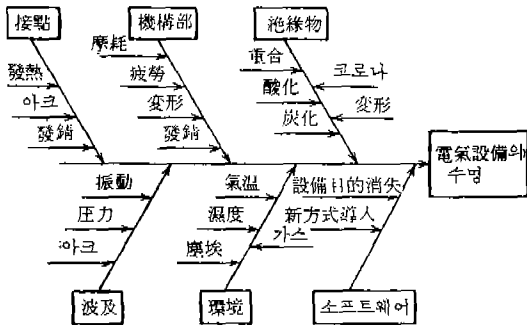


故障電圧과 接触安全電圧

전기기기의 열화는 그림 1과 같이 주요 기능별로 볼 때 절연물, 접점(도체), 기계적 부분의 열화로 구분된다. 각각에 열화의 요인을 특정지을 수가 있다. 이밖에 환경에서 가해지는 스트레스를 고려하지 않을 수가 없다.

전기기기의 지락을 대상으로 생각하면 절연물의 열화가 主因이고 절연물 자체의 물리적, 화학적 변화에 의한 열화와 환경조건에서 오는 열화, 특히 진애와 습기의 복합요인을 고려해야 된다.

지락전류는 일반적으로 전기기기의 절연이 저하되어 그 케이스를 통하여 대지로 흐르거나 송배전선 등이 애자의 절연불량 또는 단선 등에 의하여 대지에 흐르거나 하는 전류를 말한다. 지락전류와 전기기기의 접지저항의 적에 상당하는 전압이 전기기기의 케이스에 발생하여 여기에 사람이 접촉되면 전격을 받기 때문에 안전한 전압을 파악해야 된다.



〈그림-1〉 電氣設備의 劣化要因

1. 接地工事의 종류와 接地抵抗

전기안전면에서 전기기기의 금속제 외함이나 저

압전로에는 접지공사를 하도록 전기설비기술 기준령에 정하고 있다. 이 접지공사의 종류에는 4종류가 있으며 각 접지공사의 접지저항치는 표 1과 같다.

특히 제 2종 접지공사는 변압기의 저압측의 중성점 또는 일단에 시공하는 것으로서 고압측과 저압측의 절연이 파괴되었을 경우 등에 저압측의 전위

〈표-1〉 接地工事의 종류와 接地抵抗値

접지공사의종류	접 지 저 항 치
제 1종접지공사	10Ω 변압기의 고압측 또는 특별고압측의 전로의 1선지락전류의 암페어수로 150 (변압기의 고압측의 전로 또는 사용전압이 35000V 이하의 특별고압측의 전로와 저압측의 전로와의 혼속에 의하여 저압전로의대지전전압이 150V를 초과한 경우에 1초를 초과, 2초 이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압이 35000V 이하의 특별고압전로를 차단하는 장치를 설치할 때에는 300, 1초 이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압이 35000V 이하의 특별고압전로를 차단하는 장치를 설치할 때에는 600)을 나눈 값과 같은 Ω수
제 3종접지공사	100Ω (저압전로에서 당해 전로에 地氣가 발생한 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 때에는 500Ω)
특별제 3종 접지공사	10Ω (저압전로에서 당해 전로에 地氣가 발생한 경우에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 때에는 500Ω)

상승을 원칙적으로 150V 이하로 억제한다는 사고 방식에 의거하고 있다. 이를 위한 접지저항치는 1 선지락전류를 I [A]라 할 때

$$\text{접지저항치} = \frac{150}{I} \text{ } [\Omega]$$

로 정하고 있다.

2. 機器接地

전기기기는 정상적인 상태에서는 인간의 손에 접촉되는 부분에 전류가 흐르지는 않는데 어떤 고장에 의하여 절연이 파괴되어 여기에 전류가 흐르는 경우가 있다. 즉 누전이다. 이 상태에서 인간이 접촉되면 감전될 위험성이 있다. 이것을 방지하기 위해 미리 프레임 등을 접지해둔다. 접지를 기기접지라고 한다.

