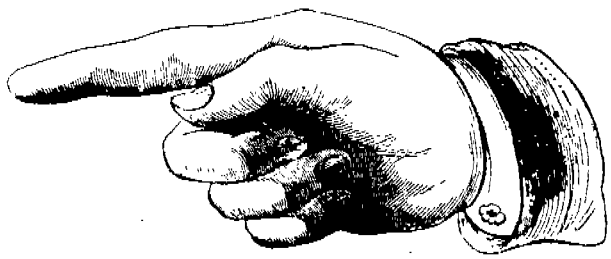
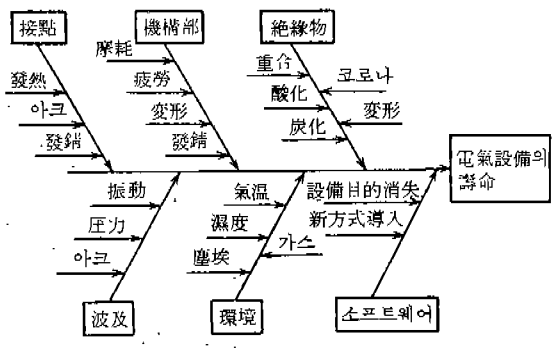
故障電圧과 接触安全電圧



電氣機器의 劣化는 그림 1에 表示하는 바와 같이 主要한 機能別로 생각해 보면 絶緣物, 接點(導体), 機械的部分의 劣化로 나누어져 각기의 劣化의 要因이 特定된다. 이 밖에 環境에서 加해지는 스트레스를 고려하여야 한다.

電氣機器의 地絡을 대상으로 생각하여 보면 絶緣物의 劣化가 主要因이고 絶緣物自体의 物理的, 化學的 変化에 의한 劣化와 環境條件에서 오는 劣化, 特히 먼지와 濕氣의 複合要因을 고려하여야 한다.

地絡電流는 일반적으로 電氣機器의 絶緣이 劣化하여 그 케이스를 통하여 大地에 흐르거나 送配電線 등이 애자의 絶緣不良 또는 断線 등에 의하여 大地에 흐르거나 하는 電流를 말한다. 地絡電流와 電氣機器의 接地抵抗의 곱에 相當하는 電圧이 電氣機器 케이스에 發生, 이에 사람이 닿으면 電撃을 받으므로 安全한 電圧을 파악할 필요가 있다.



〈그림 1〉 電氣設備의 劣化要因

1. 接地工事의 종류와 接地抵抗

우리나라에서는 電氣安全을 도모하기 위하여 電氣機器의 金屬製外函이나 低圧電路에는 接地工事를 하도록 電氣設備技術基準 第19條에 규정되어 있다. 이들에게 施工하는 接地工事의 種類에는 4種類가 있는데, 各接地工事에서의 接地抵抗値는 표 1과 같다.

특히 第2種接地工事는 変圧器의 低圧側 中性點 또는 一端에 施工하는 것으로서, 高圧側과 低圧側의 絶緣이 파괴됐을 때 등에 低圧側의 電位上昇을 原則的으로 150V 以下로 억제하도록 하는 데 있다. 그 때문에 接地抵抗値는 1線地絡電流를 I(A)로 하였을 때

$$\text{接地抵抗値} = \frac{150}{I}\ [\Omega]$$

로 定하고 있다.

〈표 1〉

접지공사의종류	접 지 저 항 치
제1종 접지공사	10오옴
제2종 접지공사	변압기의 고압측 또는 특별고압측의 전로의 1선 지락전류의 암페어 수로 150 (변압기의 고압측의 전로 또는 사용전압이 3만5천볼트 이하의 특별고압측 전로가 저압측 전로와 혼촉에 의하여 대지전압이 150볼트를 넘는 경우로서 1초를 넘고 2초이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압이 3만5천볼트 이하의 특별고압전로를 차단하는 장치를 설치 할 때는 300, 1초이내에 자동적으로 고압전로 또는 사용전압 3만5천볼트 이하의 특별고압 전로를 차단하는 장치를 설치할 때는 600)을 나눈 값과 같은 오옴 수
제3종 접지공사	100 오옴
특별 제3종 접지공사	10 오옴

