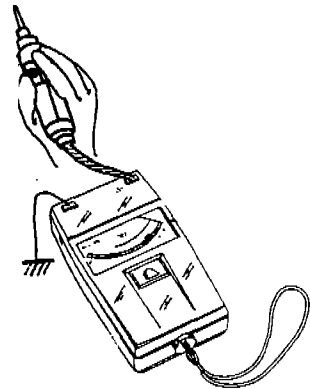
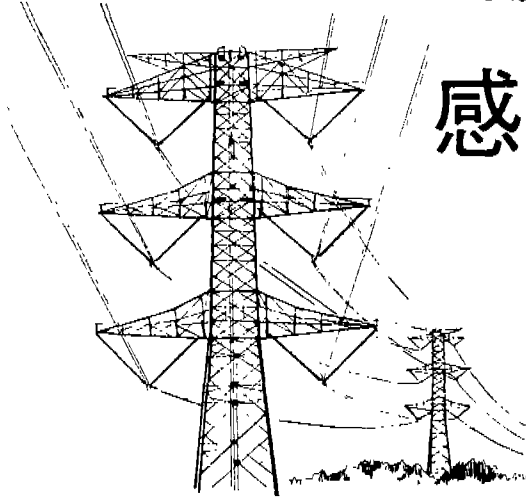


現場技術者を 위한

感電防止技術



1. 感電災害의 개요

감전사망재해에 대한 외국의 통계자료에 의하면 高壓電氣에 의한 것이 67%, 低壓電氣에 의한 것이 33%라고 한다. 또한 피해해구분을 보면 電氣取扱者 49%(高壓 40%, 低壓 9%), 기타 51%(高壓 27%, 低壓 24%)이다. 또한 電氣工事に 관계되는 것이 37%에 달하고 있다.

전기취급자의 피해해비율이 의외로 많고 약 半數에 달하고 있다. 그 대부분은 7~9月の夏季가 전체의 약 44%에 달하고 이 기간에 집중적으로 발생하고 있다. 특히 低壓電氣에 그 같은 경향이 강하다.

電氣取扱者の 특징은 손에서 손, 손에서 발, 손에서 신체의 다른 곳으로와 같이 電氣의 流入, 流出場所가 손인 경우가 압도적으로 많다.

이와 같은 感電災害도 설비와의 개선과 안전의식의 고양으로 대목적으로 감소되었으나 계속적인 注意가 요망되고 있다

感電災害의 특징은 총괄해 보면 다음과 같은 것을 들 수 있다.

① 設備環境面에서 오는 하드웨어에 기인하는 재해요인에 의한 것(보호기기가 없는 不良, 접지가 되어 있지 않는 不良, 活線露出, 울타리, 커버 불량 등)

② 보호, 防護를 소홀히 한 소프트웨어에 기인하는 실수에 의한 것(보호구, 방호구, 防具 등의 사용불비)

③ 管理面에서 오는 관리부족에 기인하는 것(작업지휘, 순서불이행, 교육불철저, 기타)

이상은 모두가 感電防止技術, 전기설비 기술 기준령 등에 의하여 철저한 방지를 기하고 있는 곳이다. 일반적으로는 감전방지기술은 완성되어 있는 것이다.

技術, 물 등에 의한 安全化를 기해도 感電災害가 그치지 않는 것은 감전방지 기술을 어떻게 실행하고 인식하고 있는지 사람의 意識 行動에 관계가 된다고 하겠다.

電氣技術은 사람이 전기기기 등을 취급하는 단계에서 페일세이프, 플르루프의 설비가 원칙이다. 그러나 전기기기 등은 經年劣化, 損壞, 취급방법 등에 따라서는 반드시 영속성이 보장되는 것은 아니다.

또한 전기취급자를 비롯하여 전기기술자, 기계기술자, 기타의 사람이 근방에서 작업을 하거나 직접 또는 간접적으로 電氣의 活線部分에 접촉하는 경우에는 전기에 접촉되어 感電危險性에 빠지게 된다.

다른 안전작업과 마찬가지로 이같은 위험작업에 종사하는 사람은 어떤 백업 보호가 적절한지 管理, 監督에 임하는 사람과 작업원이 모두 함께 잘 認知해야 된다.

다음에 感電防止技術의 내용을 설명하고 어떻게 행동하여야 하느냐에 대한 구체적인 내용과 선택방법에 대하여 해설한다.