전기설비기준령에서는 전로에 시설하는 기계기구의 철대 및 금속제 외함에는 접지공사를 하도록 정하고 있다. 그 종류를 표 2에 들었다.

또한 매지전압 150V 이하의 기계기구를 건조한 장소에 시설한 경우에는 접지할 필요는 없다. 또한 누전차단기 등을 설치하여 지락보호를 한 경우에는 제 3종 및 특별제 3종접지공사의 접지저항치는 500Ω까지 완화된다.

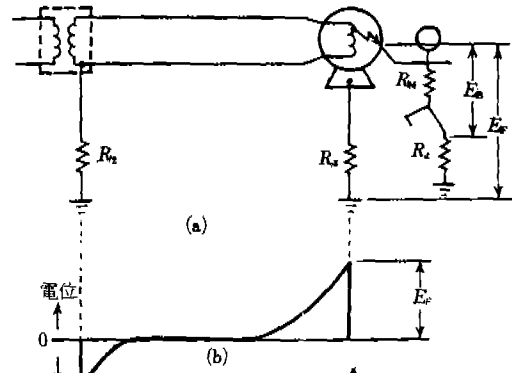
〈표-2〉 機器接地

기계기구의 구분	접지공사
고압용 또는 특별고압용의 것	제 1종 접지공사
300V를 초과하는 저압용의 것	특별제 3종접지공사
300V 이하의 저압용의 것	제 3종 접지공사

3. 故障電壓과 接觸電壓

전기기기에서 사고 또는 과실에 의하여 지락이 발생했을 때 기기의 외부에 나타나는 위험한 전압을 고장전압이라고 한다.

전기기기에서 지락이 발생한 경우에 지락전류는 일반적으로 기기의 외부 금속에 접속된 접지극을 통하여 매지에, 매지에서 제 2종 접지극으로 흐른다.



〈그림-2〉 故障電壓과 接觸電壓

이때 각 접지극의 접지저항에 의하여 지표면상에는 그림 2 (b)와 같은 전위분포가 나타난다. 고장전압이란 지표면상의 전위가 영의 위치에서 측정된 기기의 매지전압 E_f 를 말한다.

또한 이같은 상태인 때 기기 외부의 금속에 사람이 접촉되면 고장전압의 일부 E_b 가 인체에 가해진다. 이것이 접촉전압이다. 접촉전압은 사람이 서있는 지표면상의 전위, 사람과 매지와의 접촉저항에 의하여 변화하기 때문에 정확한 접촉전압을 검출하기 위해서는 인체 자신에 검출장치를 장치해야 된다. 따라서 감전재해의 방지대책을 고려할 때에는 최악조건을 고려하여 접촉전압을 고장전압과 같다고 보는 것이 일반적이다.

가령 그림 3에서 만일 전동기 M의 절연이 저하되어 전동기의 프레임에 전위가 발생했다면 고장전압 E_f 는 (1)식과 같이 표시된다.

$$E_f = \frac{R_3}{R_2 + R_3 + R_L} \cdot U \tag{1}$$

R_L 은 낮은 값이며 $R_2 \cdot R_3$ 에 비하여 무시할 수 있을 정도로 작으므로

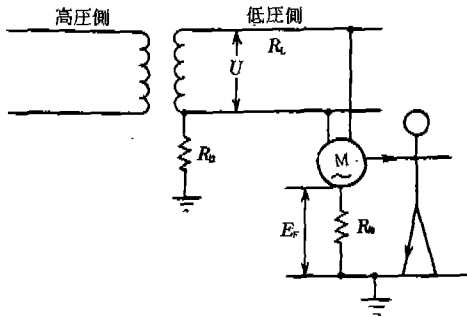
$$E_f = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot U \tag{2}$$

가 된다.

접촉전압에 의한 전격방지대책으로서는

(i) 누전차단장치 등에 의하여 지락을 검출하여 전원을 차단한다.

