

전기기계 · 기구의 설치 및 사용상의 안전 대책

유 보 혁*

(*한국산업안전공단 산업안전 교육원 조교수)

1. 서 언

전기에 관한 재해중 가장 빈도수가 높은 것이 감전재해이다.

감전이란 인체의 일부 또는 전체에 전류가 흐르는 현상을 말하며, 이때 나타나는 생리적인 결과를 전격이라고 한다.

이 전격은 전기기기 등의 누전 등으로 인해 인체가 감전 되었을 경우에 통전 전류에 의해 간단한 충격으로부터 심한 고통을 받는 충격, 근육의 수축, 호흡곤란, 심실세동 등의 신체기능 장애를 일으키거나, 고소작업시의 추락, 전도 등의 2차적 재해를 일으키기도 한다.

본 장에서는 전기기계 · 기구의 설치 및 사용시에 일어날 수 있는 감전재해의 발생원인과 대책에 대해서 기술 하기로 한다.

2. 전기의 위험성

2.1 인체의 전기적 특성

전류가 인체에 미치는 영향을 알기 위해서는, 먼저 인체의 전기적 특성을 알아야 한다.

그러나, 그 속성상 인체를 대상으로 한 실험이 매우 어렵고 어떤 실험 결과가 나와도 그것의 검증이 어렵다는 점과 인체의 다양성(키, 몸무게, 성별, 인

종별 등) 재해 당시의 상황변수(땀, 습기, 접촉 부위의 물리적 상태) 등의 이유로 국제적으로 그 기준이 일치되어 있지 않으나, 비교적 일치하고 있는 사항을 정리하면 다음과 같다.

2.1.1 전류가 인체에 미치는 생리적 영향

인체가 감전되었을 경우 그 위험도는 다음과 같은 요소의 순으로 크게 영향을 받는다.

- ① 통전전류의 크기(인체에 흐르는 전류의 값 [mA])
- ② 통전의 시간과 전격의 위상(심장맥동 주기의 통전위상)
- ③ 통전경로(감전전류가 통전하는 인체의 부위)
- ④ 전원의 종류(주파수 및 파형의 영향)

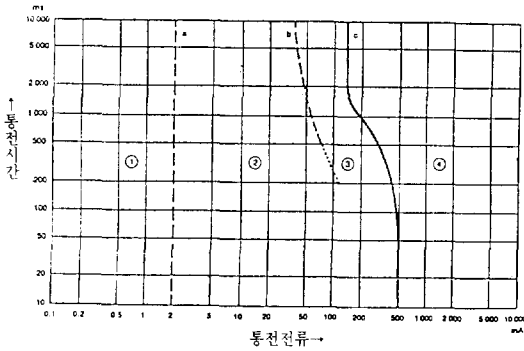
이에 대하여 국제전기 위원회(International Electrotechnical commission)의 IEC Report 479-1(Effects of current passing through the human body)의 내용을 요약 기술하면,

통전전류가 인체에 미치는 영향은 통전전류의 크기와 통전시간에 의해 결정되며, 이에 대한 값을 그 래프로 나타내면 그림 2-1과 같다.

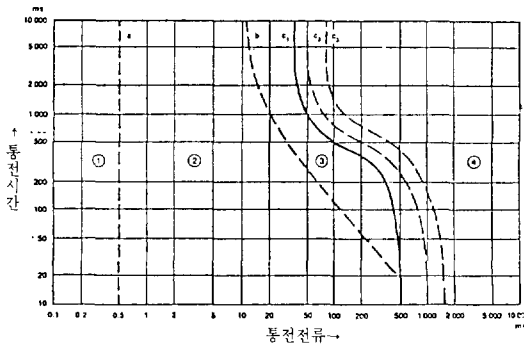
Zone 1 : 별다른 반응이 없는 구역

Zone 2 : 통상 유해한 생리학적 영향이 없는 구역

Zone 3 : 인체조직의 손상이 예상되지 않는 구역으로, 전류의 크기와 시간의 증가에 따라



(a) 직류인 경우



(b) 교류인 경우(15~100Hz)

그림 2.1 전류가 인체에 미치는 생리적 반응

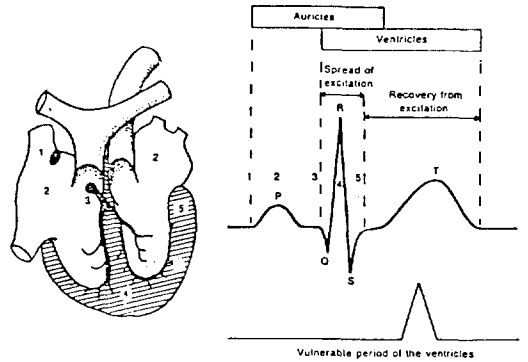
근육수축, 호흡곤란, 회복성 심장정지 등은 일어나 심실세동은 일어나지 않음

Zone 4 : Zone 3의 영향외에 심실세동의 가능성이 5%이하(Curve C₂), 약 50%이하(Curve C₂), C₂ 이상의 구역에서는 50%를 넘게 된다. 또한, 전류의 크기와 시간이 증가 되면 심박정지, 호흡정지, 중화상 등의 병생리학적 영향이 일어나게 된다.

