격차단전류를 선정하는 경우에는 기동전류에 따른 차단기의 오작동을 방지하기 위하여 약간의 여유를 두고 정격차단전류를 선택하게 된다. 따라서, 50암페어에서 100암페어 가량의 정격차단전류를 가진 누전차단기를 선택하는 것이 일반적인데, 이 때 실제 부하의 정격전부하전류는 40암페어이더라도 선정한 누전차단기의 정격차단전류가 50암페어 이상이므로 정격감도전류를 200밀리암페어 이내로 상향하여 선정할 수 있다는 착오가 발생하는 것이다.

그러나 해당 시행규칙에서는 분명하게 ‘부하의 정격전부하전류가 50암페어 이상’으로 한정하고 있으므로 위와 같은 경우 누전차단기의 정격감도전류는 30밀리암페어 이하로 선정해야 한다. 즉, 설계자가 30밀리암페어를 초과하는 정격감도전류를 가진 누전차단기를 선정하기 위해서는 해당 누전차단기 2차측 부하량의 합이 50암페어 이상이 되는가를 확인하여야 하며, 부하량의 합이 50암페어 미만인 경우에는 반드시 30밀리암페어 이하의 정격감도전류를 가지는 누전차단기를 선정하여야 한다.

3) 해당 시행규칙 제304조(누전차단기에 의한 감전 방지)제5항

또한 정격전부하전류가 50암페어 이상인 경우라고 하더라도 관련 법조항에서는 정격감도전류 값을 200밀리암페어 이하로 한정하고 있다. 따라서 시중에 유통되는 누전차단기 중 버튼을 사용하여 정격감도전류를 100/200/500밀리암페어 중에서 선택할 수 있도록 제작된 경우 등에는 제작 현장에서 정격감도전류 설정 시 200밀리암페어를 초과하는 값을 설정하지 못하도록 설계자가 해당 누전차단기에 200밀리암페어 이하의 정격감도전류를 선정하여 표기하여야 한다.

(라) 해당 시행규칙 제304조제1항에 해당하지 않는 경우

간혹 법에서 정의하지 않는 상황에서, 히터 등이 설치되는 회로의 분기 차단기에 사용자 혹은 설계자의 판단에 의하여 누전차단기를 설치하는 경우가 존재한다. 이 경우에는 스스로의 판단에 의해 추가적인 안전 등을 확보하고자 누전차단기를 설치하는 것이므로, 정격감도전류의 선정에 제한을 두지 않을 수 있다.

2) 차단기의 정격용량 선정

가) 정격차단전류 선정

(1) 관련 고시 및 KS표준에 따른 정격차단전류

안전인증 시 고려하는 차단기의 정격용량은 모두 정격차단전류에 관한 부분이다. KS C IEC 60204-1 표준(이하 '해당 KS 표준' 이라 한다)에 따르면 정격차단전류 설정값은 가능한 한 낮게 선정하되, 예상 과전류에 적절한 것이어야 한다<sup>4)</sup>고 규정하고 있다. 정격차단전류의 값은 부하량에 근접할수록 안전하기 때문에 가능한 낮게 선정할 수 있도록 한 것이며, 그렇다고 지나치게 낮게 선정한다면 기동전류 등 기계·기구의 특성상 발생할 수 밖에 없는 일정량의 과부하에 의해서도 차단기가 작동하여 전원이 차단될 수 있기 때문이다.

그러므로 설계자는 차단기를 선정함에 있어서 산업통상자원부 고시 제2018-26호(전기설비기술기준)(이하 '전기설비기술기준' 이라 한다) 및 고용노동부 고시 제2016-29호(위험기계·기구 안전인증고시) 및 고용노동부 고시 제2016-46호(안전인증 대상 기계·기구등이 아닌 기계·기구등의 안전인증 규정)(이하 '안전인증 고시'라 한다)에 의하여 부하량의 250% 이내의 정격차단전류를 가지는 차단기로 선정하여야 한다. 단, 퓨즈의 경우에는 다른 종류의 차단기와 달리 과부하를 차단하는 과정에서 용단되면 부품을 교체하여야 하는 번거로움이 있으므로 부하량의 300% 이내로 선정한다.

4) 해당 KS표준 7.2.10

## (2) 안전을 고려한 정격차단전류 범위의 제한

전기설비기술기준 및 안전인증 고시만 참조하는 경우 부하량이 상당히 큰 경우에는 적용에 문제가 발생할 수 있다. 예를 들어 부하량이 100암페어 이상으로 큰 경우에는 250암페어의 정격차단전류를 가지는 차단기를 선정할 수 있으므로, 정상상태보다 150암페어를 초과하는 상당한 과전류가 흐르지 않는 경우 차단기는 동작하지 않을 것이지만 전기설비기술기준이나 안전인증 고시에 따른 기준상으로는 문제가 되지 않을 수 있다. 부하량이 커지면 커질수록 이 문제는 심각해질 수 있으므로 안전을 고려하여 부하량이 일정 수준 이상으로 큰 경우에는 관련 고시보다 엄격하게 범위를 제한하는 것이 보다 안전하다.

## (3) 현실을 고려한 정격차단전류 범위의 확대

또한 부하량이 매우 작은 경우에도 현실적인 적용에 문제가 발생한다. 부하량이 100밀리암페어 정도인 램프, 분전반 환풍설비 같은 경우에는 퓨즈를 제외한 차단기에서는 CP(회로보호기)만이 1,2암페어 수준의 정격차단전류를 가지고 있으며, 밀리암페어 단위는 특수 주문제작이 아니고서는 구할 수 없다. 또한 보다 쉽게 구할 수 있는 낮은 정격차단전류의 퓨즈를 사용한다고 해도, 통상 램프, 분전반 환풍설비 등의 부하는 그 수가 상당히 많기 때문에 각각의 부하에 일일이 퓨즈를 설치하는 것은 이론상으로는 맞으나 현실적으로는 쉽지 않은 선택이다.

## (4) 안전 및 현실을 고려한 정격차단전류의 범위 제안

따라서, 부하량의 합이 30암페어 이내로써 비교적 부하가 작은 경우에 해당하는 경우의 차단기는 부하량의 250% 이내의 정격차단전류를 가지는 차단기를 모두 선택할 수 있도록 허용하고, 부하량의 합이 30암페어 초과 70암페어 이내에 해당하는 차단기는 부하량의 200% 이내의 정격차단전류를 가지는 차단기를 선정하여야 한다. 부하량의 합이 70암페어를 초과하는 경우에는 부하량의 150% 이내의 정격차단전류를 가지는 차단기를 선택할 수 있도록 제한하여, 부하량의 합이 커짐에 따라 2차함수적으로 증가할 수 있는 부하량의 합과 선정된 차단기의 정격차단전류와의 간극이 지나치게 커지는 것을 방지하는 것이 바람직하다. 단, 부하량의 150% 이내의 정격차단전류를 가지는 차단기가 존재하지 않는 경우에는 존재하는 차상위 정격차단전류를 갖는 차단기를 선택하여야 한다.

또한 부하량이 1암페어 미만인 작은 용량의 부하에 대해서는, 현실적으로 퓨즈는 대체로 사용되지 않고 있으며 특수 주문제작하는 CP를 설치하기도 쉽지 않음을 고려하여, 부하의 합산 용량이 1암페어 이내인 경우에 한해 정격차단전류

1암페어의 CP에 함께 설치할 수 있도록 허용하는 것이 적절하다. 단, 전기설비 기술기준 및 안전인증 고시에 기술되어 있는 내용을 임의로 수정하여 적용할 수 없으므로 해당 KS 표준의 7.2.8. 에 기재된 다음의 경우를 모두 만족시키는 경우에 한하여 적용하도록 한다.

<p>과전류 보호 장치의 설치 위치)</p> <p>과전류 보호 장치는 피보호 도체가 전원과 연결되는 지점에 설치하여야 한다. 이것이 곤란하여 과전류 보호를 못할 경우에는 전원 도체의 허용 전류보다 작은 도체를 사용하여야 하며, 단락 사고의 확률은 다음 조건을 모두 만족시킴으로써 줄일 수 있다.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도체의 허용전류가 필요한 부하 전류 이상인 경우</li> <li>- 과전류 보호 장치에 접속된 도체 길이가 각각 3m 이하인 경우</li> <li>- 도체가 외함이나 덕트에 의해 보호된 경우</li> </ul>
---

이제까지 기술한 내용을 정리하면 <표2> 와 같다.

부하량	정격차단전류 범위	비고
1암페어 이내	CP 사용시 1암페어 (3가지 조건 모두 만족시)	개별적으로 부하량의 300% 이내 퓨즈사용을 우선 권장
1암페어 초과 30암페어 이내	부하량의 250% 이내	-
30암페어 초과 70암페어 이내	부하량의 200% 이내	-
70암페어 초과	부하량의 150% 이내	150% 이내에 해당하는 정격차단전류의 차단기가 없는 경우 차상위 차단기

<표2> 부하량에 따른 적정 정격차단전류의 범위

(5) 설계자의 필요에 의한 경우의 허용

설계자가 필요에 의하여 <표2>의 범위를 넘어서는 정격차단전류를 갖는 차단기를 선정하여야 하는 경우에는 전기설비기술기준 및 안전인증 고시에서 요구하는 부하량의 250% 이내(퓨즈는 300% 이내)의 차단기를 선택하되, 해당 KS 표준에서 요구하는 바와 같이 가능한 한 낮은 정격차단전류를 갖는 차단기를 선정하도록 한다.