(ii) 전기기기의 금속제 외함 등의 접지저항을 낮



R_1 : 第2種接地抵抗(Ω), R_2 : 第3種接地抵抗(Ω)
 R_3 : 電路의 抵抗(Ω), U : 電壓(V)
 E_f : 地絡事故點의 對地電壓(V)

(그림-3) 電動機 地絡時의 電路

게 한다.

(iii) 접지극 주변에 자갈들을 깔든지 콘크리트를 타설하여 인체의 대지접촉저항을 높게 한다. 등이 있다.

4. 接觸安全電壓

지락이 인체를 통하여 발생하면 지락전류는 인체를 통과하여 어떤 허용한도를 초과하면 감전사에 이른다. 다른 전기사고는 주로 전기설비에 대하여 피해가 있는데 대하여 지락은 인체에 대해서도 영향을 미치므로 특히 일반적으로 사람이 접촉할 가능성이 높은 저압계통에서는 그 보호에 대한 주의가 필요해진다.

특히 저압에서는 전기취급자 이외의 일반인의 사망비율이 높은만큼 앞으로 더욱 감전보호대책을 강화시켜 나가야 될 것이다.

(1) 電流와 人體의 反應

감전은 인체를 전류가 통과함으로써 발생하는 것으로 인체가 전원에 접촉해도 인체에 전류가 흐르지 않으면 감전은 발생하지 않는다. 또한 인체를 전류가 통과한 경우에도 그 조건에 따라 찌릿하고 느낄 정도의 것에서부터 화상, 심한 경우 사망이라는 중대재해까지 여러가지의 정도가 있다.

감전재해의 정도를 결정하는 것으로서 다음 사항을 들 수 있다.

- (i) 인체를 통과하는 전류의 크기
 - (ii) 통과시간
 - (iii) 통전경로
 - (iv) 전원의 종류(교류, 직류별) 및 주파수
 - (v) 전류 상승률
- 상기 중에서 특히 중시되는 것이 인체를 통과하는 전류의 크기와 통과시간이다.
 인체의 통전에 대한 반응을 표3에 들었다.

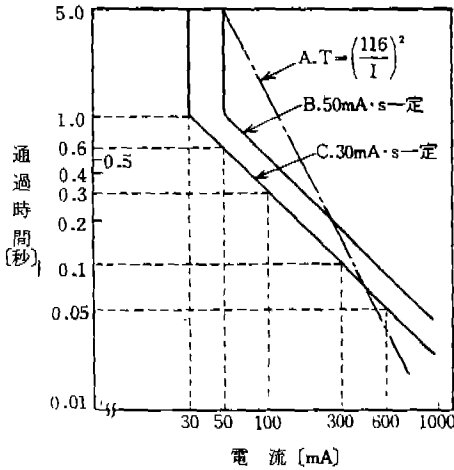
(표-3) 通電에 對한 人體의 生理反應

生 理 反 應	通過電流 [mA]
자극으로서 느끼게 된다 이 영역의 전류를 「감지전류」라고 한다.	0.5~5
근육이 수축경련하며 도체를 이탈시킬 수가 없게된다. 이 전류를 「불수의 전류」 또는 「이탈한계전류」라고 한다.	5~20
심장을 작동시키고 있는 근육 즉 심근의 팽창, 수축이 정지되고 심근이 가늘게 진동을 시작하며 사망할 위험성이 있다. 이 영역의 전류를 「심실세동전류」라고 한다	수10이상

현단계에서는 아직 어떤 전류치와 통과시간의 경우에 심실세동 또는 호흡불능이 되는지 명확하지는 않는데 저압전로에서의 감전사망 재해의 대부분의 원인이 심실세동의 의한 것이라고 전세계 대부분의 전문가들 사이에서 의견의 일치를 보고 있다.