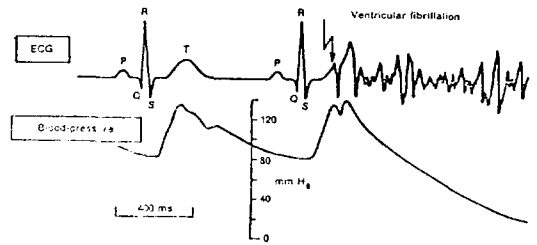
○심실세동 전류(치사전류) (Threshold of Ventricular fibrillation)

인체에 흐르는 전류가 일정한계를 넘고, 전류의 일부가 심장부분에 흐르게 되면 외부에서 심장에 별도의 전압이 가해져 심장계의 펄스전압에 이상을 주어 심장제어계를 교란 또는 파괴시켜 심장이 정상적인 박동을 하지 못하고 불규칙적인 박동으로 혈액의 순환이 순조롭지 못하게 된다.

이런 현상을 심실세동이라 하며 통전전류가 차단



(a) 심장주기에 있어서의 전기신호 파형



(b) 심실세동이 심전도와 혈압에 미치는 영향

그림 2.2 심전도(Electrocardiogram)에 있어서의 수공기(受攻期)

되어도 심장 박동이 자연적으로 회복되지 못하며 이상상태를 그대로 방치하여 두면 수분내로 사망하게 된다.

그러므로, 감전으로 인한 사망의 대부분은 심실세동에 의해 사망하게 되며, 이 심실세동 전류는 인간을 대상으로 측정할 수 없기 때문에 인간과 같은 포유동물인 개, 양, 소 등을 대용 실험하여 그 결과를 인간의 한계치로 추정한다.

2.1.2 인체의 전기저항(Electrical impedance of the human body)

인체의 주어진 통로에서의 위험성은 주로 통전전류의 크기와 시간에 의해 결정된다.

그러므로, 앞 항의 통전전류 영향의 시간/전류관계는 전격을 방지하기 위한 대책을 직접 적용하기 위한 것이 아니고, 다만 시간함수인 접촉전압(통전전류 크기와 인체저항의 곱)의 허용한계 값을 정하는데 필요한 기준이 되는 것이다.

표 2.1 인가전압에 따른 인체저항

인가전압(V)	인 체 저 항(Ω)		
	인구의 5%	50%	95%
25	1,750	3,250	6,100
50	1,450	2,625	4,375
75	1,250	2,200	3,500
100	1,200	1,875	3,200
125	1,125	1,625	2,875
220	1,000	1,350	2,125
700	750	1,100	1,550
1,000	700	1,000	1,500
접근한계값	150	750	850

(전체인구의 5%, 50% 및 95%가 주어진 인체저항값을 초과하지 않음)

그리고, 전류와 전압의 관계는 접촉전압에 따라 인체의 전기저항(impedance)이 변화되기 때문에 선형이 아니고, 주어진 조건에 따른 실험값으로 정해진다.

이 임피던스 값은 주로 사체(Corepse)를 대상으로 했으며, 생체에 대한 인체 임피던스를 측정 한 결과는 <표 2-1>와 같다.

이 값은 건조한 상태에서 큰 전극(50-100cm²)를 손-손 또는 손-발의 통전경로로 하여 측정 한 값이며, 성인 남녀를 대상으로 한 것이다.

2.1.3 통전경로의 영향

인체에 전류가 흘렀을 경우의 통전부위, 특히 심장 또는 그 주위를 통과하게 되면 심장에 영향을 주어 위험하게 된다.

즉, 인체에 전류가 통과하게 되면 심장이 어느 정

도 분로 역할을 하게 되므로 심실세동의 한계를 넘는 전류강도에서 심실세동이 일어날 수 있으나 그보다 낮은 전류에서도 위험할 수 있으며, 이에 대한 통전경로별 심장전류계수를 나타내면 <표 2-2>와 같다.

위의 표에서 숫자가 클수록 위험도가 높아진다. 예를 들면, 왼손과 가슴간에 53[mA]의 전류가 통전되는 것과 양손과 양발 사이에 80[mA]의 전류가 흐를 경우의 위험도가 서로 동일하다.

여기에서 “왼손과 가슴”인 경우에는 전류가 심장을 통과하므로 가장 위험하고, 오른손보다는 왼손이 통전경로가 되는 경우에 심장을 통과할 가능성이 높으므로 더 위험하다.

위의 표에서 심실세동의 가능성 조건은 교류(50 Hz)에서는 $1X Kh > 80[mA]$, 직류에서는 $1 X Kh > 300[mA]$ 로 보고 있다.

[그림 2-1]은 통전경로가 “왼손-발”인 경우에서의 인체의 영향에 대한 그림이므로, 다른 경로상에서의 심실세동 전류를 구하기 위해서는 <표 2-2>와 아래 수식을 이용하면 된다.

$$I_h = \frac{I}{Kh} [A]$$

단, I_h : 임의의 통전 경로상의 심실세동 전류의 크기

I : [그림 2-1]에서의 심실세동 전류의 크기 (왼손-발)

2.2 위험전압과 안전전압

어떠한 형태이든 전원과 인체가 접촉되어야 전압이 인체에 인가되게 되고 따라서 인체를 통과하는 전류가 일정수준 이상이면 전격을 유발하게 되며, 이 접촉되는 형태는 여러가지로 분류가 가능하나 전

표 2.2 통전 경로별 심장전류 계수(Kh)

통 전 경 로	심장전류계수	통 전 경 로	심장전류계수
왼손-가슴	1.5	왼손-등	0.7
오른손-가슴	1.3	한손 또는 양손-앉아 있는 자리	0.7
왼손-한발 또는 양발	1.0	왼손-오른손	0.4
양손-양발	1.0	오른손-등	0.3
오른손-한발 또는 양발	0.8		

기안전을 위한 대책의 관점에서 크게 직접접촉형태와 간접접촉형태로 분류된다.