나) 메인 차단기의 선정

(1) 전부하전류 선정

5) 해당 KS표준 7.2.8

메인 차단기 선정 시에는 대상 기계·기구에 포함되는 모든 부하의 전부하 전류가 고려되어야 한다. 일반적으로 간단한 기계·기구의 전부하전류에는 모든 부하의 전류값을 합산하여 산정하지만, 기계·기구에 따라서는 순차적으로 일부 구간이 정지된 이후 다음 구간의 회로가 작동하거나, 혹은 고장 시를 대비하여 일부분을 듀얼로 구성하는 등 모든 부하가 동시에 가동되지 않는 경우가 있다. 이 때에는 동시에 최대로 가동될 수 있는 부하만을 고려하여 전류값을 합산하는 것이 보다 안전하며 경제적이기 때문에, 메인 차단기 선정을 위한 전부하전류 산정 방식을 고려할 때 모든 부하전류를 합산하는 방식과 동시에 가동되는 모든 부하전류만을 합산하는 방식 중 하나를 선택하여야 한다. 단, 전원의 종류가 여러 가지인 경우(GPS, UPS<sup>6)</sup> 등), 전원 종류별로 각각 합산하여 메인 차단기의 정격차단전류를 선정한다.

#### (가) 모든 부하전류 합산 방식

설계자는 단순히 기계·기구에 사용되는 모든 부하의 정격부하전류를 합산함으로써 전부하전류를 파악할 수 있다.

#### (나) 동시에 가동되는 모든 부하전류 합산 방식

동시에 가동되는 모든 부하전류만 합산하는 방식에서는 설계자가 전부하전류 산정에서 제외할 부하를 선택하여 제외하되, 동시에 동작하지 않는 부하의 정격부하전류가 다른 경우에는 보다 큰 정격부하전류를 갖는 부하가 동작하는 경우를 고려하여 전부하전류를 산정하도록 한다. 예를 들어 A부하와 B부하의 정격부하전류가 각각 10암페어와 20암페어인 경우, 보다 큰 20암페어를 선택하여 전부하전류를 산정하여야 한다. 또한, 제외되도록 선택된 부하가 가동될 경우의 부하량이 그 상단에 설치된 차단기 정격에 적정한 지 분기차단기 선정 단계에서 검토하여야 한다.

### (2) 메인 차단기의 정격차단전류 선정

산정된 전부하전류 값에 따라 메인 차단기를 선정하되, 앞에서 언급한 차단기의 정격용량 선정 원칙에 따라 선정한다.

#### 다) 분기 차단기의 선정

앞에서 언급한 차단기 용량 선정 조건에 적합한 정격차단전류를 가지는 차단기를 설치하되, 해당 시행규칙에 따라 과전류 차단장치가 전기계통상에서

6) GPS : Generla Power Source, UPS : Uninterruptible Power Source)

상호 협조·보완되어 과전류를 효과적으로 차단될 수 있도록 검토하여야 한다. 예를 들어, 동시에 가동되는 모든 부하전류 합산 방식에서의 경우, 순차적인 동작을 위해 회로를 A와 B로 구분하여 A회로가 기동 시 부하전류가 30암페어이고 B회로 기동 시 부하전류가 20암페어인 경우에, A회로와 B회로가 동시에 기동되지 않으므로 A 와 B 통합회로 1차측에 정격차단전류 40암페어의 차단기 1개를 설치하여도 무방하다. 다만, B회로가 기동중인 경우 1차측 차단기의 정격차단전류는 B회로 부하의 200%에 해당하므로, 효과적인 과전류 차단을 위하여 40암페어의 차단기의 상단인 1차측에 존재하는 차단기는 정격차단전류 선정 시 부하량에 대한 여유율을 보다 줄일 수 있도록 하여 150% 이내로 한정하는 것이 바람직하다. 이런 방식으로 2차측의 차단기에 정격차단전류 선정시 부하량에 비해 여유율을 200% 이상 산정한 경우에는, 그 1차측에 차단기가 설치되어 있을 때 그 여유율을 150% 이내로 제한하여 차단기가 전기계통상에서 상호 협조·보완되도록 한다. 또한 한 분기회로에 2개의 부하가 설치되는 경우에는 그 부하량이 지나치게 차이가 발생해는 안된다. 예를들어 A모터와 B모터가 순차적으로 동작하는 경우에 A모터의 정격부하전류가 10암페어이고 B모터의 정격부하전류는 30 암페어라고 가정할 때, A모터만 가동하는 경우에는 25암페어(퓨즈의 경우 30암페어) 이내의 정격차단전류를 갖는 차단기를 선정하여야 하나 이러한 경우 B모터의 정상작동 시 차단기는 과부하로 인식하여 회로를 차단하게 된다. 마지막으로 3개 이상의 동시 동작하는 부하를 한 개의 차단기에 설치하고자 하는 경우에는 안전인증 고시에서 요구하는 차단기의 선정 최대치인 부하량의 250% 이내를 만족시킬 수 없으므로 동시 동작하는 부하는 한 개의 차단기에 최대 2개까지만 설치하여야 한다.

### 3) 차단기의 위치 선정

해당 KS 표준에 따라 차단기는 피보호 도체가 전원과 연결되는 지점에 설치하여야 한다. 즉 해당 차단기가 보호해야하는 부하 및 전장품의 1차측에 설치하여야 한다.

#### 가) 메인 차단기 위치 선정

##### (1) 누전차단기를 제외한 차단기를 선택하는 경우

메인 차단기 1차측에는 기본적으로 분전반 등 외부 전원만이 연결되어 있어야 한다. 단, 해당 KS 표준에 따라 유지보수·수리 중에 필요한 조명 회로나 유지보수용 도구·장비 접속용 플러그 등의 경우, 안전을 위하여 메인 차단기를 차단하고 작업하게 되면 작업 시 필요한 조도 및 전원을 공급받을 수 없게

7) 해당 시행규칙 제305조(과전류 차단장치)제3항

8) 해당 KS표준 7.2.8

되므로 메인 차단기의 1차측에 설치할 수 있다. 다만 이러한 경우에는 안전을 위하여 안전보건표지를 부착하고, 전선의 색상 등을 통해 해당 회로가 메인 차단기가 차단되어도 활선 상태임을 알리는 조치를 취하여야 한다. 그러므로 메인 차단기 1차측에 전원 이외의 분기회로가 존재하는 경우, 설계자는 해당 KS표준에 의하여 허가될 수 있는 경우인지를 확인하고 해당하는 회로의 전선 색상을 뒤에서 언급할 주황색으로만 사용하여야 한다.

**KS C IEC 60204-1:2015 5.3.5 적용 제외 회로<sup>9)</sup>**

다음의 회로는 전원 차단 장치에 의하여 차단할 필요가 없고, 자체 차단 장치로 차단하는 것을 권고한다.

- 유지 보수 또는 수리 중에 필요한 조명용 전기 회로
- 수리 또는 유지 보수용 도구 및 장비의 접속용 플러그/소켓 수구(예: 핸드 드릴, 시험 장비 등)
- 전원 공급 실패 시 자동 차단용으로만 사용하는 부족 전압 보호 회로
- 정상 작동을 위하여 항상 전원이 공급되어야 하는 선로[예: 온도 제어 측정 장치, 공정상(연속 작업 시)의 가열기, 프로그램 저장 장치]
- 연동 장치용 제어 회로

**(2) 누전차단기를 선택하는 경우**

해당 시행규칙에 의하여 누전차단기는 분기회로 또는 전기기계·기구마다 접속<sup>10)</sup> 하도록 되어있으므로, 메인 차단기에만 누전차단기를 사용하고 분기 차단기에는 그 이외의 차단기를 사용하는 것은 누전에 대한 대책이 될 수 없다. 따라서 누전차단기는 해당 시행규칙에 의하여 설치 대상에 해당되는 경우의 부하가 포함된 분기회로마다 설치하여야 한다. 단, 분기회로가 존재하지 않는 단순한 소형의 이동형·휴대형 전기기계·기구인 경우에는 누전차단기를 메인 차단기로 선정할 수 있다.

**나) 분기 차단기 위치 선정**

분기 차단기는 누전 차단기를 포함한 모든 종류의 차단기를 설치할 수 있으며, 앞에서 언급한대로 누전차단기가 설치되는 경우에는 해당 시행규칙 제304조 제1항에 해당하는 분기회로마다 각각 설치하여야 한다. 따라서 분기 차단기는 메인 차단기의 2차측 중 설계자가 필요하다고 판단하는 부분에 설치하되, 메인 차단기로부터 시작된 전선의 단면적이 줄어드는 구간이 나타나는 경우에는 메인 차단기의 정격차단전류가 단면적 축소 구간 2차측에 연결된 부하량의 250%를 초과하는지 여부를 확인하여, 초과하는 경우 반드시 해당 구간에 분기 차단기가 설치되어야 한다.