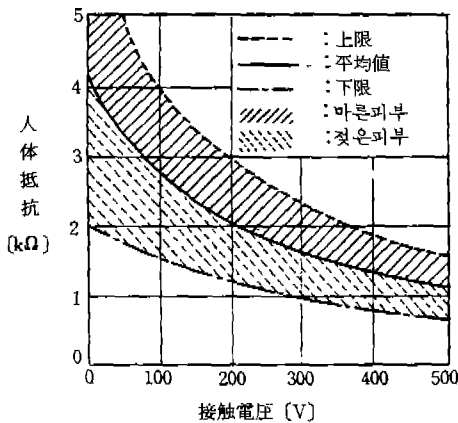
감전보호를 고려할 경우 심실세동현상 발생개시의 한계치는 극히 중요한데 인간을 대상으로 하는 경우 직접 인체실험에 의하여 측정하기는 불가능하기 때문에 그 한계치에 대해서는 많은 견해가 있으며 정밀한 값에 대해서는 현재도 명확하지 않다. 그러나 동물에 의한 실험에 의하여 그림4와 같이 심실세동한계치 50mA·초라는 대체적인 가늠은 나와 있으며 서구 제국에서는 이 값에 대하여 1.67의 안전율을 감안한 30mA·초를 실용상의 허용전류시간적으로서 각종의 보호대책이 강구되어 크게 성과를 거두고 있다.

(2) 人體抵抗



A: 달질의 心室細動限界線
 B: 케펜의 心室細動限界線
 C: 케펜에 1.67의 安全率을 감안한 心室細動限界線

〈그림-4〉 心室細動 電流時間限界



〈그림-5〉 接觸電壓과 人体抵抗

인체에 흐르는 전류의 크기는 인체의 전기저항과 인체에 인가되는 전압에 의하여 결정된다.

인체저항은 피부의 진습의 상태, 접촉전압의 크기, 접촉압력 등에 의하여 변화한다. 또한 개인차, 심리적 영향에 따라서도 차이가 있다.

그림5는 인체저항과 인체에 가해지는 전압, 즉 접촉전압과의 관계를 든 것으로서 전압이 높으면 높을수록 또한 피부가 습할수록 인체저항은 작아지고 따라서 흐르는 전류가 커진다는 것을 알 수 있다.

인체저항은 최악조건에서 500Ω 정도까지 저하된다.

(3) 許容接觸電壓

감전에 의한 사망재해 등의 직접원인은 전압이 아니고 전류인데 실제상의 보호대책을 고려할 경우에 안전한계로서 허용접촉전압으로 표시하는 것이 편리한 경우도 있다.

허용접촉전압은 인체의 허용전류(그림4)와 인체저항(그림5)을 알면 자연히 결정된다.

허용접촉전압으로서는 표4의 값이 기준으로 되고 있다.

〈표-4〉 許容接觸電壓

종 별	접 촉 상 태	허용접촉 전압[V]
제 1종	인체의 대부분이 수중에 있는상태	2.5이하
제 2종	인체가 현저하게 젖어있는상태	25이하
	급속성의 전기기계장치나 구조물에 인체의 일부가 상시 접촉되고 있는 상태	
제 3종	제 1종 및 제 2종 이외의 경우로 통상의 인체상태에서 접촉전압이 가해지면 위험성이 높은 상태	50이하
제 4종	제 1종 및 제 2종 이외의 경우로 통상의 인체상태에서 접촉전압이 가해져도 위험성이 낮은 상태	제한없음
	접촉전압이 가해질 위험성이 없는 경우	

제 1종의 인체의 대부분이 수중에 있을 경우에는 익사라는 2차재해를 생각할 수 있으므로 불수의 전류의 5mA를 채용하여 인체저항은 수중에서는 당연히 젖어 있으므로 500Ω을 채용하고 이 양쪽의 적위 2.5V를 허용접촉전압으로서 구한 것이다.

제 2종의 경우에는 심실세동 전류의 50mA를 채용하고 인체저항은 젖어 있으므로 500Ω을 채용하면 그 적으로서 25V가 된다.

제 3종의 경우에는 심실세동전류의 50mA를 채용하고 인체저항을 1000Ω로 한 경우에 그 적으로서 50V가 된다.

*