① 직접접촉형태는 평상시 충전되어 있는 충전부에 인체의 일부가 직접접촉하여 전압이 인가되는 형태로 활선작업중 부주의 또는 정전작업중 타인이 전원스위치를 투입하였을 때 자주 발생되는 형태이다.

② 간접접촉형태는 전선의 피복절연손상 또는 아크발생에 의하여 평상시 충전되지 않는 기기의 금속제 외함 등에 누전이 되어 있는 상태에서 인체의 일부가 이 외함과 접촉하여 인체에 전압이 인가되게 되는 형태이다.

특히 이 간접접촉의 형태는 누전되어 있는 기기의 외함과 그렇지 않는 경우를 육안으로 구분하기가 불가능하며 특별한 주의없이 기기외함과 접촉할 수 있다는 점 때문에 각별한 대책이 수립되어져야 한다.

[그림 2-3]은 전원과 인체의 접촉상태를 나타낸다.

전원과 인체의 접촉으로 인체에 인가될 수 있는 전압을 위험전압이라 하며, 이는 보통 접촉전압과 보폭전압의 2가지로 나눌 수 있다.

접촉전압은 사람의 손과 다른 신체 일부사이에 인가되는 위험전압을 말하며, 보폭전압은 사람의 양발사이에 인가되는 전압을 말한다.

2.2.1 위험전압

2.2.1.1 접촉전압

저압전로에서 전기기기나 배선 등의 절연이 열화

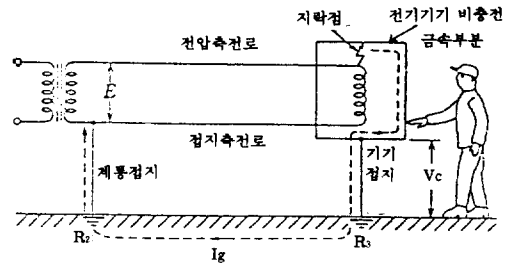


그림 2.4 지락사고시 접촉전압의 인가 예

또는 불량으로 인해 누전사고가 일어나게 되면, 지락전류가 전기기기 또는 배선과 대지간에 흐르게 되어 지표면의 전위가 상승하게 되는데 이를 고장전압이라 하며,

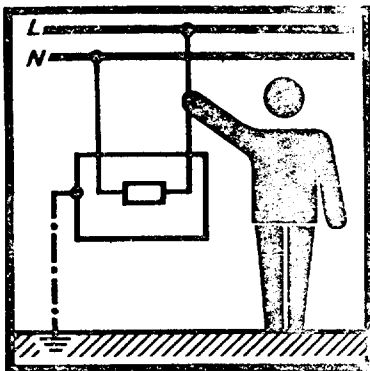
이와 같은 상태에서 [그림 2-4]에서와 같이 사람이 기기와 접촉하게 되면 고장전압 중의 일부가 인체에 인가되게 되는데 이를 접촉전압이라 한다.

위의 그림에서 접촉전압 $V_c = \frac{R_3}{R_2 + R_3} E$ 가 된다.

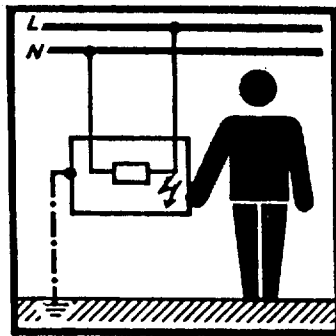
그리고 인체의 감전사고를 위험성에서 볼때에 최종적으로 인체에 유입되는 전류와 통전시간의 곱에 의해서 결정되므로 안전상 허용접촉전압을 주변환경을 감안하여 정할 수 있다.

2.2.1.2 보폭전압

전로가 어떠한 원인으로 지락사고가 나게되면 접지극을 통하여 대지를 귀로로 해서 지락전류가 흐르게 되어 접지극 주위의 지표면이 전위분포를 가지게 된다.



(a) 직접접촉



(b) 간접접촉

그림 2.3 전원과 인체의 접촉형태

3. 전기 기계·기구의 안전

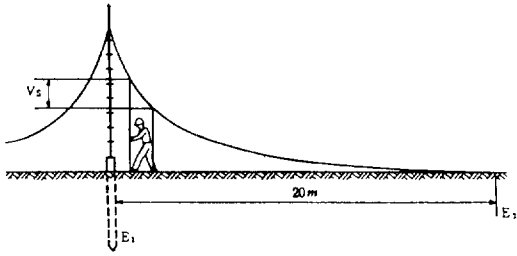


그림 2.5 보폭전압이 인가된 상태

이 접지극 주위에 사람들이 있게되면 인체의 양발사이에 전위차가 발생, 인가되게 되는데 이 전압을 보폭전압이라 하며 [그림 2-5]는 이러한 상황의 한 예이며, V_s 가 보폭전압이다.

여기에서 시간에 관계없는 위험접촉전압은 영국에서 40[V], 스위스, 서독 등의 경우에는 65[V]와 같은 낮은 것으로 채택되고 있으나,

우리나라의 중성점 접지계통의 발·변전소 등의 구내에서는 일반적으로 보폭전압이나 접촉전압은 150[V]이내가 적합한 것으로 되어있다.