9) 해당 KS표준 5.3.5

10) 해당 시행규칙 제304조제5항제2호

#### 4) 차단기의 과전류 감지 범위 선정

##### 가) 3상 3선식, 3상 4선식 전원의 경우

해당 KS 표준에 의해, 차단기의 과전류 감지는 중성도치를 제외한 모든 상도체에 각각 조치<sup>11)</sup>하여야 한다. 즉, 3상 전원을 사용하는 기계·기구에는 3상 모두를 감지하는 차단기를 사용하여야 하며, 단상용 차단기를 사용하는 경우에는 모든 상의 과전류를 감지하지 못하므로 사용해서는 안된다. 따라서 3상 3선식, 혹은 3상 4선식 전원을 사용하는 3상 회로에는 단상용 차단기를 설치하지 못하도록 제한하여야 한다. 단, 3상 전원을 공급받는 기계·기구의 분기회로 중 부하의 특성상 단상 전원만을 사용하는 경우는 예외로 한다.

##### 나) 단상 전원의 경우

단상 전원의 경우에는 일반적으로 설계자가 단상용 차단기를 선정하여 사용하겠지만, 재고 소진 등의 이유로 인하여 3상용 차단기를 선택하여 설계한다고 하더라도 문제되지는 않는다.

#### 나. 전선의 선정

##### 1) 전선의 허용전류 선정

##### 가) 온도를 고려한 허용전류의 선정

설계자는 해당 KS 표준의 표6에 제시된 주위 온도 40℃의 정상 상태 조건하에서 PVC 절연 도체 및 케이블의 허용 전류 및 부속서D에 제시된 주위 공기 온도에 따른 보정 계수 등을 고려하여 전선의 허용전류를 보정하여야 한다.

##### 나) 부하량만을 고려한 전선의 허용전류값 선정

차단기와 부하를 연결하는 도체 및 케이블(이하 '전선'이라 한다)을 설계할 때, 단순히 전선의 허용전류값과 부하량을 비교하여 부하량보다 전선의 허용전류값이 큰 것으로 설계하면 안전하다고 생각하는 경우가 있다. 예를들어, 부하량이 30암페어인 경우 전선의 허용전류값을 40암페어가 되도록 선정하면 안전하다고 생각하는 것이다. 그러나 전선의 허용전류는 부하량만을 고려하여 선정할 경우, 과전류에 의해 문제가 발생할 가능성이 있다. 동일한 경우에서 부하량이 30암페어

11) 해당 KS표준 7.3.2

이기 때문에 차단기의 정격차단전류를 60암페어로 선정하였다면, 해당 회로에 과부하가 발생하여 50암페어의 전류가 흐르게 될 경우, 차단기는 정상동작 상태로 인식하여 차단하지 않기 때문에 전선이 소손되어 절연이 파괴되고 합선 등으로 인한 화재가 발생할 수 있다.

다) 차단기 용량에 따른 전선의 허용전류값 선정

따라서 전선의 허용전류값을 선정하는 경우에는 부하량이 아닌, 부하량에 의해 선정된 차단기의 정격차단전류에 의하여 선정하여야 한다. 차단기의 정격차단전류 이상으로 전선의 허용전류를 선정하는 경우, 차단기가 고장나지 않는 이상 전선이 과부하로 인하여 소손될 가능성은 없기 때문이다. 따라서 전선의 허용전류값을 선정하는 경우에는 해당 전선의 1차측에 위치한 차단기의 정격차단전류 이상의 허용전류값을 가지는 전선을 선정하여야 한다.

2) 접지선의 선정

접지선의 단면적이 충분하지 않은 경우, 낙뢰나 개폐 서지 발생 등으로 인한 기계·기구의 소손을 적절히 예방할 수 없거나 혹은 누전 등이 발생하는 경우 접촉하는 사람이 감전에 의해 피해를 입을 수 있다. 따라서 접지선의 단면적을 올바르게 선정하여 이를 예방하여야 한다.

가) 입력 전원에 설치하는 외부의 보호 구리도체의 최소 단면적 선정

해당 KS 표준 및 안전인증 고시에 의하여 전원용 상도체의 단면적이 16mm<sup>2</sup> 미만인 경우, 접지선의 굵기는 전원용 상도체와 동일하게 선정한다. 또한 전원용 상도체의 단면적이 16mm<sup>2</sup> 이상이면서 35mm<sup>2</sup> 미만인 경우, 접지선의 굵기는 16mm<sup>2</sup>으로 선정한다. 마지막으로 전원용 상도체의 단면적이 35mm<sup>2</sup> 이상인 경우, 접지선의 굵기는 전원용 상도체의 단면적의 절반 이상이 되도록 선정한다. 해당 내용을 표로 정리하면 다음과 같다.

전원용 상도체의 단면적 (Smm <sup>2</sup> )	외부의 보호 구리 도체의 최소 단면적 (Spmm <sup>2</sup> )
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S ≥ 35	S/2

<표3> 외부의 보호 구리 도체의 최소 단면적<sup>12)</sup>

나) 각 부하에 설치하는 접지선(등전위 본딩)의 최소 단면적 선정

12) 해당 KS표준 5.2

모든 부하에는 접지선이 설치되어야 하므로 각각의 부하를 검색하여 접지선이 설치되지 않은 부하가 존재하면 접지선을 설치하도록 한다.

#### (1) KS 표준에 따른 등전위 본딩

해당 KS 표준에 따라 보호 본딩 회로는 그 회로에 흐를 수 있는 지락 전류에 의하여 발생할 수 있는 최고 온도와 기계적 응력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다고 규정되어 있으나, 해당 내용을 수치화 하기에는 변수가 많은 관계로 매우 어렵다.

또한 해당 KS 표준에는 전기 장비 또는 기계류의 구조적인 부품의 전도도가 노출 도전부에 연결된 가장 작은 보호 접지 도체의 전도도 이하일 경우, 보완 본딩 도체가 제공되어야 하며, 이 보완 본딩 도체는 단면적이 적어도 해당 보호 접지 도체의 단면적 1/2이 되어야 한다<sup>13)</sup>.

#### (2) 통상 실시하는 등전위 본딩

따라서 두 번째 조건의 대우 명제를 고려하여, 보완 본딩 도체를 제공하지 않기 위해서는 전기 장비 또는 기계류의 구조적인 부품의 전도도가 노출 도전부에 연결된 가장 작은 보호 접지 도체의 전도도를 초과하면 된다. 이에 통상 안전 인증 시, 해당 표준에서 요구하는 내용과는 조금 다를 수 있지만 업무 효율성을 위해 등전위 본딩의 적정성을 검토하는 경우, 앞에서 언급한 외부 구리도체의 최소 단면적 선정과 동일한 기준을 적용하는 것이 일반적이다. 따라서 부하가 설치되어 있는 모든 접지선의 단면적을 선정하는 경우, 입력전원 및 등전위 본딩 모두 동력선의 단면적을 고려하여 접지선의 단면적을 선정하도록 한다.

### 다) 기타 접지선을 설치해야 하는 장소 확인 및 접지선 선정

#### (1) 산업안전보건법에 따른 접지 실시

해당 시행규칙 제302조(전기 기계·기구의 접지)제1항 각 호에 해당하는 경우에는 접지를 실시하여야 한다. 이 중 제1호(전기 기계·기구의 금속제 외함 등), 제4호(코드와 플러그를 접속하여 사용하는 일부의 전기 기계·기구), 및 제5호(수중펌프를 내부에 설치한 금속제 탱크 등)의 경우에는 설계 단계에서 접지 실시에 대한 확인을 하여야 하며, 나머지는 현장에 설치되어야 파악이 가능하므로 생략하도록 한다.

제1호에 따라 금속제 외함, 외피 및 철대에 접지를 실시하여야 하므로, 전기회로

13) 해당 KS표준 8.2.1

도면에는 표현이 불가능하지만 외관 및 분전반 등의 도면에는 접지 실시 위치를 기재하여야 한다. 제4호에 따라 안전인증 기계·기구 중 내부에 콘센트를 포함하는 경우 반드시 접지형을 사용하도록 하여야 하며, 제5호에 따라 수중펌프의 접지선이 해당 금속 탱크 등에 접속되도록 설계하여야 한다. 단, 금속제 외함 등 접지를 실시하여야 하는 장소가 부하가 아닌 경우에는 동력선이 존재하지 않으므로 예상되는 부하량에 맞는 동력선의 단면적을 고려하여 접지선을 선정하는 것이 바람직하다.

## (2) KS 표준에 따른 접지 실시

해당 KS 표준에 따라 기계의 작동에 영향을 줄 수 있는 절연 고장의 결과 및 민감한 전기 장비의 전기 교란 결과를 최소화하기 위한 기능 본딩을 실시<sup>14)</sup>하여야 한다. 이에 해당하는 전장품으로는 NCT(Noise Cut Transformer), NF(Noise Filter) 등이 있으며, 직접 부하는 아니지만 전기적인 노이즈 제거를 위하여 접지선을 설치하여야 하므로 해당 명칭 등을 검색하여 접지가 연결되어 있는지 확인한다. 기능 본딩의 경우에도 직접 부하가 아니기 때문에 접지선의 단면적을 따로 정의하지는 않으나, 안전인증에서는 통상 동력선의 단면적을 반영하거나, 제조사가 권고하는 접지선의 단면적을 따르도록 한다.