2. 機器接地

電氣機器는 正常的인 상태에서는 사람의 손이 닿은 部分에 電流가 흐르는 일이 없으나 어떠한 故障에 의하여 絶緣이 파괴되어 이에 電流가 흐를 때가 있다. 즉, 漏電이다. 이 狀態에서 사람이 닿으면 感電될 우려가 있다. 이를 防止하기 위하여 미리 프레임 등을 接地하여 둔다. 이 接地를 機器接地라고 한다.

電氣設備技術基準에서는 電路에 시설하는 機械器具의 鐵台 및 金屬製外函에는 接地工事를 하도록 규정하고 있다. 그 種類를 표2에 표시한다.

또 對地電圧이 150V 以下인 機械器具를 건조한 장소에 시설하였을 때는 接地가 필요없다.

3. 故障電圧과 接触電圧

電氣機器에서 事故 또는 過失에 의하여 地絡이 發生하였을 때 機器 外部에 나타나는 위험한 電圧을 故障電圧이라 한다.

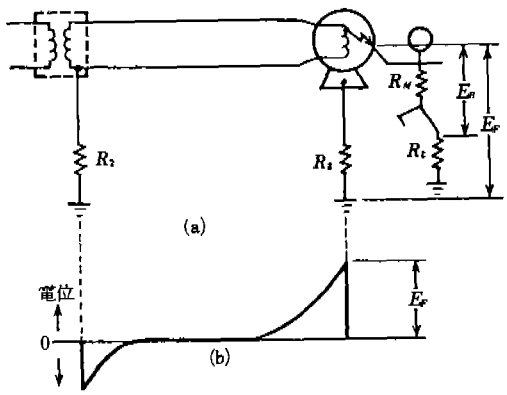
〈표 2〉

機械器具의 區分	接 地 工 事
高圧用 또는 特別高圧用	第1種 接地工事
400V를 넘는 低圧用의 것	特別第3種 接地工事
400V以下의 低圧用	第3種 接地工事

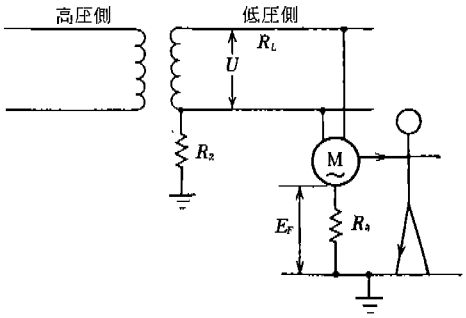
電氣機器에서 地絡이 생긴 경우, 地絡電流는 一般的으로 機器의 外部金屬에 접속된 接地極을 통하여 大地로, 大地에서 第2種接地極으로 흐른다. 이때 各接地極의 接地抵抗에 의하여 地表面上에는 그림2 (b)에 표시하는 바와 같은 電位分布가 나타난다. 故障電圧이란 地表面上의 電位가 0인 位置에서 측정한 機器의 對地電圧 E_F인 것이다.

또 이와 같은 狀態일 때 機器外部의 金屬에 사람이 닿으면 故障電圧의 一部 E_B가 人体에 加해진다. 이것이 接触電圧이다. 接触電圧은 사람이 서있는 地表上의 電位, 사람과 大地와의 接触抵抗에 의하여 変化하기 때문에 眞接触電圧을 檢出하려면 人体自身에 檢出裝置를 장비하여야 한다. 그 때문에 感電災害의 防止對策을 고려할 때는 最惡의 조건을 고려하여 接触電圧을 故障電圧과 동일하게 보는 것이 一般的이다.