2.2.2 안전전압

안전전압이란 회로의 정격전압이 일정수준 이하의 낮은 전압으로 절연과피 등의 사고시에도 인체에 위험을 주지않게 되는 전압을 말하며 이 전압 이하를 사용하는 기기들은 제반 안전대책을 강구하지 않아도 된다. 또한 안전전압은 주위의 작업환경과도 밀접한 관련이 있다. 예를들면 일반사업장과 농경작업장 또는 목욕탕 등의 수중에서의 안전전압은 각각 다를 수 밖에 없으며, 일반사업장의 안전전압은 국제적으로 42[V]로 채택이 준비되고 있으나 우리나라에서는 산업안전보건법에서 30[V]로 규정하고 있다.

우리나라의 감전사고의 특징을 보면,

- ① 전기작업과 직접 관련이 없는 일반작업자에게 많이 발생되고,
- ② 일반작업자의 경우에는 생산설비의 동력원인 저압전동기의 누전, 전기작업자의 경우에는 수변전설비 또는 배전선로의 정전 또는 활선, 활선 근접작업시의 안전수칙 미준수로 발생되며,
- ③ 일반적으로 고압이 상대적으로 더 위험하나 실제 재해발생은 고압보다 저압에서 훨씬 많이 발생되고 있는 것으로 나타나 있다.

다시 말하면 현장의 생산설비에서 설비미비와 유지관리 미흡으로 인한 누전사고, 그리고 교육 불충분으로 인한 안전수칙 미준수로 인해 대부분의 감전사고가 발생한다고 볼 수 있다.

이와 같은 전기기계·기구(전기기기)에 의한 감전사고를 방지하기 위한 대책으로 직접접촉과 간접접촉으로 구분하여 설명하기로 한다.

3.1 직접접촉에 의한 감전방지(안전기준 제 327조)

작업도중의 부주의나 기타 사고에 의해 노출된 충전부분에 접촉 또는 접근함으로써 인한 감전방지 대책은 다음과 같다.

- ① 충전부가 노출되지 않도록 폐쇄형 외함 구조로 할 것
- ② 충전부에 방호망 또는 절연덮개를 설치 할 것
- ③ 관계자의 출입이 금지되어 있는 구획장소에 설치 할 것
- ④ 관계자의 접근할 우려가 없는 전주위, 철탑 위 등에 설치 할 것

표 2.3 각국의 안전전압

국	명	안전전압(V)	국	명	안전전압(V)
체	코	20	스	위	스
독	일	24	프	랑	스
영	국	24	네	덜	란
일	본	24~30	오	스	트
한	국	30	리	아	
벨	기	35			
	에				

3.1.1 충전부의 방호 및 격리

3.1.1.1 공칭전압 50-600[V]의 경우

(가) 충전부분은 사람의 접촉으로 인한 감전사고를 방지하기 위해 캐비넷 외함 또는 아래 사항 중 한가지 이상의 방법으로 조치한다.

- ① 방 또는 이와 유사한 장소에 특정 작업자 만이 출입 가능토록 할 것
- ② 칸막이 또는 망으로 방호하여 관계자만이 충전부와 접촉할 수 있는 거리 이내로 출입하도록 할 것
- ③ 적당한 높이의 발코니, 플랫폼 위에 설치하여 일반인들이 쉽게 접촉할 수 없도록 할 것

(나) 물리적 손상의 우려있는 장소의 전기기구의 외함 또는 방호장치는 손상으로부터 보호될 수 있도록 할 것

(다) 노출된 충전부가 있는 관계자의 출입금지 구역에서는 명확한 금지표지를 부착해야 한다.

3.1.1.2 공칭전압 600[V]초과의 경우

600[V]로 초과하는 전선 및 시설은 3.1.1.1항외에 다음 사항에 적합해야 한다.

(가) 설치장소의 구획

상기 사항의 전기 시설물은 실내 또는 울타리 등으로 구획하여 시전장치로 해당장소의 출입을 통제하여 관계자외의 출입을 금지시켜야 한다.

- ① 2.1[m]이하의 울타리는 특별한 대책을 강구하지 않는 한 관계전문가의 출입금지 장소로 보지 않는다.
- ② 울타리의 높이와 울타리로부터 충전부분까지의 거리의 합계가 5[m]이상이어야 하고, 위험 표지판을 부착해야 한다. (電技 제 37조)

(나) 600[V]를 초과하는 충전부가 노출되어 있는 장소의 출입시에는 관계전문가와 동행해야 한다.

① 관계전문가의 출입금지 장소

전기설비 중 충전부가 노출되어 있는 장소는 관계전문가의 출입이 금지되어야 하고 다음에서 규정하는 충분한 작업공간이 확보되어야 한다.

② 비전문가의 출입허용 장소

- ㉠ 전기설비 설치장소가 별도 구획되어 있고 시전장치 또는 금속제 폐쇄형 외함 구조로 되어 있는 장소에는 비전문가의 출입이 허용되며 이와 같은 구조의 설비의 경우에는 외함의 바닥이 작업장 바닥면으로부터의 높이가

2.4[m]이하가 되도록 하고 문의 시전장치는 잠겨있어야 한다.

- ㉡ 폐쇄 배전반, 유니트 변전소, 변압기, 폴박스, 연결박스 등 이와 유사한 설비에는 안전확보를 위한 경고표지를 붙여야 하며, 운반장치 등에 의한 물리적 손상의 우려가 있는 장소에는 적절한 방호장치를 설치하여야 하고 환기, 냉각을 위한 설비의 개구부 등은 외부에서 침입하는 물체가 직접 충전부에 떨어지지 않도록 하는 구조여야 한다.