### 라) 보호 본딩 회로의 연속성 확인

보호 본딩 회로가 서로 연결되지 않는 경우가 발생하면, 전위차로 인하여 작업자의 감전 위험이 있다. 따라서 입력 전원에 설치하는 메인 접지단과 연결되어있지 않은 보호 본딩 회로가 존재하는지 확인하여야 한다.

### 마) 접지 용어 확인

각 전원 공급점에서 외부의 보호접지 도체용 단자는 “PE” 문자를 사용하도록 하고, 그 외의 접지에는 “E” 를 사용하여 구분하도록 한다. 관습에 따라 접지 용어를 “G” 를 사용하는 경우가 없는지 확인한다. 기능 접지는 별도로 “FE” 문자를 사용할 수 있으며, 예전에 사용하던 “TE”는 사용할 수 없다.

## 3) 전선의 색상 선정

안전한 유지보수 등을 위하여, 전선의 색상은 해당 KS 표준 및 안전인증고시에 적합하도록 선정되어야 한다. 색상은 도체 전체 길이에 대하여 적용하여야 한다.

---

14) 해당 KS표준 8.1

가) 회로 구분에 따른 전선의 색상

동력회로의 색상은 교류, 직류 모두 흑색이어야 한다. 단, 직류 동력회로 중 제어선과의 구분이 명확하지 않은 경우에는 직류 제어회로에 사용하는 청색을 허용할 수 있다. 제어회로의 색상은 교류의 경우 적색, 직류의 경우 청색을 사용하도록 한다. 접지선은 녹색과 황색이 7:3 이상 혼용되어 있는 전선을 사용하도록 하며, 둘 중 한 색상이 너무 적어 확인하기 어려운 전선은 사용하지 않도록 한다. 중선선이 사용되는 경우 밝은 청색을 사용하도록 하고, 파란색과 확실하게 구분하도록 한다. 또한, 메인 차단기를 차단해도 활선상태를 유지하는 해당 KS 표준 5.3.5에 의한 회로에는 반드시 주황색을 사용하여 감전사고가 발생하지 않도록 한다. 해당 내용을 표로 정리하면 다음과 같다.

구분	전선의 색상
(교류 및 직류) 동력회로	흑색
교류 제어회로	적색
직류 제어회로	청색
접지선	녹색, 황색 혼용
중성선	밝은 청색
메인 차단기 차단시 활선 회로	주황색

<표4> 회로 구분에 따른 전선의 색상

단, 사용자가 색상을 임의로 선택할 수 없는 다심 케이블 등의 경우에는 예외로 한다.

다. 주요 전장품의 선정

1) 전자접촉기의 선정

가) 전자접촉기 위치 선정

전자접촉기를 사용하는 경우에는 과전류 발생으로 인한 위험으로부터 해당 전자접촉기가 보호될 수 있는 위치에 설치하여야 한다. 따라서 전자접촉기를 설치하고자 하는 위치의 1차측에 차단기가 설치되어 있는지 확인한 후, 해당 차단기와 제어하고자 하는 부하 사이에 설치하도록 한다. 만일 부하 이외에도 전자접촉기로 제어하고자 하는 전장품이 있다면 마찬가지로 전자접촉기 2차측에 설치하고, 전자접촉기의 영향을 받지 않는 전장품이 있다면 전자접촉기의 1차측에 설치하되, 해당 구간에 설치된 차단기의 2차측에 위치하도록 한다.

## 나) 전자접촉기의 용량 선정

### (1) 차단기의 정격차단전류를 고려한 용량 선정

전선의 경우와 마찬가지로, 부하량만을 고려하여 전자접촉기의 용량을 선정하는 경우, 과부하 발생 시 차단기의 정격차단전류 미만인 과전류에 의하여 전자접촉기가 소손될 우려가 있으므로, 전자접촉기는 1차측에 설치된 차단기의 정격차단전류 이상의 정격용량을 갖는 것으로 선정하여야 한다.

### (2) 부하의 종류에 따른 용량 선정

전자접촉기의 정격용량은 부하의 특성에 따라서 AC1급 과 AC3급으로 구분한다. AC1급은 히터 등의 단순한 저항성 부하인 경우 적용하며, 용량성 및 유도성 부하에 사용되는 AC3에 비하여 정격용량이 크다. 따라서, 부하의 특성에 따라 히터 등 저항성 부하의 경우에는 AC1급 용량을 고려하고, 그 외 모터, 코일 등 용량성 및 유도성 부하의 경우 AC3급 용량을 고려하여야 한다. 또한 설계자가 정확한 판단이 어려운 경우에는 안전을 위하여 정격용량이 작아 보수적으로 설계할 수 있는 AC3급을 사용하도록 한다.

## 2) 노이즈필터의 선정

노이즈 필터는 주로 전자파 등의 노이즈가 많이 발생하는 인버터, 서보모터 등의 부하가 설치되는 회로에 설치하도록 안내하며, 해당 분기 회로 차단기의 2차측 이면서, 노이즈 발생 전장품의 1차측에 설치한다. 노이즈필터의 용량은 해당 회로 분기 차단기의 정격차단전류 이상으로 설치하여 소손을 방지한다.

## 3) 회로 보호용 장치의 선정

### 가) 전동기의 과부하 보호

해당 KS 표준에 의하여, 정격 출력이 0.5kW 이상인 각각의 전동기에는 과부하로 인한 소손 등을 보호할 수 있는 별도의 조치가 있어야 한다.<sup>15)</sup>

#### (1) 과부하 보호

차단기의 과전류 감지와 마찬가지로, 과부하 또한 중성 도체를 제외한 모든 상도체를 각각 감지하도록 조치하여야 한다. 따라서 3상 3선식 및 3상 4선식의 전원을 사용하는 경우 3상 모두에 과부하 보호를 하여야 한다. 과부하 보호로

15) 해당 KS표준 7.3.1

전원을 차단하는 경우, 개폐 장치는 중성 도체를 제외한 모든 상도체를 차단하도록 구성하여야 한다.<sup>16)</sup> 단, 단상이나 직류 전동기 등의 경우에는 한 개의 접지되지 않은 상도체에만 감지하도록 설치할 수 있다.

## (2) 과열 보호

전동기에 과부하 보호장치를 선정하는 단계에서, 전동기 사용환경이 먼지가 많을 것으로 예상되는 등 냉각이 불량한 환경에는 과열 보호장치를 설치하는 것이 유용하다. 또한 토크 전동기, 기계적 과부하 보호장치 등을 가진 전동기 등 설계자가 과부하 발생 우려가 없다고 판단하는 경우, 과부하 보호를 생략할 수 있으나 가급적 과열 보호장치를 설치하는 것이 바람직하다.

## (3) 전류 제한 보호

전류 제한 보호장치를 설치하는 경우, 설계자가 전류 제한 설정치를 도면에 기재하여, 제작현장에서 전류 제한 설정치를 임의로 선정함에 따른 오류를 방지할 수 있도록 한다.

## (4) 과부하 감지 시 부하를 정지시키는 것이 보다 위험한 경우의 조치

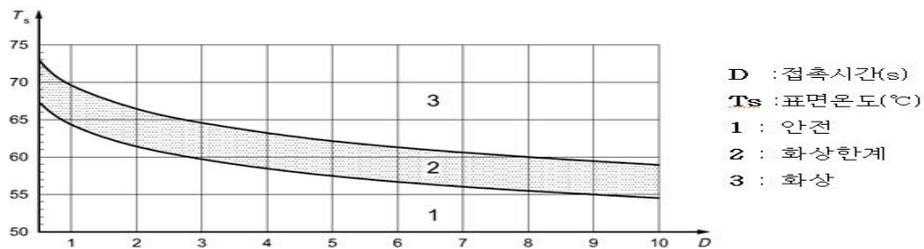
일부 설비의 경우에는 과부하가 발생하더라도, 과부하를 막기 위하여 전동기의 작동을 정지시키는 것이 과부하 자체보다 더 위험한 경우가 존재한다. 예를 들면, 소방 펌프의 경우 과부하가 발생한다고 해도 소화가 지연되어 화재가 확산되는 것이 더 위험하며, 국소배기장치의 경우 과부하가 발생한다고 해도 유해·위험물질이 배출되지 않아 근로자가 해당 유해·위험물질에 노출되는 것이 더 위험하다. 이렇게 과부하 감지시에도 해당 부하가 자동정지 되어서는 안되는 경우, 과부하 감지는 조작자가 인지할 수 있는 경고 신호(청각, 시각 등)를 발생시키는 회로를 구성하여 해당 작업자의 판단에 의해 과부하를 수동으로 처리할 수 있도록 하여야 한다.

### 나) 이상온도의 보호

냉각 매체의 손실 등으로 인한 비정상적인 온도 상승으로 위험한 상황이 초래될 수 있는 저항 가열 회로, 혹은 비정상적인 온도 하강으로 위험한 상황이 초래될 수 있는 산업용 냉각기 등에는 온도 감시 장치를 설치하여야 한다. 이 때 온도 감시 설정값을 설계자가 도면에 기재하도록 하여 제작현장에서의 임의 설정에 의한 오류를 방지하도록 하며, 온도 감시 설정값이 정상 사용 온도에 비하여 과다하게 높거나 낮지 않도록 적정한 범위(20℃ 이내)로 설정하도록 한다.