2. 設備의 對應

가. 安全設備

감전방지를 위한 안전설비로서는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 安全裝置 감전방지에 일반적으로 사용되고 있는 것은 高速 高感度型 누전차단기이다. 누전차단기는 地絡遮斷器라고도 하며 電路保護(정격감도 전류가 50mA 이상의 것)에 사용되는 것과 차단기는 아니지만 누전화재경보기가 있다. 감전방지용 이외의 것을 感電防止를 목적으로 사용해서는 안된다.

(2) 安全設備 전기설비를 안전하게 사용하기 위해서는 接地에 의한 안전화가 요구된다. 접지

에 의한 안전화는 接地抵抗値에 좌우되며 전기설비에 사용되는 제 1종과 제 2종 및 특별 제 3종의 接地抵抗値과 제 2종 접지저항치와의 균형을 고려해야 된다.

(3) 絶緣化措置 전기설비는 통상의 사람의 행동범위에서는 절연화가 되어 있어야 한다. 絶緣化는 전압제급에 따라 사람이 접촉해도 安全해야 되는 것이 요청되며 이를 위해 최근에는 전기취급자만이 접근하는 곳이라도 電壓階級에 따른 절연화를 가능한 범위에서 실시하고 있다.

(4) 安全化措置 설비를 안전하게 유지하기 위해서는 필요한 울타리, 덮개, 커버 등을 해야 된다.

전기설비의 安全化措置로서 사용되는 울타리 덮개, 커버 등은 필요한 강도가 요구되는 외에 通風, 소동물의 침입방지, 보수자의 점검의 용이성, 事故時의 대응 스페이스의 확보, 주위의 안전화 등 치밀성이 요구되고 있다.

전기설비의 安定化를 위해 建造物의 메드스페이스에 설치되는 것이 발견되는데 설비인 이상 점검, 청소 등이 필요하다. 이와 같은 때에는 반드시 사람이 개재된다. 사람이 개재되면 재해의 발생을 방지하는 레이아웃프가 필요해진다.

이와 같이 설비를 설치하는 階段에서는 사람의 행동을 고려하여 「人間工學, 心理學 등」의 설계고려도 필요해진다. 문의 설치, 비스의 죄임 등에서도 설계자, 工事者의 세밀한 배려가 필요하다. 安全은 그렇게 하지 않으면 유지되지 않는다.

나. 漏電遮斷器의 選擇

누전차단기에는 전로보호용과 감전방지용이 있으며 이것을 이해해야 된다.

(1) 人體의 感電

감전이란 「人體에 電流가 흘러 感知한 경우를 말한다」

따라서 전기에 감전되었다고 해서 반드시 人身障害를 초래하는 것은 아니다. 인체는 전기적

으로는 어떤 抵抗力이므로 감전된 상태에 따라 흐르는 電流值가 다르다. 또한 본질적으로는 感電電流는 접촉부분의 電壓과 電流가 흐르는 용이성 여부에 따라 크게 달라진다.

感電은 人体에 대하여 어떠한 생리적, 물리적 영향을 미치게 되는지를 생각해야 된다. 생리적 영향은 감전되었을 경우에 人体에 心拍停止, 심실세동, 호흡정지 등의 현상이 나타난다. 또한 물리적 영향은 電氣에너지에 의한 傷痕 등이 있다. 이들을 총칭하여 感電災害라고 한다.

(2) 感電의 형태

감전에 의한 人体에 대한 영향은 人体에 흐르는 電流值와 그 시간에 관계되며 이것이 감전강도를 표시하게 된다. 다음 式으로 표시된다.

人体에 흐르는 電流×通電時間

따라서 작은 電流라도 장시간 人体에 通電하면 위험성이 발생하며 큰 전류라도 통전시간이 짧으면 위험성은 적게 된다.

(가) 電流의 크기 人体에 대한 전류의 영향은 표 1과 같다. 이 표에서 대체로 10mA 이상이 위험한계라고 생각된다. 남자보다 여자가 感知電流가 약간 작은 것 같다. 피부저항이 다르기 때문인지 여하간에 20mA 이상이 되면 상당히 위험해진다.

人体에 대한 電流值를 보면 작은 전류에서는 神經系를 침범하여 심실세동 등을 초래하는 것으로 생각된다. 큰 電流에서는 신경계를 침범당하고 심실세류 등을 초래하고 또한 생명은 건져도 傷痕이 남게 된다. 상흔은 전기 에너지에 관계가 되므로 電壓이 높을수록 격렬한 상흔이 남는다. 따라서 후유증이 남게 된다.