3.1.2 전기설비 주위의 작업공간 확보

3.1.2.1 일반사항

(가) 저압에서의 작업공간

- 전면에서의 공간을 최소 76[Cm]이상 확보되어야 한다.
- 전면에 충전부분이 없는 배전반, 전동기 제어반 등에서 뒷면에 교체·조정 등의 작업부분이 없고 모든 접속부가 정면으로부터 수리 가능한 구조인 경우에는 작업공간이 필요없다.
- 특정기구의 설치배열상 안전에 문제가 없다고 판단되어 허가받은 경우에는 기준치보다 낮은 작업공간이 허용 될 수 있다.
- 평상시 충전부가 전면에 노출되는 배전반, 전동기 제어반 등의 전면에는 적어도 0.9[m]이상의 작업공간이 있어야 한다.
- 옥외에 설치된 배전반, 전동기 제어반, 기타 전기기기 주위의 작업공간에는 조명설비가 설치되어 있어야 한다.
- 스위치보드, 판넬보드, 모터컨트롤센터 등에서 작업공간의 천정높이는 최소 1.9[m]이상이어야 한다.

(나) 고압 또는 특별고압에서의 작업공간

표 3.1 방호장치가 없는 노출충전부의 높이

공 칭 전 압(대지 간)	최 소 높 이
601-7,500V	2.5m
7,501-35,000V	2.7m
35KV초과	2.7m+0.09×(공칭전압KV-35)

표 3.2 전기설비전면에서의 최소작업공간

공칭 대지전압[V]	최소 작업 공간[iii]		
	조건(i)	조건(ii)	조건(iii)
0-150	0.9	0.9	0.9
151-600	0.9	1.0	1.2
601-2,500	0.9	1.2	1.5
2,501-9,000	1.2	1.5	1.8
9,001-25,000	1.5	1.8	2.7
25,001-75KV	1.8	2.4	3.0
75KV초과	2.4	3.0	3.6

- * 조건(i) : 작업공간의 한쪽면에 노출 충전부가 있고 반대편에는 노출 충전부나 접지된 부위가 없을 경우 또는 양쪽에 노출 충전부가 있더라도 나무 또는 절연물로 효과적으로 방호되어 있을 경우
- (ii) : 작업공간의 한쪽에 노출 충전부가 있고 다른쪽에 접지된 부분이 있을때
- (iii) : 방호되지 않은 노출 충전부가 양쪽에 있을 때

- 충전부가 노출되어 있는 설비의 작업공간은 높이 2[m], 넓이 0.9[m] 이상 이어야 하고 깊이는 <표 3-2>의 최소 작업공간 값 이상 이어야 한다.
- 모든 경우에 있어서 문은 90° 이상 열릴수 있도록 하여야 한다.
- 방호장치가 없는 노출 충전부의 작업상 바닥으로부터의 높이는 <표 3-1>의 값 이상을 유지해야 한다.
- 전기설비 주위는 충분한 조도의 조명설비가 설치되어야 하고, 조명등의 배치시에는 등의 교체, 수리 등의 작업시에 작업자가 노출 충전부

에 접촉될 우려가 없도록 시설해야 한다.

(ㄷ) 전기설비의 최소 작업공간

모든 전기기기에 대하여는 출입 및 작업할 수 있는 공간이 확보되어 설비의 안전운전과 보수작업을 용이하게 할 수 있어야 한다.

고압 또는 특별고압 수전설비가 큐비클인 경우의 금속함 주위와의 보유거리 또는 다른 조영물이나 타물과의 이격거리는 원칙적으로 그림 3.1과 같이 유지시켜야 한다.

3.1.2.2 작업공간의 타용도 사용금지

- 위에 의거 확보된 작업공간은 물품저장소 등 타용도로 사용되어서는 안된다.
- 평상시 외함으로 격리되어 있으나 점검 또는 보수시에 충전부가 노출될 우려가 있는 곳에서의 작업공간이 통로로 사용되거나 일반인에게 공개되는 곳이면 적절한 방법으로 방호해야 한다.

3.1.2.3 작업공간 출입구 확보

전기설비 주위의 작업공간 출입구는 충분한 크기로 1개이상 확보해야 한다.

3.1.2.4 옥외 변전소 울타리 시설시 안전대책

- ① 울타리의 높이는 최소한 2.1[m] 이상 되게 설치한다. (그림 (b)참조)
 - 울타리의 높이는 쉽게 넘거나, 울타리 근접 작업시에 충전부에 도전성 물체가 접촉되지 않도록 충분히 높게 설치한다.
- ② 울타리 출입문에는 “관계자와 출입금지” 등의 위험 표지판을 부착하고 시건장치를 한다.
- ③ 도전성 철재 울타리는 접지를 시킨다.
- ④ 울타리는 충전부(전기기기 또는 모선 등)로부터 충분한 이격거리를 두고 시설한다.
- ⑤ 울타리 측면 등에는 “접근 위험” 등의 경고 표지판을 부착한다.

