

# 전기재해예방

자료 \_ 한국산업안전공단

## 누전에 의한 감전 및 예방대책

흔히, 누전으로 감전사망 하였다거나 또는 누전으로 화재가 발생하였다는 등 우리는 누전이란 용어를 많이 사용하고 있다. 그렇다면 누전이란 무엇인가? 가장 쉽게 비교될 수 있는 것은 수도 파이프에서 물이 새는 누수현상과 같이 전류가 새는 것이다. 그러나 좀더 전문적으로 세분하면 누전은 다음과 같이 구별된다. 누전에 의한 감전 및 예방대책을 이해할 수 있다.

### 1. 누전

#### (1) 누설전류

누설전류란 전선과 대지사이의 정전용량(Capacitance)에 의하여 평상시 대지로 누설되는 전류 또는 코로나 방전이다. 물론 이 전류는 아주 작은 전류이므로 평상시에는 보이지도 않고 아무 소리도 나질 않는다. 그러나 비가 오는 날에는 누설전류가 흐르는 소리를 전주 밑에 가서 들을 수 있다.



누설전류

### 모듈의 목적

본 모듈은 전기재해예방에 관한 정보를 제공한다. 각 장에서는 누전, 감전 및 전기로 인한 화재·폭발예방 등에 대한 내용들을 다루고자 한다.

### 학습목표

1. 누전에 의한 감전재해 예방대책을 이해할 수 있다.
2. 충전부 접촉에 의한 감전재해 예방대책을 이해할 수 있다.
3. 전기 아크로 인한 화재폭발 요인 및 예방대책을 이해할 수 있다.

결국 누설전류는 누전의 정의에는 포함될 수 있으나 감전재해의 원인은 되지 못한다.

### (2) 지락사고전류

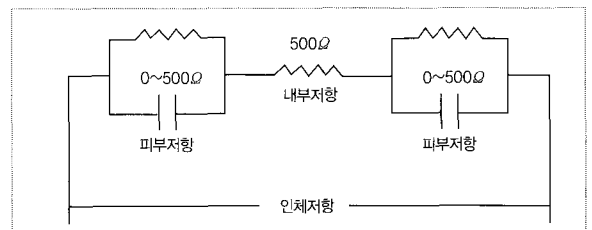
지락사고전류란 접촉 또는 절연파괴 등의 사고에 의하여 전선로 또는 부하의 충전부에서 대지로 흐르는 전류를 뜻한다.

이러한 사고전류가 우리가 주의하여 예방해야 할 누전이다.

## 2. 감전재해 발생배경

### (1) 인체의 전기저항

전기충격에 의한 위험도는 통전전류의 크기에 의하여 결정되며, 이 전류는 옴의 법칙에서 전압을 접촉전압으로 했을 경우 인체의 전기저항에 의하여 결정된다. 인체의 저항은 피부저항과 내부저항의 합으로 나타내며, 전압의 크기에 따라 변화하지만, 상용전압을 기준으로 했을 경우 약 1,000Ω 정도로 보고 있으며, 피부가 건조할 때에는 이보다 약 20배 정도 증가한다. 신체가 물에 젖어 있을 때에는 이보다 약 20배 정도 감소한다.



【그림 1-1】 인체의 전기적 등가회로

① 한국인의 인체저항의 평균값

- 가. 오른손 - 왼손(大) 건조 상태 : 35,102Ω
- 나. 오른손 - 왼손(大) 젖은 상태 : 9,232Ω
- 다. 왼손 - 양발, 양발착용 건조 상태 : 26,675Ω
- 라. 왼손 - 양발, 맨발 젖은 상태 : 10,052Ω

② 보통 인체저항

- 가. 피부저항이 약 2,500Ω
- 나. 내부 조직저항 500Ω
- 다. 발과 신발사이의 저항 1,500Ω
- 라. 신발과 대지사이의 저항을 700Ω
- 마. 전체저항은 약 5,000Ω

이것은 피부가 젖은 정도 및 인가전압의 증가로 인해 약 500Ω까지 감소한다는 관련 이론이 있지만, 실제 건조상태에서 신발을 착용한 경우 오른손-왼발의 측정결과 저항값이 무한대(∞)로 측정되었다. [한국전기안전공사 전기재해통계분석(2004년 13호 참조)]

③ 피부상태에 따른 인체저항

일반적으로 피부가 젖어있는 경우, 건조한 경우에 비해 피부저항이 약 1/10정도 감소 한다는 미국 화재보험협회의 실험결과와 또 다른 연구결과에 의하면 땀이 난 경우 1/12~1/20, 물에 젖은 경우 1/25정도로 인체저항이 감소한다고 한다. 그러나 피 측정자를 대상으로 측정 결과를 보면 신발을 착용한 상태에서 오른손-왼손의 건조 상태와 젖은 상태와의 인체저항 감소비는 평균 1/4~1/5정도 인 것으로 나타났다.