(나) 電擊의 지속시간 人体에 어느 정도의 電流가 흐르고 어느 정도 지속되면 위험한지의 가늠으로 通常 다르젤의 式이 사용된다. 다음 式은 남자로서 체중 50kg인 사람의 예이다. T는 秒이다.

〈표 1〉 感電에 대한 人体의 영향

감지전류 (mA)	인 체 에 대 한 영 향	구 분	비 고
1	① 감전을 느낀다. 人体에 대한 영향은 없다. ② 사람에 따라서는 1mA 이하에서도 感知한다. ③ 數mA를 초과하면 자극으로서 느낀다.	감지전류	위험성은 없다.
5 10 20	① 강하게 느낀다. ② 5~20mA의 영역에서 근육이 수축되어 경련을 일으킨다. ③ 남녀 차이가 있는데 통상 10mA가 위험전류이다.	不隨意電流 또는 이탈의 限界라고한다	위험성의 시작의 영역이다.
50이상	① 人体 통과전류가 數10mA에서 心筋이 경련, 신선한 혈액의 공급이 정지되어 사망의 위험성이 있다. 단 시간내에 통전을 정지하면 사망은 면한다. ② 접촉전압, 人体 통과전류, 통과시간의 허용한계가 정해져 있다. ③ 50mA 이상은 상당히 위험하다. 100mA 이상은 극히 위험하다.	심실세동전류	심박이 정지된다. 다르젤의 式을 참고한다.

$$I = 116/\sqrt{T} \text{ [mA]}$$

일반적으로는 이 값에 안전율 1.67을 곱하여 30mA/s를 下限値로서 사용하고 있다. 그 개념을 표시한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 보면 人体에의 通電 지속시간이 짧으면 상당히 큰 電流라도 위험성은 적어진다. 그러나 電路를 차단하는 브레이크 등에는 차단시간이 있기 때문에 限度가 있다. 누전차단기에서는 定格感度電流와 차단시간(高速型에서는 0.1s 이하)이다.

기타 다음과 같은 것이 관계된다.

① 周波數, 電流波形 직류보다도 교류가 위험성이 높고 고주파와 교류의 관계는 분명하지 않다.

② 通電部位, 接觸狀態 통전부위가 심장을 통과할 경우가 가장 강렬하고 전압의 高低에 관계 없이 사망확률이 높다.

(3) 生態에 대한 영향

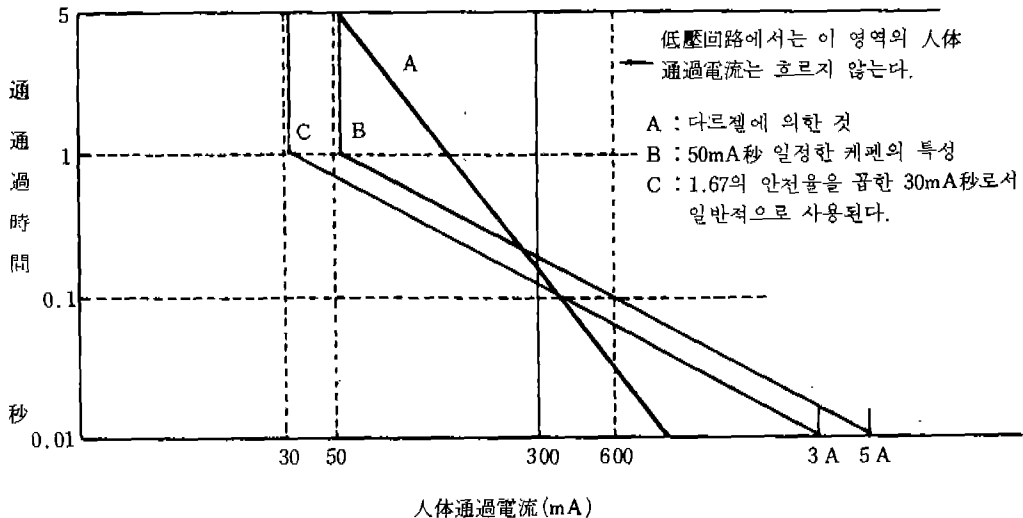
감전의 특징으로 들 수 있는 것으로, 死亡災害가 되거나 종이 한장의 차이로 無障害가 되는 경우가 있다. 무장해의 대부분은 감전 전

류치가 작거나 保護裝置(지락차단기)에 의하여 살아난 경우이다.