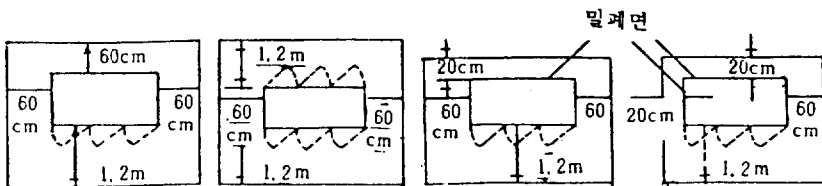
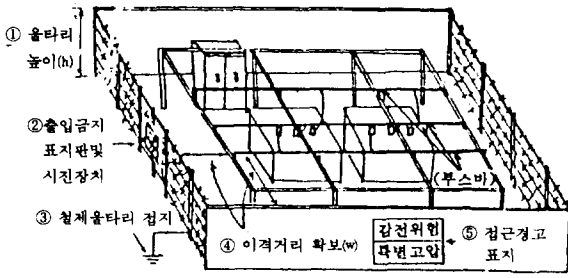
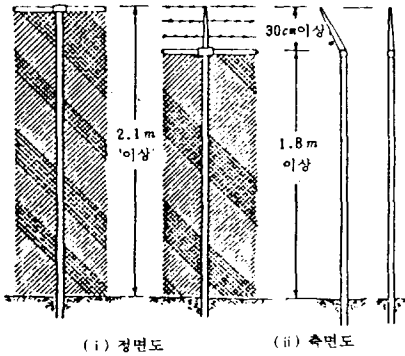


그림 3.1 큐비클의 보유거리



(a) 울타리의 시설



(b) 울타리의 높이(h)

그림 3.2 옥외변전소 울타리 시설의 안전대책

3.2 간접접촉에 의한 감전방지

절연손상 등으로 인한 위험전압의 발생으로 야기 되는 간접접촉은 주로 신뢰성 있는 기기의 사용과 유자격자에 의해 신중하게 기기를 설치 함으로서 방지할 수 있다.

간접접촉으로 인한 감전을 방지하기 위해서는

- ① 보호절연
- ② 보호접지
- ③ 사고회로의 신속한 차단
- ④ 회로의 전기적 격리 등의 방법이 있다.

3.2.1 보호절연

누전이 발생된 기기를 사람이 접촉하더라도 전류의 통전경로를 차단함으로써 인체 통과전류를 안전 한계 이하로 낮추는 방법이다.

이 방법은 대상기기가 주로 고정식일때 한하며, 작업자의 작업장소를 절연하는 방법과 대상기기 자체를 이중절연 기기로 사용하는 방법이 있다.

작업장소를 절연하고자 할 때에는 작업자 신체의 일부가 접촉될 수 있는 모든 도전성 금속(작동시 충전되는 부분 제외)을 절연물로 덮어야 하며 작업장 바닥도 절연물로 견고하게 마감하여야 한다.

3.2.2 보호접지(안전기준 제328조)

접지는 크게 계통접지와 기기접지로 구분된다. 계통접지란 발전기 또는 변압기의 중성점 등을 접지시키는 것으로 직접접지, 비접지, 저항접지 등으로 구분되어 각각 서로 다른 특징을 갖고 있고, 기기접지(보호접지)란 이와는 별도로 인명의 보호를 주목적으로 하여 실시하는 것이다.

· 전기기계·기구가 절연 이상으로 누전이 되게 되면, 기기외함의 금속체 부분이 충전되어 사람이 접촉하게 되면 감전사고가 일어나게 된다. 이와 같은 경우에 금속체 외함을 접속시켜 대부분의 누설전류를 접지선을 통하여 대지로 흘려 주게 되면 [그림 2-4]의 기기 외함에 나타나는 대지전압을 감소시켜 감전사고를 막을 수 있다.

(1) 전기설비 기술기준에 관한 규칙 제39조에서 전기기계·기구의 철대와 외함에는 동 규칙 제19조 및 20조에 의거 <표 3-3>과 같이 접지공사를 하고 접지선에는 연동선을 사용하도록 규정하고 있다.

(2) 산업안전보건법에서는 (1)항 외에 다음의 개소에 접지를 하도록 규정하고 있다.

- 폭발 위험이 있는 장소에서의 전기기계·기구의 금속체
- 접지된 전기기계·기구 또는 금속체 등으로부터

표 3.3 접지공사의 종류

기계기구의 사용전압구분		접지공사의 종류	접지저항값	접지선의 굵기
저압용	400(V)이하	제3종	100[Ω]이하	1.6[mm] (0.75[mm ²])이상
	400(V)넘는것	특별제3종	10[Ω]이하	1.6[mm] (0.75[mm ²])이상
고압용 및 특별고압용		제1종	10[Ω]이하	2.6[mm] (3[mm ²])이상

- 수직 2.4[m]수평 1.5[m]이내의 고정식 금속체
- 크레인 등 이와 유사한 장비의 고정식 캐도 및 프레임
- 고압의 전기를 취급하는 장소(변전소, 개폐소)를 구획하기 위한 방호망 등

3.2.3 누전차단기 설치(안전기준 제329조)

누전차단기는 교류 600[V]이하의 저압전로에서 감전, 화재 및 기계·기구의 손상 등을 방지하기 위해 설치하는 것이다.

누전차단기는 영상변류기, 누전검출부, 트립코일, 차단장치 및 시험버튼으로 구성되어 정상 상태에서는 [그림 3-3]에서와 같이 영상변류기의 유입 및 유출전류가 같기 때문에 차단기가 동작되지 않으나, 지락사고시는 영상변류기를 관통하는 유입 및 유출전류가 지락사고 전류(1g)만큼 달라져, 검출부가 이 차이를 검출하여 차단기를 차단시키므로 인체가 감전되는 것을 방지하게 된다.