16) 해당 KS표준 7.3.2

또한, 장비의 유지·보수 시 작업자가 장비의 고온 및 저온부에 노출되지 않도록 히터, 냉각기 등 장비의 내부에는 온도 감시장치를 설치하여야 한다. 히터의 경우 근로자가 고온부에 실수로 접촉한다고 하더라도 다음의 그림과 같이 안전 인증 고시에 따른 공통기술기준에서 요구하는 짧은 시간(2~4초) 이내에 고온부로부터 떨어지는 경우 화상을 입지 않을 수 있을만한 온도로 냉각(60℃이하)된 후, 또 냉각기의 경우에는 동상에 걸리지 않을 수 있을만한 온도로 가열(-10℃ 이상)된 이후에 유지·보수 작업을 진행할 수 있도록 인터록 장치를 설치하여야 한다. 이러한 설계가 불가능한 경우, 작업자가 방열 장갑 등을 착용하고 작업하도록 사용설명서에 기재하여야 한다.



코팅되지 않은 금속에 피부접촉시의 화상한계 범위

<그림1> 코팅되지 않은 금속에 피부접촉시 화상한계 범위<sup>17)</sup>

#### 다) 과속 및 과주행의 보호

전동기의 과속에 의하여 주변에서 작업하는 근로자 등에 위험이 발생할 우려가 있는 경우를 대비하여, 1kW 이상의 부하량을 갖는 전동기 등을 사용하는 경우, 과속 보호 장치(원심 분리 스위치, 속도 제한 감시기 등)가 필요할 수 있다. 단, 서보 모터를 사용하거나, 모터 전용 드라이버, 인버터 등을 통하여 과속을 제한할 수 있는 경우는 과속 보호 장치를 생략할 수 있다. 기계·기구의 주행과 관련된 전동기의 경우, 과주행으로 인한 경로이탈 등으로 발생하는 위험을 막기 위하여 위치 감지 센서, 리미트 스위치 등을 설치하여야 한다.

#### 라) 뇌 및 개폐 서지로 인한 과전압 보호

설계자가 뇌 및 개폐 서지로 인한 과전압의 영향으로부터 기계·기구를 보호하기 위해 과전압 억제용 장치(Surge Protective Device 등)를 선정하는 경우, 해당 표준에서 요구하는 위치에 설치하여야 한다. 뇌로부터의 보호를 위한 경우에는 메인 차단기의 인입 단자에 접속하고, 개폐 서지로 인한 보호를 위한 경우에는 필요한 모든 장비의 단자 사이에 접속<sup>18)</sup>하도록 한다.

17) 안전인증 고시 중 공통기술기준(S2-G-2) 3. 기계류의 접촉 표면온도에 관한 기술기준

18) 해당 KS표준 7.9

## 2. 제어회로 구축 시의 안전 확보 방안

### 가. 절연 변압기를 통한 전원의 공급

기계·기구에는 실제로 해당 기계·기구가 전원에 의하여 구동될 수 있도록 구성된 동력 회로와 함께, 해당 기계·기구의 구동을 설계자, 사용자 등이 원하는 방식으로 통제할 수 있도록 구성하는 제어회로가 필요할 수 있다. 단지 플러그 등을 꽂는 방식으로 전원을 공급하면 즉시 동작하고, 플러그 등을 뽑아 전원을 분리시키면 정지하는 방식의 기계·기구가 아니라면 제어회로를 구성함으로써 원하는 때에 원하는 만큼 여러 가지 방식으로 기계·기구를 통제하는 것이 필요하다. 이를 통해 기계·기구의 활용도를 높이고 효율적으로 사용하며 안전을 도모하는 등, 제어회로는 설계자, 사용자 등의 의도대로 기계·기구를 통제하기 위하여 구성된다.

그러나 간혹 제어회로를 통한 작동이 사용자 등의 의도대로 이루어지지 않고 오류를 일으키거나 오동작을 하는 경우가 발생하기도 한다. 이는 동력회로의 구성을 위하여 설치된 전장품 중 차단기, 전자접촉기, 릴레이 등의 접점의 개폐에 따라 발생될 수 있는 개폐 서지 때문이거나, 인버터, 서보 모터, 플라즈마 발생장치와 같이 고주파 등의 전자파를 유발시키는 전장품, 또 기계·기구의 내·외부부터 뇌 혹은 버스트(burst) 등의 노이즈가 발생하여 제어회로에 영향을 주기 때문이다.

따라서 제어회로는 해당 KS 표준에 따라 오동작 등을 방지하기 위하여 분리된 권선 방식의 변압기(절연 변압기)에 의해 전원이 공급되어야 한다.<sup>19)</sup> 이는 동력회로를 통해 흐르는, 제어회로에 영향을 줄 수 있는 노이즈 등이 분리된 권선 방식의 변압기로 인하여 직접 회로를 통해 제어회로로 흘러 들어갈 수 없게 하기 위함이다. 그러므로 제어회로의 전원 측에는 절연 변압기를 설치하여야 한다.

#### 1) 절연 변압기가 설치되지 않은 경우

제어회로가 시작되는 분기회로의 차단기 2차측에 변압기를 설치하되 제어전원의 종류에 따라 교류제어회로에는 교류/교류 변압기를, 직류제어회로에는 교류/직류 변압기를 선택한 후 해당 변압기의 정격용량을 선정한다.

#### 2) 절연 변압기의 설치

##### 가) 교류제어회로의 경우

교류제어회로를 구성하는 단계에서, 동력회로의 전압과 제어회로의 전압이 동일하다면 안전인증에 익숙하지 않은 설계자들은 변압기를 사용할 생각을 하지

19) 해당 KS표준 9.1.1

못하는 경우가 많다. 통상 변압기는 용어 그대로 전압을 변동시키는 경우에 사용하기 때문에, 동력회로와 제어회로를 동일한 전압으로 구성하는 경우에는 변압기를 사용하지 않아도 된다고 생각하여 절연 변압기를 제외하는 경우가 안전인증제도 시행 초기에 상당히 많이 발생하였다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 제어회로에 변압기를 사용하는 주 목적은 전압을 변경하는 것이 아니라 오작동을 일으킬 수 있는 노이즈를 제거하는 것이기 때문에, 동력회로와 제어회로를 같은 전압으로 사용하도록 회로를 구성하는 경우에도 절연 변압기는 반드시 설치하여야 한다.

해당 KS 표준에서는 제어회로 구성을 위해 변압기를 사용하는 경우 변압기 2차측의 공칭전압이 277V를 초과하지 않도록 제한<sup>20)</sup>하고 있으나, 안전인증 고시의 안전인증 대상 기계·기구는 제어전압과 조작전압을 구분하여 제한하고 있다. 제어전압의 경우 해당 KS 표준에서와 같이 277V를 초과하지 않도록 규정하고 있으나, 조작전압의 경우 조작회로의 누전으로 인한 조작자의 감전 보호 등을 위하여 교류전압 시에는 대지전압 150V 이하, 직류전압 시에는 대지전압 300V 이하<sup>21)</sup>로 보다 엄격하게 제한하고 있다. 따라서 설계자는 교류제어회로의 변압기 2차측 전압을 결정할 때 산업안전보건법 시행령 제28조(안전인증대상 기계·기구등) 제1항제1호에서 정하는 프레스, 크레인 리프트 등 11종의 위험기계·기구에 해당하는 경우에 대해서는 변압기 2차측 전압을 150V 이하로 적용하여야 하며, 그 외의 기계·기구의 경우에는 277V 이하로 적용하여야 한다.

<p>안전인증대상 기계·기구 및 설비<sup>22)</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>가. 프레스</li> <li>나. 전단기 및 절곡기</li> <li>다. 크레인</li> <li>라. 리프트</li> <li>마. 압력용기</li> <li>바. 롤러기</li> <li>사. 사출성형기</li> <li>아. 고소작업대</li> <li>자. 곤돌라</li> <li>차. 기계톱(이동식만 해당한다)</li> </ul>
---

나) 직류제어회로의 경우

직류제어회로의 경우에는 변압기를 사용하지 않을 방법이 없기 때문에 절연 변압기가 누락되는 경우가 없으며, 제어를 위한 2차측 전압이 277V를 초과하는

20) 해당 KS표준 9.1.2  
 21) 안전인증고시 별표 중 제어회로 및 제어기능  
 22) 산업안전보건법 시행령 제28조(안전인증대상 기계·기구 등)

경우도 일반적으로는 발생하지 않는다. 따라서 설계자는 Power Supply, SMPS(Switching Mode Power Supply) 등의 교류/직류 변압기를 사용하여 회로를 구성하는 경우 2차측 전압이 277V 이하인지 확인하여야 한다.

#### 다) 변압기의 과부하 보호

위와 같이 변압기를 설치한 경우, 변압기 1차측에 차단기 설치 여부를 확인하여야 하며, 변압기의 용량과 회로의 전압을 통해 차단기의 정격용량 선정이 적절한지 확인하여 과부하를 보호하여야 한다.