맨발인 상태에서는 손과 발 사이의 건조상태와 젖은상태에서 인체저항 감소비를 보면 약 1/2.02~1/2.28 정도인 것으로 나타났다.

오른손-왼손 건조상태의 측정결과를 보면 평균 35,000Ω이 측정되었다. 개인차를 고려한다고 하더라도 AC 220V 전압이 인체에 인가된다면 약 1/50이 감소한다는 외국의 연구결과에 의하여 약 700Ω정도의 저항이 유지된다는 것을 알 수 있다.

(2) 주위환경의 전기저항

감전되었을 경우의 통전 경로는 대부분, 인체 - 바닥 - 변압기이므로 주위환경 중에 바닥의 저항이 감전재해시, 재해의 강도를 결정하는 요인이 된다.

근로자의 신발 상태도 바닥의 일부분으로 본다면, 신고 있는

신발이 절연화인지 또는 신발의 건조상태는 어떠한지 등에 따라 역시 재해의 강도가 결정된다.

물론 근로자가 절연화가 아닌 젖은 운동화를 신고, 바닥에는 빗물이 스며들어 있다면, 전체 바닥의 전기저항은 극도로 저감되어 감전사고 시 사망에 이를 할 확률이 높아지게 된다.

3. 감전현상



【그림 1-2】 감전재해시 인체에 흐르는 전류경로

상기 그림에서와 같이 나선에 인체가 접촉하게 되면 전선에는 I 라는 전류가 흐르지만 인체에는 Ig의 지락사고 전류가 흐르게 된다.

물론 Ig 전류가 클수록 사망 확률은 높아지는데 Ig 전류의 크기는 전압과 저항에 따라 결정 된다.

즉  $I = V/R$  또는  $V = IR$ 의 관계이다.

우선 전압에 의한 전류의 크기를 생각하여 볼 때, 가정에서 사용하는 1.5V 건전지에 의한 전압은 전류가 극히 적게 흐르므로 위험하다고 볼 수 없다.

그러나 전압이 점점 높아질수록 위험도가 증가하는데, 그 관계전압을 안전전압이라 하여 산업안전보건법에서는 30V로 규정하고 있다. 그러므로 30V 이상의 전압은 항상 감전재해에 대비해야 한다.

우리가 현재 흔히 사용하고 있는 220V와 과거 주로 사용하던 110V의 위험도를 비교한다면, 220V의 위험도가 훨씬 높다.

그런데 우리는 이러한 위험전압을 아무런 안전조치 없이 함부로 사용하거나, 과거 110V를 사용하던 때보다도 오히려 소홀히 취급하거나 부실 설계와 시공으로 인해 감전재해의 원인이 되기도 한다.

#### 4. 전류에 대한 인체의 반응

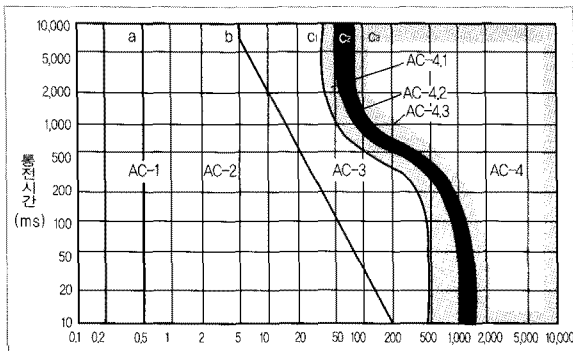
[그림 1-2]에서 인체의 전류가 전압과 저항에 따라 어떻게 결정되느냐를 고찰하여 보면, 바닥이 비에 젖어있고 인체는 땀에 젖어 맨발인 상태가 감전재해시 사망할 확률이 가장 높은 것인데, 그 시기는 언제일까?

바로 7, 8월 장마철인데 누전에 의한 감전 사망자가 이 시기에 가장 많이 발생하는 것으로 분석되고 있다.

인체는 '통전전류 × 시간'이 어느 정도 이상이 되면 전류의 열작용으로 전류의 유입구와 유출구에 화상이 나타나게 되는데 인체 내의 조직세포를 파괴하거나 혈구를 변질시킨다.