○누전차단기의 지락보호 협조

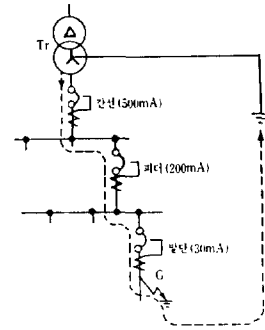
지락보호 협조란 간선, 피더 및 말단 회로에 설치한 ELB의 선택 차단협조를 도모해 말단 회로의 지락 사고시 그 회로만을 차단하고 다른 회로에 영향을 미치지 않게 하는 등 계통의 급전 신뢰성을 향상시키려는 것으로, 누전차단기의 정격감도전류와 동작시간을 설치장소에 따라서 적절히 선정하여 지락사고시의 파급범위를 극소화시키는 것이다.

〈그림 3-4〉는 각 회로마다 ELB를 설치한 계통의 예로써 모든 ELB에 고속형을 적용한 경우에는 G점에서 500[mA]를 넘는 지락이 발생하면 간선의 ELB까지 동작할 가능성이 있어 전 계통이 정전될 위험성이 있다. 이것은 그림 (b)에서처럼 각 회로에서 ELB의 동작 특성이 겹치는 영역이 있기 때문이며,

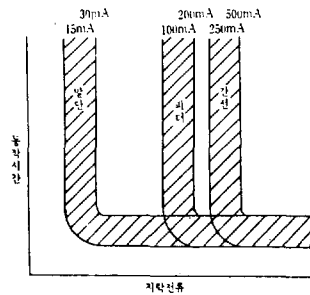
ELB간 선택차단협조를 도모하기 위해서는 정격감도전류 뿐만 아니라 동작시간에 관해서도 협조할 필요가 있다.

상위 ELB와 하위 ELB사이에서 적절한 차단 협조를 하기 위해서는 다음의 두 가지를 동시에 만족시켜야 한다.

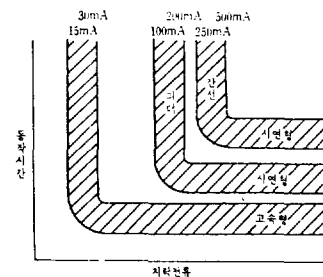
- 상위 ELB의 정격감도전류 $\times 1/2 >$ 하위 ELB의 정격감도전류
- 상위 ELB의 관성 부동작시간 $>$ 하위 ELB의 동작



(a) 지락전류회로



(b) 고속형분인 경우의 동작특성



(c) 지락보호협조에서의 동작특성

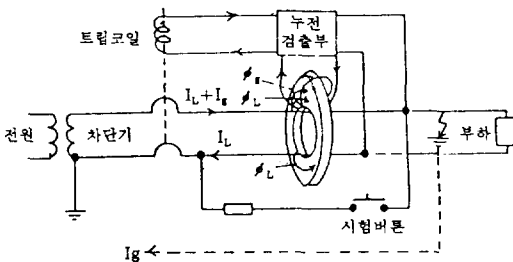


그림 3.3 누전차단기의 동작원리(전류동작형)

그림 3.4 누전차단기의 지락보호 협조의 예

시간

※ 관성 부동작시간 : 시연형 ELB의 지락전류에 대한 부동작시간 보증값으로 명판에 기재됨.

시연형 ELB의 동작시간에는 고속형과의 협조를 고려한 0.3초 고정식, 0.2-2초 가조정식, 또는 0.3/0.8/2초 전환식 등이 시판된다. 이것들을 구분해서 사용하므로써 협조가 이루어진 계통설비를 할 수 있다.

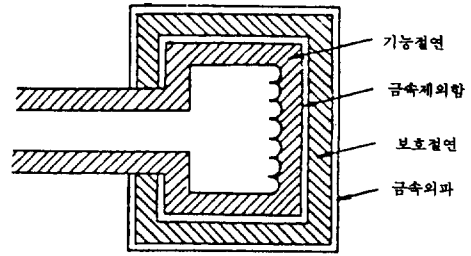
[그림 (C)]는 지락보호협조를 고려해서 간선 및 피더의 ELB에 시연형을 사용한 경우의 동작 특성의 예로써, 이는 말단 회로에서 500[mA]를 넘는 지락이 발생해도 말단의 ELB만이 동작되어 선택 차단이 가능해 진다.

3.2.4 이중절연 구조의 전동기계·기구 사용(안전기준 제329조)

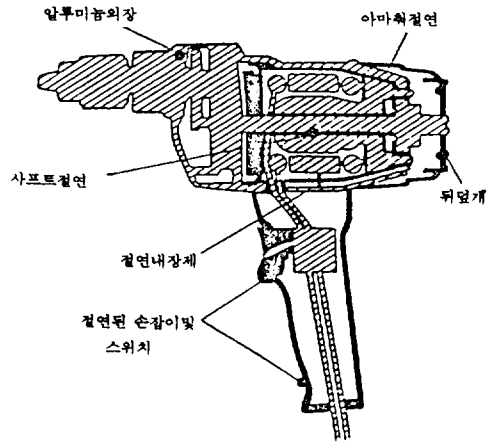
이중절연 전기기기는 충전부를 2중으로 절연한 것을 말한다. 기기 사용시 감전을 방지하기 위해 기능절연위에 기능절연 파괴시의 감전사고를 확실히 방지하기 위해서 기능절연과는 별도로 또 다시 보호절연한 것이다. 전기용품 안전관리법의 승인을 받은 이중절연기기는 누전차단기나 접지선입 케이블을 사용하지 않고 보통 콘센트를 이용할 수 있는 편리한 점이 있다. 이중절연구조의 전동기구로서는 전동드릴, 그라인더, 전기대패 등의 공구가 있으며, 명판에 □표시가 되어 있다.