例를 들면 그림3에서 만일 電動機 M의 絶緣이 低下하여 電動機의 프레임에 電位가 생겼다



〈그림 2〉 故障電圧과 接触電圧



R_2 : 第2種接地抵抗〔Ω〕, R_3 : 第3種接地抵抗〔Ω〕
R_L : 電路의 抵抗〔Ω〕, U: 電圧〔V〕
E_F : 地絡事故點의 對地電圧〔V〕

〈그림 3〉 電動機地絡時의 電路

고 하면 故障電圧 E_F는 (1)式으로 표시된다.

$$E_F = \frac{R_3}{R_2 + R_3 + R_L} \cdot U \qquad (1)$$

R_L은 낮은 값으로 $R_2 \cdot R_3$에 比하여 無視할 수 있을만큼 작으므로

$$E_F = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot U \qquad (2)$$

가 된다.

接触電圧에 의한 電擊防止對策으로는

(1) 漏電遮断裝置 등에 의하여 地絡을 檢出, 電源을 차단한다.

(2) 電氣機器의 金屬製外函 등의 接地抵抗을 낮게 한다.

(3) 接地極 주변에 자갈 등을 깔거나 콘크리트를 打設하여 人体의 對地接触抵抗을 높인다.
등이 있다.

4. 接触安全電圧

地絡이 人体를 결쳐서 발생하면 地絡電流는 人体를 통과, 어떤 許容限度를 넘으면 感電死에 이른다. 다른 電氣事故는 주로 電氣設備에 대해서 피해가 있는데 비하여 地絡은 人体에 대해서도 영향을 미치므로 特히 一般人이 接触할 가능성이 높은 低圧系統에서는 그 保護에 대한 注意가 필요해진다.

特히 低圧에서는 電氣取扱者 이외의 일반인이 死亡하는 比率이 많으므로 앞으로도 感電保護對策을 强化해 나가야 할 필요가 있다.

(1) 電流와 人体의 反應

感電은 人体를 電流가 通過함으로써 일어나는 것으로, 人体가 電源에 接触하여도 人体에 電流가 흐르지 않으면 感電은 되지 않는다. 또 電流가 人体를 通過하였을 때에도 그 條件에 따라 찌릿하고 느끼는 程度부터 火傷이나 나아가서는 死亡이라는 重大災害까지 여러가지의 程度가 있다.

感電災害의 程度를 決定하는 것으로는 다음과 같은 事項을 들 수 있다.

① 人体를 通過하는 電流의 크기
② 通過時間
③ 通電經路
④ 電源의 種類(交流·直流別) 및 周波數
⑤ 電流上昇率

上記中에서 특히 重要視되는 것이 人体를 통과하는 電流의 크기와 通過時間이다.

人体의 通電에 대한 反應을 표3에 든다.

現段階에서는 아직 어떠한 電流値와 通過時間의 경우에 心室細動 또는 呼吸 不能이 되는가는 明確하지 않으나 低圧電路에서의 感電死亡 災害의 大部分의 原因이 心室細動에 의한다는 것이 全世界 專門家間의 一致된 意見이다.

〈표 3〉 通電에 대한 人体의 生理反應

生 理 反 應	通過電流〔mA〕
자극을 느끼게 된다. 이 영역의 電流를 「感知電流」라고 한다.	0.5~5
근육이 수축 경련, 導体를 떼어 놓을 수 없게 된다. 이 電流를 「不隨意電流」 또는 「難脫限界電流」라고 한다.	5~20
심장을 움직이고 있는 근육, 즉 心筋의 痙攣, 수축이 정지하고 心筋이 가늘게 진동을 시작, 死亡할 우려가 있다. 이 영역의 電流를 「心室細動電流」라고 한다.	數10이상