특히 문제가 되는 것은 감전전류의 자극에 의하여 심장에 심실세동이 발생되어 뇌세포에 산소공급이 차단되고 이러한 상태가 계속 지속되면 수분 내에 사망하게 되는 것이다.

또 높은 장소에서 감전이 되는 경우 비록 통전전류가 작아서 의식을 잃지 않는다 하더라도 찌릿한 충격(전격)으로 추락되어 2차적 재해가 발생할 수도 있다. 감전전류가 인체에 미치는 영향에 대한 IEC 기준은 다음과 같다.



[그림 1-3] 전류에 대한 인체의 반응(IEC 60479-1)

##### 구역 AC-1: 별다른 반응이 없는 영역(최소감지전류)

통전전류의 크기가 어느 한계값 이하인 경우 인체가 느끼지 못하고 이 값 이상이 되면 전기충격을 느끼게 되는데 이 전류값을 최소감지전류라 부르며 직류는 2~5mA이고, 상용주파수 교류에서는 0.5~1.0mA 정도가 된다.

##### 구역 AC-2: 찌릿한 감각을 느끼나 위험한 반응이 없는 영역(이탈가능전류)

통전전류가 감지전류의 한계를 넘게 되면 점차로 고통을 느끼게 되고 이 고통을 참을 수 있으면서 생명에는 위협이 없는 한계의 전류로 교류에서는 약 7~8mA 정도가 된다.

##### 구역 AC-3: 근육수축, 호흡장애 등은 발생되나 심실세동은 일어나지 않는 영역(마비한계전류)

통전전류가 이탈전류의 한계를 넘게 되면 전류가 흐르는 부위의 인체는 근육이 경련현상을 일으키거나 신경이 마비되어 운동을 자유롭게 할 수 없게 되므로 자력으로는 위험지역을 벗어날 수 없게 되는 전류로(직류는 약 60~90mA, 교류는 약 10~15mA) 정도이다.

##### 구역 AC-4: 심실세동이 일어날 수 있는 영역(심실세동전류)

인체에 흐르는 전류가 불수전류 한계를 넘고 전류의 일부가 심장부분을 흐르게 되면 외부에서 심장에 별도의 전압이 가해져 심장계의 펄스 전압에 이상을 주어 심장제어계가 교란 또는 파괴되어 심장이 정상적인 박동을 하지 못하고 불규칙적인 세동으로 혈액의 순환이 순조롭지 못하게 된다. 이런 현상을 심실 세동이라 하며, 통전전류가 차단되어도 심장박동이 자연적으로 회복되지 못하며 이 상태를 그대로 방치하여 두면 수 분 내로 사망하게 된다. 그러므로 감전으로 인한 사망의 대부분은 심실세동에 의한 사망사고이다. 심실세동에 관한 통전시간과 전류치의 일반적인 관계식은 다음과 같다.

[표 1-1] 전격전류와 인체반응

종류	인체반응	종류
최소감지전류	찌릿함을 느끼는 정도	0.5~1[mA]
이탈전류	접촉된 전원으로부터 자신의 의지로 이탈할 수 있는 최대 한도의 전류(참을수 없을 정도로 고통)	7~8[mA]
불수전류	전격을 받았음을 느끼면서도 스스로 그 전원으로부터 이탈할 수 없는 전류(근육 수축이 격렬)	10~15[mA]
심실세동전류	심장의 기능을 잃게 되어 전원으로부터 떨어져도 수 분내 사망	$\frac{165}{\sqrt{t}}$ [mA]

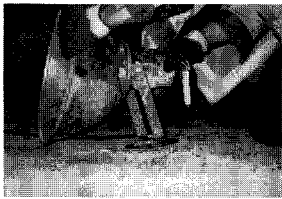
#### 5. 누전에 의한 감전사례

아파트 신축 공사장에서 작업자가 등기구를 설치하려다 감전 사망하였다.

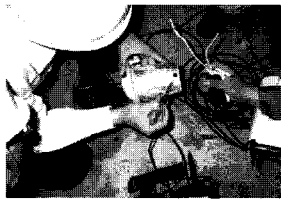
사고발생시기는 한여름 장마철이었으며 바닥에는 약 10cm의 빗물이 고여 있었다. 사고 원인은 등기구에 연결된 전선 피복이 벗겨져 등기구 외함이 누전 되었기 때문이지만 안전조치로서 누전차단기 설치나 외함 접지가 되어 있지 않았기 때문이기도 하다.



【사진 1-1】바닥에 빗물이 고여 있는 사고 현장



【사진 1-2】누전된 전등



【사진 1-3】전선인입부의 이크흔적

## 6. 누전에 의한 감전 예방대책

저압회로의 누전(지락)사고 발생시 해소방법은 <표 1-2>와 같은 방법이 있는데 가장 효과적인 방법과 그대책은 다음과 같다.