3.2.5 비접지식 전로의 채용(안전기준 제329조)

저압배전선로는 일반적으로 고압을 저압으로 변환



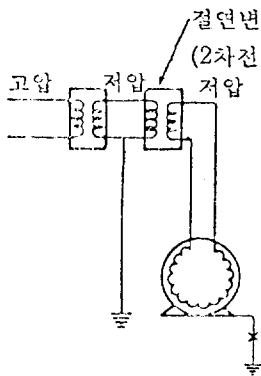
(a) 2중절연의 개념도



(b) 2중절연구조의 전동드릴

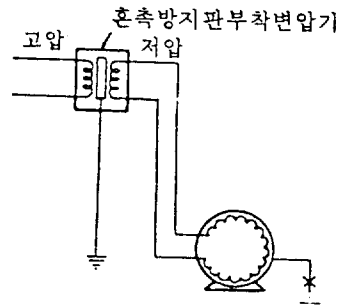
그림 3.5 이중절연구조의 전동기계기구

시키는 변압기의 일단이 제2종 접지되어 있어 누전시에 작업자가 접촉하게 되면 감전사고가 나게 된다. 그러나 [그림 3-6]와 같이 변압기의 저압측을



(a) 절연변압기

절연변압기 (2차전압 300V, 용량 3KVA이하)



(b) 혼촉방지판부착변압기

그림 3.6 비접지식 전로

비접지식 전로로 할 경우 기기가 누전된다 하더라도 전기회로가 구성되지 않기 때문에 안전하다. 이와 같은 전로는 선로의 길이가 길지 않고 용량이 적은 3[KVA]이하인 전로에서 안정적으로 사용할 수 있다.

비접지식 전로의 경우 변압기 내부에서 고저압 권선의 혼촉에 의한 고전압이 저압측에 인가될 위험성이 있으므로 [그림 (a)]와 같이 저압전로 중간에 절연 변압기를 사용하는 방법이나, [그림 (b)]와 같이 고압측 권선과 저압측 권선 사이에 혼촉 방지판을 넣어 이를 접지시킨 혼촉 방지판 부착 변압기가 사용되고 있다.

3.2.6 자동전격 방지기 부착

교류아크 용접기, 엔진구동아크 용접기와 같은 용접기의 용접전압 특성을 살펴보면 수하특성(Dropping Characteristic)을 가진 변압기로, 입력측에 정격전압을 인가하면 용접기의 출력전압(용접홀더선과 어스선 사이의 전압)은 용접 작업 중에는 용접전류 및 Arc길이에 따라 약 30~40[V]의 전압이 인가되어 큰 위험이 없으나 무부하(용접작업을 하지 않을 때) 시에는 용접기종에 따라 약 65~95[V]의 높은 전압이 2차측 홀더와 어스에 걸려 작업자에 대한 위험도가 높으므로 이전압을 단시간 내에 안전전압 25[V] 이하로 내려주는 전기적 방호장치가 필요한데 이를 자동전격방지기라고 한다.

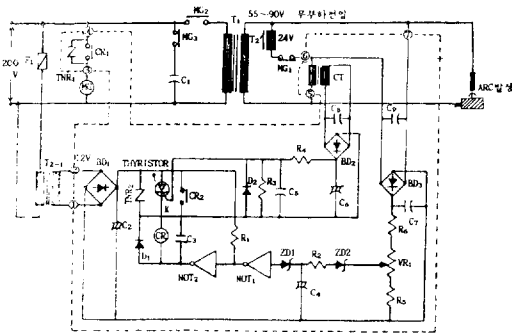


그림 3.7 자동전격방지기의 제어회로도의 예

이를 용접기의 주회로를 제어하는 장치를 가지고 있어 용접봉의 조작에 따라 용접할 때는 용접기의 주회로를 형성하고 그 외에는 용접기의 출력측 무부하 전압을 저하시키도록 동작하는 장치로 작업자의 감전 위험을 방지할 뿐만 아니라 무부하시의 전력손실을 경감시키는 에너지 절약적인 측면도 있는데 이를 교류 아아크 용접기에만 한정하고 있는 것은 직류인 경우는 교류에 비해 전격위험성이 낮고 2차 무부하 전압이 낮기 때문이다.

4. 결 언

사고는 잠재적 사고원인에 대한 인식 부족이나 그 위험성을 등한히 함으로써 발생되는 것으로, 절대로 우발적으로 발생되지 않는다.

이 재해 발생 원인인 불안전한 상태 또는 행동은 사전에 발견할 수 있으며, 사고의 가능성은 제거가 가능하다.

그러므로, 전기로 인한 재해를 방지하기 위해서는 전기기기 설치시에는 관련규정에 적합하게 시설함은 물론 만약 기기 사고시에도 인체를 보호할 수 있는 각종 안전장치의 시설을 완비하는 것이 필요하며,

또한, 이와 같은 기기가 정상적으로 작동될 수 있도록 평상시 안전점검을 철저히 하고 근로자의 불안정한 행동을 없애기 위하여 안전지식 및 안전의식 고취를 위한 안전교육 실시 등의 재해예방 활동에 만전을 기해야 할 것이다.



유보혁(柳輔赫)

1955년 9월 7일생. 1983년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 한양대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 1975~83년 한국전력공사 근무. 1988년 한국산업안전공단 입사. 1991년 안전관리기술사(전기안전분야)취득. 현재 한국산업안전공단 산업안전 교육원 조교수