감전에 의한 사망인 경우에는 心拍停止와 호흡정지를 수반하는 수가 많다. 또한 高所 추락 사고가 있다. 고전압의 경우에는 大電流에 의한 조직의 손상에 의하여 좀처럼 치유되지 않는 수가 많다.

실수로 充電流分을 잡았을 때 손을 놓을 수 있는지 여부도 중대한 문제이다. 그 한계를 離脫電流라고 한다. 전류가 5mA 이하이면 대다수의 사람은 이탈이 가능하다. 生態에 관한 영향으로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- ① 感知, 전격을 느낀다.
- ② 손을 뗄 수 없다(不隨意電流)
- ③ 上肢, 下肢 등의 경련이 발생한다.
- ④ 호흡근에 경련이 발생하고 호흡곤란, 질식한다.
- ⑤ 心拍停止(심실세류)
- ⑥ 호흡정지
- ⑦ 失神
- ⑧ 생태조직의 손상(화상, 케로이드, 상처가



〈그림 1〉 心室細動電流-通過時間의 限界

남는다. 이들은 고압 이상인 때에 많다).

⑨ 2次災害(고소추락, 충돌 등은 감전에 의하여 손을 놓았을 때에 발생한다)

또한 水中에서의 可隨限界는 전계강도로 표시하면 2.5V/m로 추정되고 있다 (동물실험의 결과 상용 주파, 均일전계, 水温 30°C의 경우). 水中의 경우에는 電圧値 數V 이하에서도 위험해진다.

(4) 漏電에 의한 感電의 防止

人体에 누전되어 감전될 경우에는 그 누전전류를 검출하여 電路를 차단하면 감전은 방지할 수가 있다. 이 목적에 사용되는 것이 高速 高感度型 누전차단기이다.

感電防止를 목적으로 사용되는 누전차단기의 감도전류는 10mA 정도가 되는데 여러가지 사정으로 표 2와 같은 특성의 것이 시판되고 있다.

여러가지 사정이란 電氣回路의 靜電容量 등에 의한 불필요한 동작 때문이며 이를 위한 고려를 해야 된다. 따라서 電路保護와 감전방지의

의의를 알아둘 필요가 있다.

人体를 통하여 누전되어 感電되는 경우는 다음의 두 가지를 생각할 수 있다.

① 직접 電氣回路에 접촉되었을 경우

② 누전되어 金屬質의 커버 등에 인체가 접촉되었을 경우

후자의 경우는 전기회로에 개재되는 金屬質의 커버 등을 접지하여 유효한 接地抵抗値로 유지하면 감전을 방지할 수가 있다.

①과 같은 누전에 의한 감전을 방지하기 위해 설비되는 것이 高速 高感度型 누전차단기이다. 통상 定格感度電流가 30mA 이하, 작동시간이 0.1초 이하가 사용된다.

① 電路保護를 목적으로 하는 地絡遮斷器 주로 전기설비기술기준령에 의하여 설치되는 것으로 電路保護와 감전방지를 겸하는 것이다. 단, 정격감도 전류가 50mA 이상, 作動時間이 0.1초 이상의 것은 충분한 감전방지를 할 수 없다. 실제로는 이 지락차단기에 의하여 생명을 구한 예

〈표 2〉 누전차단기의 종류

종 류	定格感度電流와 동작시간		적 용 범 위 기 타
	정격감도전류 (mA)	동작시간 (s)	
고속고감도형	5 15 30	정격감도전류에서 0.1s 이내	① 안전수칙의 적용을 받는 모든 장소 ② 기술기준령의 적용을 받는 모든 장소 ③ 전기적 환경이 나쁜 곳 특히 인체가 습윤된 장소에 있을 경우, 전기기기의 접지가 곤란한 경우에는 정격감도 전류 15mA 이하의 것을 사용한다.
고속중감도형	50 200 300 500 1A 등	정격감도전류에서 0.1s 이내	① 기술기준령의 적용을 받는 모든 장소 ② 사용 전기기기의 접지를 확실하게 함으로써 감전방지를 할 수 있고 일반적으로 부하용량이 큰 공장에 권장한다. ③ 일반적으로는 100, 200, 500mA 등을 선정한다.
비 고	충격과 부동작형, 反限時形, 時延型등이 있으며 각각의 회로특성에 맞는 곳에 사용한다. 고압전기용 등 세부의 선택은 기술자의 설계에 일임하고 있다.		