【표 1-2】전격전류와 인체반응

누전예방방법	주요내용	관련근거	특기사항
보호접지방식	전기의 금속제 외함이나 철대 등에 접지공사를 하여 지락시 접촉전압을 감소시킨다.	기술기준-판단 기준 제 33조	- 보편적인 방법으로 사용하여 온 방식
누전차단방식	지락사고 전류값 또는 기 외함에 나타나는 접촉전압을 검출하여 전로를 차단함	제41조	- 일반주택과 사업장에서 범용화됨
과전류과전류 차단방식	지락보호를 과전류 차단기로 하는 방식으로 귀환회로를 구성 → 계통접지와 기기보호 접지를 하되 접지저항을 매우 낮게 하면 지락사고시 큰 지락전류가 흐르도록 하여 과전류 차단기가 작동되도록 함	그림 1-6 참조	- 건물의 구조나 철골을 2중, 3중 및 특별한 3중 접지용사 접지극으로 사용한 경우 - 접지전용 귀환선을 중성점/2중 접지시 등에 본명한 경우에 해당
절연변압기 방식	사용기기의 전원측에 절연 변압기를 설치하고 변압기 2차측을 비접지식으로 함으로써 자락 전류가 흐를 수 있는 경로를 만들지 않는 방식이다.	제41조 제1항 5호 제41조	- 변압기의 2차측을 비접지로 하여 1선이 지락되더라도 지락전류가 흐르지 않는 것을 이용
이중절연 기기사용	전기기의 기초절연에 대하여 이중으로 보호 절연이나 강화절연을 한 것을 이중 절연이라 한다.	제1항 4호	- 기 계기구의 기초 절연 이 파괴되더라도 외함에 위험 전압이 인가되지 않게 하는 것
최저전압 기기사용	정격전압이 20~30V 정도로 매우 낮은 전압을 사용한다. (예:수중용 플랑 조명등 : 30V)	제41조	- 사용 전압이 60V 이하인 것은 대상에서 제외함
비금속제 전기기사용	위험을 절연 성능이 있는 것으로 하거나 금속제 외함 위에 PVC나 고무를 입힌 것을 사용 한다.	제41조 제1항 6호	- 외함이 절연물질인 경우 지락사고가 발생하지 않으므로 절연코팅

### (1) 전기기계기구 접지

누전에 의한 감전의 위험을 방지하기 위하여 다음의 해당하는 부분에 대하여는 확실하게 접지를 실시한다.

- ① 전기기계기구의 금속제 외함, 금속제 외피 및 외피 및 철대
- ② 고정 설치되거나 고정배선에 접속된 전기기계기구의 노출된 비충전 금속제 중 충전될 우려가 있는 부분

### (2) 누전차단기 설치

전기기계기구 중 대지전압이 150V를 초과하는 이동형 또는 휴대형의 것에 대하여는 누전에 의한 감전위험을 방지하기 위하여 당해 전로의 정격에 적합하고 감도가 양호하며 확실하게 작동하는 감전방지용 누전차단기를 설치한다.

- ① 물 등 도전성이 높은 액체에 의한 습윤한 장소
- ② 철판, 철골 위 등 도전성이 높은 장소
- ③ 임시배선의 전로가 설치된 장소

### (3) 규격, 검정품의 전기기계기구 사용

규격품 또는 검정품 사용에 따른 성능이 유지·확보되는 제품을 사용하며 감전 사고를 야기한 대부분의 전기기계기구는 절연상태가 불량하므로 신속히 새것으로 교체하거나 수리한다.

### (4) 절연저항 측정

상태가 양호한 전기기계기구도 오래 사용하다 보면 절연상태가 나빠질 수 있다. 즉 누전이 될 수 있는데 누전여부를 판단하는 방법이 절연저항을 측정하는 일이다.

주기적으로 절연저항을 측정하여 아래와 같은 기준에 따라 누전 된 것은 교체, 수리해야 한다.

【표 1-3】절연저항 측정결과의 판정

측정치	상태
$\infty \Omega$	양호
0Ω	누전

절연저항 기준은 전압, 기계, 배선, 설비별로 다르나 전선로는 최저 0.1M $\Omega$  ~ 0.4M $\Omega$  이상이고 일반적으로 저압기기는 1M $\Omega$  이상, 고압기기는 5M $\Omega$  이상이면 양호한 것으로 판정한다.

다음호에 계속 ▶▶