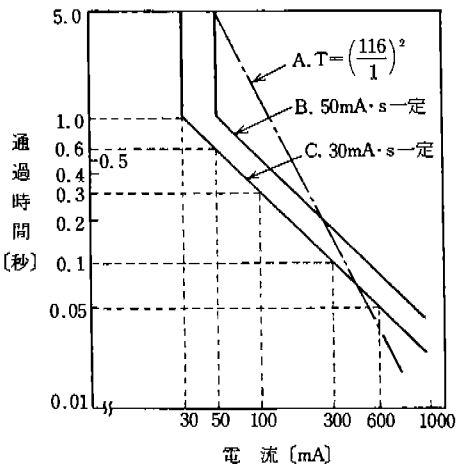
感電保護를 생각할 때 心室細動現象 發生開始의 限界値는 극히 중요하나 사람을 對象으로 할 때 直接 人体實驗에 의하여 測定하는 것은 不可能하기 때문에 그 限界値에 대하여는 여러가지 見解가 있고, 精密한 값에 대하여는 現在까지도 明確하지는 않다. 그러나 動物 등에 의한 實驗에 의하여 **그림 4**에 표시하는 바와 같이 心室細動限界値 50mA·秒라는 大体의 가늠은 算出되어 있고, 西歐諸國에서는 이 값에 대해 1.67의 安全率을 본 30mA·秒를 實用上의 許容電流時間곱으로서 各種 保護對策이 강구되고 感電保護用 漏電遮断器의 性能基準으로 하고 있다.

(2) 人体抵抗

人体에 흐르는 電流의 크기는 人体의 電氣抵抗과 人体에 인가되는 電圧에 의하여 결정된다.

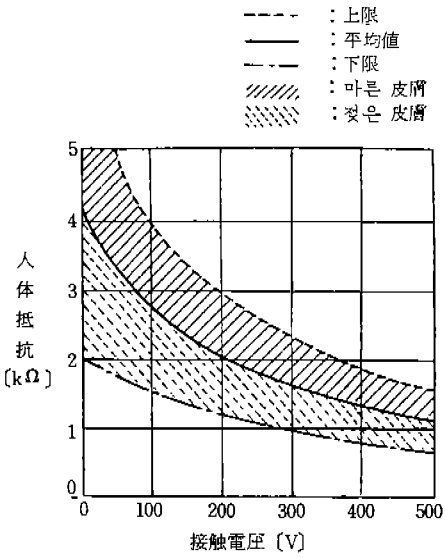
人体抵抗은 피부의 乾濕狀態, 接触電圧의 크기, 接触圧力 등에 의해 変化한다. 또 個人差, 心理的 영향 등에 따라서도 差가 있다.

그림 5는 人体抵抗과 人体에 加해지는 電圧, 즉 接触電圧과의 關係를 表示한 것으로, 電圧이 높으면 높을수록, 또한 피부가 젖어 있을수록



A : 머르질의 心室細動 限界線
B : 케펜의 心室細動 限界線
C : 케펜에 1.67의 安全率을 본 心室細動 限界線

〈그림 4〉 心室細動電流 時間限界



〈그림 5〉 接触電圧과 人体抵抗

人体抵抗은 작아지며 따라서 흐르는 電流가 커지는 것을 알 수 있다. 人体抵抗은 最惡의 條件에서 500Ω程度까지 低下한다.

(3) 許容接触電圧

感電에 의한 災害 등의 直接原因은 電圧이 아니고 電流지만 實際上의 保護對策을 고려할 때 安全限界로서 許容接触電圧으로 표시하는 편이 便利한 경우도 있다.

許容接触電圧은 人体의 許容電流(그림 4)와 人体抵抗(그림 5)을 알면 자연히 定하여진다.

第1種의 人体 大部分이 水中에 있을 때는 溺死라는 2次災害가 豫想되므로 不隨意電流의 5mA를 취하고 人体抵抗은 水中이면 당연히 젖어 있으므로 500Ω를 채택, 이 兩者의 곱인 2.5V를 許容接触電圧으로하여 求한 것이다.

第2種의 경우는 心室細動電流의 50mA를 취하고 人体抵抗은 젖어 있으므로 500Ω을 취하면 곱으로서 25V가 된다.

第3種의 경우는 心室細動電流의 50mA를 취하고 人体抵抗을 1,000Ω로 하였을 때 그 곱으로서 50V가 된다.