가 많다.

② 感電防止를 목적으로 하는 漏電遮斷器 인체에 감전되었을 경우에 이것을 보호하기 위한 것으로 定格感度電流가 30mA, 10mA, 5mA가 시판되고 있다. 대부분이 30mA의 것을 사용하고 있다. 不動作 영역에 약간의 문제가 있는데 대체로 만족된다.

(5) 漏電遮斷器의 原理

누전차단기에는 전압동작형과 전류동작형이 있는데 현재 사용되고 있는 것은 電流動作形이다. 그 동작회로를 든 것이 그림 2이다.

누전차단기는 통상 영상변압기(ZCT) 속을 통과하는 往路電流와 歸路電流에 의한 磁束은 서로 소멸시켜 2차권선에는 電壓을 誘起하지 않는다. 그림과 같이 負荷側에서 사고 등으로 지락이 발생하면 지락된 線이 I_1 이라면 I_1 은 정상 루트로 돌아오는 것과 大地를 통하여 變壓器의 2중 어드로 돌아오는 I_g 로 분류된다. 영상변압기를 통과하는 電流의 벡터식은 다음과 같다.

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 = \vec{I}_{01}$$

영상변압기의 철심에는 I_{01} 에 의한 磁束 ϕ_{01} 이 발생하여 2차측에 電壓이 誘起되며 누전차단기(ELB)가 작동하여 M_g 에 의하여 回路를 개방한다. 또한 單相의 것은 往路電流와 귀로전

류의 차이를 검출하여 누전차단기가 작동한다.

용어의 정의는 다음과 같다.

① 定格電流 연속적으로 차단장치의 主回路에 통전할 때의 허용전류의 값을 말한다.

② 定格感度電流 $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 전압의 변동범위를 定格電壓의 85%에서 110%까지로 할 경우에 遮斷裝置가 완전히 작동할 때의 零相變流器의 1차측 검출전류의 값을 말한다.

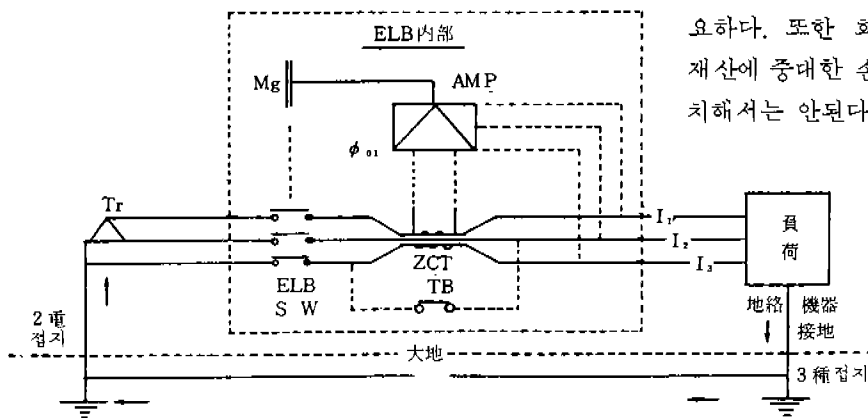
③ 定格不動作電流 $-10\sim 50^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 전압의 변동범위를 定格電壓의 85%에서 110%까지로 할 경우에 遮斷裝置가 전혀 동작하지 않을 때의 영상변류기의 1차측 檢出電流의 값을 말한다.

④ 定格感度電流의 性能 차단장치는 이것이 접속되는 可搬式 또는 이동식의 電動機械器具 구별에 따라 정격감도전류가 30mA 이하인 적절한 값의 것을 사용할 것(고속고감도형일 것).

⑤ 定格感度電流와 定格不動作電流와의 差 차단장치는 정격부동작전류가 정격감도전류의 50% 이상이고 또한 이들의 차이가 가급적 작은 것을 사용할 것.

⑥ 作動時間 차단장치는 작동시간이 0.1초 이하의 가급적 작은 것을 사용할 것.

이상은 인체보호를 위한 지침의 개요이다. 누전차단기는 설치하면 되는 것이 아니다. 확실하게 그 성능이 발휘되어야 하는 것이 중요하다. 또한 회로차단이 인간의 생명, 재산에 중대한 손상을 미칠 장소에는 설치해서는 안된다.



<그림 2> 漏電遮斷器의 動作回路 모형도

(다음호에 계속)