### 2) 제어용 절연 변압기 2차측 회로 구성

#### 가) 지락사고 보호용 회로 구성

제어용 변압기의 2차측의 최상단에는 제어회로에서 발생하는 과전류를 차단할 수 있도록 차단기를 설치하여야 하며, 차단기 설치 방식은 지락사고의 방지 등을 위하여 다음과 같이 구분될 수 있다.

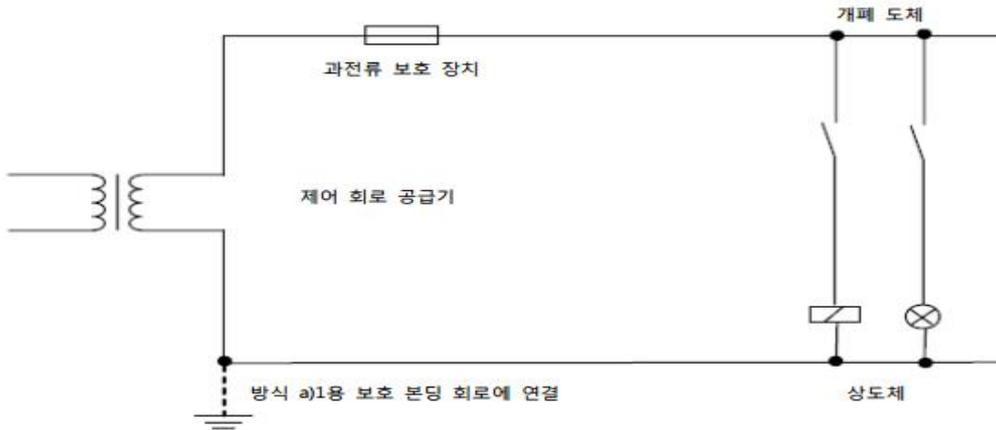
##### (1) 절연 변압기에 의해 전원이 공급되는 제어회로

제어용 변압기의 한 상에는 차단기를 설치하고, 다른 한 상에는 차단기의 설치 없이 보호본딩 회로에 연결한다. 이 때 차단기의 2차측에는 조작을 위한 모든 접점회로(작동, 정지, 비상정지 등)가 위치하여야 하며, 조작을 위한 접점회로의 2차측과 보호 본딩 회로에 연결된 접지선 사이에 코일 또는 장치의 한 단자가 위치하여야 한다. 이를 통해 제어회로에서 지락사고 발생 시 보호 본딩 회로에 연결된 접지선을 통해 폐회로가 구성되고, 정격 차단 전류 이상의 과전류로 인하여 차단기가 작동함으로써 화재 등을 예방할 수 있다. 단, 지락 사고가 발생하는 경우 자동으로 회로를 차단하는 장치를 별도로 설치하는 경우에는 보호 본딩에 연결되는 접지선을 생략할 수 있다.

교류제어회로의 경우 두 개의 상 중 어떤 상에 차단기를 설치하는지 여부는 문제가 되지 않으나, 직류제어회로의 경우 차단기는 반드시 P상(0V가 아닌 직류전압이 인가되는 상) 측에 설치되어야 하고, 보호 본딩 회로에 연결되는 접지선은 N상(0V) 측에 연결되도록 회로를 구성하여야 한다.

만일 <그림2>와 같은 회로에서 개폐 도체 측에 설치된 조작을 위한 접점회로가 동작을 명령하는 Power on 신호라고 가정하고 2차측의 코일이 여자되면 전자접촉기가 폐로됨으로써 모터가 동작한다고 할 때, P상에 조작을 위한 접점회로가 연결되는 경우 회로 중간에 지락이 발생하여도 즉시 차단기가 작동하여 과전류를 차단하고 사용자가 의도치 않은 동작이 발생하지 않는다.

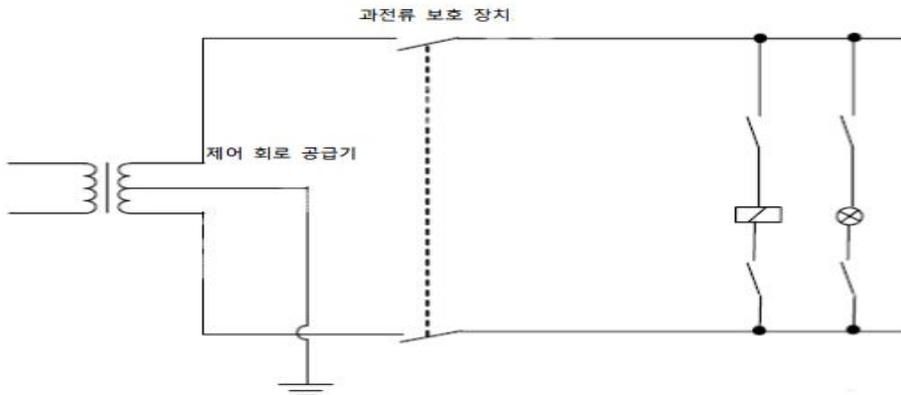
그러나 P상 측에 코일이 연결되고 N상 측에 조작을 위한 접점 회로가 연결되는 경우에, 코일과 조작 접점 회로 사이에서 지락이 발생하면 코일이 여자되고 지락에 의하여 보호 본딩 회로로 폐회로가 구성됨으로써, 사용자가 조작을 하지 않은 상태에서 모터가 동작될 수 있게 된다. 따라서 직류제어회로에서는 반드시 P상 측에 조작을 위한 접점회로가 설치되고, N상 측에 보호본딩회로가 연결되는지를 확인하여야 한다.



<그림2> 제어용 절연 변압기에 의해 전원이 공급되는 회로23)

(2) 중앙 탭 권선이 있는 절연 변압기에 의해 전원이 공급되는 제어회로

필요에 따라 <그림3>과 같이 중앙 탭 권선이 있는 절연 변압기에서 전원을 공급받고 과전류 보호장치를 모든 상에 설치하는 방식으로 제어회로를 구성할 수 있다. 이 경우에는 해당 중앙 탭이 보호 본딩 회로에 연결되도록 접지를 실시하여야 한다. 그러나 만일 한 구간에서 지락사고가 발생하는 경우 코일에 50%의 전압을 남겨둘 수 있으므로 기계를 정지시킬 수 없게 될 수 있다. 따라서 설계자가 특별히 원하는 경우가 아니라면 가급적 첫 번째 방식으로 제어회로를 구성하는 것이 바람직하다.



<그림3> 중앙 탭 권선이 있는 절연 변압기에 의해 전원이 공급되는 제어회로24)

23) 해당 KS표준 9.4.3.1

## 나. 제어 회로의 설계

### 1) 정지 회로의 설계

#### 가) 정지의 구분

정지방식은 해당 KS 표준에 의하여 다음의 3가지 방식으로 구분할 수 있다.

#### (1) 분류 0

액추에이터 전원의 즉각적인 차단에 의한 비제어 정지 방식으로, 비상정지장치가 작동하는 순간 직접적인 회로 개방을 통해 즉시 기계·기구에 설정된 범위의 전원을 차단한다.

#### (2) 분류 1

액추에이터에 전원이 공급된 상태에서 기계·기구가 정지한 이후에 전원이 차단되는 제어 정지 방식으로, 비상정지장치를 작동하는 순간 즉시 정지를 하는 것이 기계·기구의 관성 등으로 인하여 보다 위험한 상황을 발생할 수 있는 경우에 적용한다.

#### (3) 분류 2

액추에이터에 전원이 인가된 상태에서의 제어 정지 방식으로, 다른 정지방식과는 다르게 전원이 차단되는 것이 아니므로 제어 신호 등에 의하여 언제든지 재기동이 가능하다.

## 나) 비상정지 회로의 설계

### (1) 비상정지에 사용할 수 있는 정지 방식

위에서 구분한 정지의 방식 중 비상정지에는 기본적으로 '분류 0' 방식을 사용하여야 하며, 고속으로 이동하는 설비이거나 중량이 커서 즉각적인 전원 차단이 추가적인 위험을 초래할 수 있는 경우에는 '분류 1' 방식을 사용할 수 있다. '분류 2' 방식을 적용할 경우 의도하지 않은 재기동이나, 제어 오류 등에 의하여 심각한 피해가 발생할 수 있으므로 사용할 수 없다. 따라서, 설계자는 비상정지 접점이 개방됨으로 인하여 직접 코일에 흐르는 여자전류가 차단되도록 구성하는

---

24) 해당 KS표준 9.4.3.1

것을 확인하여야 한다. 만일 그렇지 않은 경우에는 즉각적인 전원 차단이 위험한 경우인지를 확인하여 우선 기계·기구를 정지시킨 후 코일에 흐르는 여자전류를 차단하도록 회로를 구성하여야 하며, 코일이 여자된 상태에서 제어정지를 하는 것은 허용되지 않는다.

단, 산안법 제34조제4항에 의한 안전인증 대상 기계·기구등이 아닌 기계·기구에 적용하는 안전인증에서는 ISO 61508 표준에 따른 PLe 등급 혹은 IEC 62061 표준에 따른 SIL3 및 SIL4 등급임을 확인한, 신뢰성이 충분히 확보된 Safety PLC 혹은 Safety Relay Module 등을 사용하는 경우에 한하여 제어정지방식을 허용하고 있다. 이는 해당 제어방식의 오류 가능성이 극히 적으며, 여러 안전장치를 통해 구동부 코일의 여자전류를 차단하는 것과 마찬가지로 안전성을 확보했다고 판단하는 것이므로 '분류 2' 방식이라고 하더라도 제한적으로 허용할 수 있다.

## (2) 비상정지 회로의 접점 구성

비상정지장치는 반드시 b접점(normal close)을 사용하여 액추에이터 전원을 차단하도록 회로를 구성하여야 한다. 이를 통하여 만일 비상정지용 접점에 용착이 발생하는 경우에도 기계적인 강제성에 의하여 의도한대로 코일의 여자전류를 차단하여야 한다. 다만, 비상정지용 접점이 PLC의 I/O 신호로 연결되어 알람 및 경광등과 같이 식별용으로 사용되는 경우, 기계·기구를 정지시키기 위하여 제어회로를 차단하는 경우가 아니라 단순히 비상정지장치의 동작 여부를 알려주기 위함이므로 a접점(normal open)을 사용할 수 있다.

## (3) 비상정지장치 작동 시 정지 범위

비상정지장치를 작동한 경우 기본적으로는 안전을 위하여 가능한 모든 기능 및 작동을 무효화하여야 한다. 따라서 모든 설계가 완료된 이후에는, 비상정지장치 작동 시에도 전원이 차단되지 않는 모터, 히터 등의 부하가 없는지 확인하여야 한다. 만일 기계·기구의 특성상 여러 공정의 장비가 복잡하게 결합되어 있는 등 모든 작동을 동시에 무효화시키는 것이 현실적으로 어려운 경우, 설계자가 안전성을 충분히 고려하여 비상정지장치의 기능 및 작동 무효화 구간을 구분하여 일부만 비상정지 되도록 하는 것을 고려할 수 있으나 이 경우에는 각 비상정지장치의 작동 범위를 명확하게 구분할 수 있도록 설계도면에 표시하고, 현장 작업자가 착오를 일으키지 않도록 설치단계에서 명확히 식별조치를 하여야 한다. 또한 작업자가 위험발생구간 근처의 비상정지장치를 작동시켰을 때 위험한 동작이 무효화되지 않을 가능성을 막기 위하여 한 기계·기구에 3구간을 초과하여 비상정지장치 작동 범위를 구분하는 등 지나치게 국소구간으로 구분하는 것은 제한하여야 한다.

#### (4) 비상정지의 복귀

비상정지장치가 작동되어 있는 상태에서는 운전신호가 입력될 수 없도록 비상정지 접점과 구동을 위한 접점을 직렬로 구성하고, 비상정지장치를 복귀하는 것만으로 기계·기구가 재기동되지 않도록 비상정지 접점이 운전 신호의 자기유지 회로를 차단하도록 구성하여야 한다. 비상정지장치가 다수 설치되어 있는 경우, 작동된 모든 비상정지장치가 복귀되기 전에는 기계·기구가 동작할 수 없도록 한다. 리셋버튼을 사용하는 경우에는 비상정지장치를 복귀한 후 별도로 리셋신호가 입력된 이후에만 운전 신호가 입력될 수 있도록 회로를 구성한다. 리셋버튼을 누르는 것만으로 기계·기구가 동작되지 않도록 리셋버튼과 운전버튼을 동일한 버튼으로 사용하여서는 안되며, 별도의 버튼을 사용하도록 구성하여야 한다.

#### 다) 정지회로의 설계

정지 회로도 비상정지회로와 마찬가지로 b접점을 사용하여 회로를 구성하여야 한다. 다만 비상정지와 달리 만일 전원을 차단할 필요는 없으므로 정지의 3가지 분류 중 모든 방식을 사용할 수 있다. 만일 정지신호와 운전신호가 동시에 입력되는 경우에는 정지신호가 우선하도록 두 신호를 직렬로 설계한다.

### 2) 동작 회로의 설계

#### 가) 서로 다른 방향 신호 입력 시

작동을 위한 버튼 중 서로 다른 방향이 동시에 입력되는 경우 선입력 우선 혹은 후입력 우선 등의 방식을 택할 수도 있으나, 안전을 위하여 모든 동작이 정지 되도록 설계하는 것이 가장 바람직하다. 만일 서로 다른 방향이 동시가 아닌 순차적으로 입력된 경우에도 가급적 정지되도록 설계하는 것을 권장한다. 다만, 설계자의 의도에 따라 선입력 우선 혹은 후입력 우선을 사용할 수 있도록 하되, 사용 시에는 사용설명서 등에 해당 내용을 기재하여야 한다.

#### 나) 조작장치가 다수 설치된 경우

조작을 위한 장치가 2개소 이상 설치되어 있는 경우에는 각 장치가 동시에 작동하지 못하도록 제한하는 장치(키 스위치, 비밀번호 등)를 사용하여야 한다(단, 안전을 위하여 비상정지 및 정지버튼은 모든 조작장치에서 사용할 수 있도록 한다). 일단 하나의 조작 장치가 선택된 경우에는 해당 조작장치에 일정시간(1분 이상) 입력이 없는 경우 혹은 사용자가 해당 조작 장치를 비활성화 조치하는 경우 등 조작이 끝났음을 확인할 수 있는 경우에 한하여 다른 조작장치를 선택하여 사용할 수 있도록 한다. 하나의 조작장치가 활성화 된 상태에서는 다른 조작장치에서

기 활성화 되어있는 조작장치의 비활성화가 불가능하도록 하여야 한다. 따라서 활성화 된 조작장치의 비활성화는 기 활성화 된 조작장치에서만 가능하도록 한다. 하나의 조작장치가 활성화 된 경우에는 표시등, 터치스크린 메시지 등을 통해 활성화 된 조작장치에 대해 확인이 가능할 수 있도록 한다. 키 스위치 등 모드 선택 스위치를 사용하는 경우, 모드 선택 스위치의 조작만으로 기계·기구가 작동되지 못하도록 하고, 별도의 동작 신호가 입력된 후 작동할 수 있도록 한다. 만일 휴대용 팬던트 등이 사용되는 경우에는 비상정지장치가 부착된 휴대용 팬던트를 사용하여야 하고, 휴대용 팬던트가 사용되는 동안에는 다른 조작장치를 통한 동작이 불가능하여야 한다.

#### 다) 안전장치를 일시적으로 해제하는 경우

유지·보수 혹은 교시(teaching) 등을 목적으로 일부 안전장치를 해지한 상태로 기계를 작동시킬 필요가 있는 경우에는 권한이 있는 작업자만 안전장치를 해지할 수 있도록 할 수 있는 장치(키 스위치, 비밀번호 등)를 사용하도록 설계하고, 조그 버튼, 셀렉트 스위치 등 상시 설치되어 누구나 사용할 수 있는 장치는 사용할 수 없도록 안내한다. 키 스위치를 사용하는 경우에는 교시 모드에서 키가 뽑힐 수 있도록 하여, 작업자가 해당 키를 뽑아 소지한 상태로 교시작업을 진행함을 통해 다른 작업자가 정상 동작 모드로 변경함으로써 인하여 발생할 수 있는 사고를 예방할 수 있도록 한다. 비밀번호를 사용하여 권한이 있는 작업자를 확인하는 경우 일정 시간(30분 이내)이 지난 후에는 자동으로 권한이 해제되도록 설계하여, 이후에 권한이 없는 작업자가 안전장치를 해지할 수 있는 가능성을 억제한다. 방호장치 해제 후 기계를 작동시킬 때에는 안전을 위하여 운전 신호가 입력되는 중에만 기계·기구가 동작(hold-to-run)하는 방식을 사용하고, 운전 속도는 충분히 안전한 범위(30cm/s 이내)로 제한하여야 한다.

### 3) 기타 안전성 확보를 위하여 필요한 설계 방법

#### 가) 조작 버튼의 구분

조작 버튼의 색상과 기호를 해당 KS 표준 및 안전인증 고시에서 정하는 바에 따라 지정하여 사용자가 직관적으로 기계·기구를 조작할 수 있도록 한다.

##### (1) 용도에 따른 조작버튼의 색상

비상정지버튼은 적색만 사용하여야 하며, 비상정지장치 등을 복귀한 후 사용하는 리셋버튼은 청색만 사용이 가능하다. 비정상 상태를 발생(방호장치 무효화 상태 등) 시키는 버튼은 황색을 사용하며, 정상적인 작동(지정된 연속 동작 등)을 위한 버튼은 녹색을 사용한다. 흰색, 회색, 흑색은 지정된 의미 없이 사용할 수 있으나,

기동(투입) 시에는 흰색을 사용하도록 권장하고 정지(차단)시에는 흑색을 사용하도록 권장<sup>25)</sup>한다. 해당 내용을 표로 정리하면 다음과 같다.

구분	조작버튼의 색상
비상정지	적색
리셋	청색
비정상	황색
정상	녹색
지정된 의미없음	흰색(기동 우선), 회색, 흑색(정지 우선)

<표5> 용도에 따른 조작버튼의 색상

(2) 동작에 따른 조작버튼의 기호

조작버튼 중 기동(투입) 버튼, 정지(차단) 버튼, 기동(투입) 및 정지(차단) 버튼을 교대로 작동, 누르는 동안에만 작동(hold-to-run)하고 놓으면 정지하는 버튼에는 다음의 표와 같은 기호를 사용하여야 한다.

기동(투입)	정지(차단)	기동(투입) 및 정지(차단)	누르는 동안에만 작동
	○	⓪	Ⓧ

<표6> 동작에 따른 조작버튼의 기호<sup>26)</sup>

나) 노이즈를 최소화 하기 위한 회로 배선 방법

제어회로는 선을 따라서 흐르는 노이즈로 인한 전도 장애(CS, Conducted Susceptibility)의 영향을 받고, 또 공중으로 전파되는 노이즈로 인한 방사 장애(Rs, Radiated Susceptibility)의 영향을 받는다. 실제 기계·기구를 제작하는 단계에서는 동력회로는 동력회로끼리, 제어회로는 제어회로 끼리 위치해서 배선을 하는 것이 바람직하다. 따라서, 전장함에 차단기, 전자접촉기, 릴레이 등의 전장품을 모두 배치한 후에는 프로그램이 최단경로로 배선하는 방식을 나타내되, 가능한 전선 색상에 따라 동력회로와 제어회로를 구분하도록 배치하여 노이즈를 최소화 하여야 한다.

25) 해당 KS표준 10.2.1  
26) 해당 KS표준 10.2.2

### Ⅲ. 결론 및 개선방안

#### 1. 결론

기계·기구 등의 전기 설계자들이 안전인증에 필요한 법적 사항 및 관련 표준 요구사항 등을 충분히 파악하기 어려운 현실속에서, 본 연구는 산업안전보건법에 따른 안전인증 서면심사 시 설계자 등으로부터 발생할 수 있는 오류를 예방하여 안전한 설계를 도모함으로써 근로자의 산업재해를 예방하고, 설계 오류로 인한 인적·물적 자원의 손실 예방과 생산하는 기계·기구 등의 수명 연장을 통해 기업의 경쟁력을 강화하고, 설계자에 안전 관련 법규 및 안전 관련 표준 교육효과 제고와 안전의식 함양에 목적을 두었다.

이에 본 연구에서는 안전인증 서면심사 시 적용되어야 하는 법적 사항 및 KS 표준 요구사항을 반영한 안전한 전기도면 설계 방안에 관하여 알아보았다. 본 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 동력회로의 안전을 확보하기 위해서는 부하의 특성에 따라 차단기의 종류와 정격용량을 올바르게 선정하여야 하며, 차단기가 선정된 이후에 전장품을 선정할 때에는 부하량이 아닌 선정된 차단기에 따라 이루어져야 한다. 누전차단기와 접지선 등이 주요 전장품이 올바르게 선정되어야 여러 가지 사고의 위험을 미리 예방할 수 있다.

둘째, 제어회로의 안전을 확보하기 위해서는 제어용 절연 변압기를 통해 노이즈를 최소화 한 제어전원을 공급하여 의도치 않은 오작동을 방지하여야 한다. 비상정지 회로, 정지회로 및 동작회로 등을 올바르게 설계하여야 사고에 대한 2차 피해 예방은 물론, 사고 자체를 예방할 수 있다.

#### 2. 개선방안

추후 연구를 위해 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 본 연구는 산업안전보건법에 따른 안전인증 서면심사 시 적용하는 법적 사항 및 KS 표준 요구사항에 한정된, 안전을 고려한 전기도면 설계 방안에 대하여 연구하였다. 따라서 후속 연구에서는 보다 널리 적용되는 전기설비기술기준 및 2021년 1월 1일부터 새롭게 적용될 예정인 한국전기설비규정등을 적용한 안전 설계 방안 등이 연구되어야 할 것이다.

둘째, 전기회로 설계 방식에는 여러 가지가 있지만 본 연구에서는 릴레이를 사용한 회로로 사실상 한정하여 연구하였다. 그러나 기계·기구 등이 날로 복잡한

구조를 가지게 됨에 따라, 확실하지만 회로 변경에 많은 노력이 필요한 릴레이 방식의 설계보다는 PLC나 Safety Relay Module과 같이 소프트웨어적인 요소에 의하여 편리하게 필요한 부분을 변경할 수 있는 방식의 설계가 점차 확산되고 있다. 따라서 후속 연구에서는 보다 다양한 방식의 설계기법에도 적용할 수 있도록 연구하는 것이 필요하다.

이러한 제한점에도 불구하고 본 연구는 다음과 같은 의의를 가진다.

첫째, 설계 시 관련 법규 및 표준 등에 대한 지식과 경험의 불충분으로부터 발생할 수 있는 설계단계에서의 안전상의 미흡함을 최소화하고 안전에 관한 사각지대가 발생하지 않도록 하는 설계 순서를 제시하였으며, 아직 연구된 적이 없는 안전한 전기도면 설계방안에 대해 고찰하였다는 점에 의의가 있다.

둘째, 본 연구에서 제시한 설계 순서와 설계 절차 등 전기도면 설계 시 안전에 대한 사각지대를 줄일 수 있는 방안을 KOSHA GUIDE, 고용노동부 고시 등의 개정 시에 반영될 수 있도록 추진함으로써 해당 내용이 연구만으로 그치는 것이 아니라 실질적으로 활용될 수 있다는 점에 의의가 있다.

셋째, 안전인증 대상 기계·기구등은 재해발생에 따라 서서히 증가하고 있으며, 안전인증 대상이 아닌 기계·기구등에 대한 인증 수요 또한 날로 증대되고 있다. 또한 기술이 발전함에 따라 관련 법규 및 표준의 요구사항은 점차 복잡해지고 방대해지기 때문에 이를 모두 파악하고 설계에 반영하는 것은 많은 노력이 필요하다. 따라서, 소수의 사람이 안전 관련 사항을 연구하고 이를 토대로 안전한 전기도면 설계 방안을 제시함으로써 많은 사용자가 보다 편리하게 안전한 설계를 할 수 있게 되어 인적 손실을 줄일 수 있을 것이라는 점에 의의가 있다.

## 참고문헌

- [1] 법제처, 산업안전보건법
- [2] 법제처, 산업안전보건법 산업안전보건기준에 관한 규칙
- [3] 고용노동부, 고용노동부 고시 제2016-29호(위험기계·기구 안전인증고시)
- [4] 고용노동부, 고용노동부 고시 제2016-46호(안전인증 대상 기계·기구등이 아닌 기계·기구등의 안전인증 규정)
- [5] 국가기술표준원, KS C IEC 60204-1:2015(기계류의 안전성 - 기계의 전기 장비 - 제1부: 일반 요구 사항)

## **Abstract**

### **1. Subject**

#### **Design Method of Electrical Drawing Considering Safety**

- Focusing on the Document Audit of Safety Certification following Occupational Safety and Health Act

### **2. Purpose**

If errors occur during the design phase of electrical drawings of machinery and equipment, personal and material losses may be incurred to correct them. If no errors are found, the failure may shorten the life span of the machine or equipment or cause a an industrial accident due to fire or malfunction. In order to prevent this situation, the Occupational Safety and Health Act validates errors through certification screening in the design and production phase of hazardous machines and appliances. However, the application sequence, methods, etc. cannot be determined by the relevant laws and standards alone to prevent problems in actual design. The design sequence and application method of electrical drawings that do not create blind spots for safety are studied to prevent loss and damage due to design errors.

### **3. Contents**

In this study, the Industrial Safety and Health Act, the Employment and Labor Ministry's Notice of the Employment and Labor Ministry, and the related KS standards are considered for the design of electrical drawings. In general, designing in the order of breakers, contactors, and loads can cause various safety problems. To prevent this situation, first identify the characteristics and load capacity of the load and then select the type and rated capacity of the breakers. Then select the type and rated capacity of the breaker, and Select all equipment with rated capacity higher than the rated capacity of the selected breakers to reduce the possibility of danger associated with overload, short circuit, etc. It also identifies control circuit design applications that minimize the risk of malfunctioning due to EMC or premature operator operation.

#### **4. Result**

- A. In order to ensure safety of the power circuit, the type and rated capacity of the breakers shall first be selected according to the characteristics of the load, and when selecting the equipment after the cut-off, it shall be made according to the selected breakers, not the load. Key electronic equipment such as short circuit breaker and ground wire must be selected correctly to prevent the risk of various accidents in advance.
  
- B. To ensure safety of the control circuit, a control power source with minimal noise shall be supplied through an insulated transformer for control to prevent inadvertent malfunction. The emergency stop circuit, the shutdown circuit and the operation circuit must be designed properly to prevent secondary damage to the accident and prevent the accident itself.

#### **5. Expectation Effectiveness**

- A. To prevent loss of human and physical resources due to design errors and enhance competitiveness of companies by extending the life of machines and appliances that produce them
  
- B. Preventing Workers from Industrial Accident through Safe Design

#### **6. Core Word**

Safety, Electrical Drawing Design, Safety Certification, Document Audit

Contact: Park Im kyu, Department of Safety and Health at Ulsan University

TEL: 052-703-0776

E-mail: ls12th@kosha.or.kr