

漏電에 의한 災害와 防止對策

李基玩 <點檢 2部>

1. 序 論

電氣는 생활, 경제, 산업활동에서 重要한 energy源으로써 看做되고 있지만, 한편으로는 상당한 危險性을 內包하고 있어 感電 및 火災事故의 原因이 되기도 한다. 산업의 高度化 및 국민생활 수준의 向上으로 전기설비도 大形化, 多養化되고 있으며 이로 因하여 전기안전사고도 점차 大形化되고 있는 趨勢이다.

독립기념관 火災事故나 W변전소火災 등에서와 같이 사회적인 混亂이 惹起될 수도 있으며 전기 사용량의 증가 趨勢에 비추어 電氣災害도 增加하고 있는 실정이다. 電氣로 인한 災害는 기기의 구조, 經年열화, 工事, 취급방법 등 각종 要因에 의해 發生되고 있는데 本稿에서는 漏電에 의한 災害에 대해 論하고자 한다.

2. 漏電에 의한 災害

전선 또는 전기기기의 絶緣이 변질되어 電流가 금속체 등 導電性 物質을 통하여 대지로 漏洩되면 感電 및 電氣火災를 일으키게 된다.

(1) 感 電

감전이란 人體의 一部 또는 大部分에 전류가 흘러 shock(電擊)를 받는 現象인데, 人體에 電流가 흘러 어느정도 이상이 되면 전류의 熱作用에

의해 전기의 유입구와 출구에 火傷이 생기고 體內에서는 細胞를 파괴하거나 血球를 변질시키게 된다. 감전의 強度는 흐르는 전류의 몸과 時間의 크기에 따라 달라지게 되는데 電壓이 人體에 가해질 때 人體에 흐르는 電流는 어떻게 決定되는가를 살펴 보면 <표 1>과 같다.

<표 1> 人體의 電氣抵抗

身體部位	저 항(Ω)
피부(손바닥)	2,500
체내(體 內)	300
발과 신발사이	1,500

<표 1>을 참고로 손바닥의 저항:R_A, 체내저항:R_B, 발과 신발사이의 저항:R_C라 할 때 人體에 흐르는 電流 I는 ohm's law에 의해 $I = \frac{V}{R_A + R_B + R_C}$ 가 된다. 이때 가해진 電壓이 110V 이면 $I = \frac{110}{2,500 + 300 + 1,500} = 25\text{mA}$ 이고 220V가 가해졌다면 50mA가 되어 危險상태가 된다<표2 참조>. 이는 人體가 정상적인 상태인 경우이고, 손, 발에 물기가 있으면 더더욱 危險하다.

감전이 되는 경우의 대표적인 例는 通電부분을 부주의로 接觸한 경우, 전기기기의 故障으로 漏電되고 있는 금속부분에 接觸한 경우, 高電壓일 때 직접 접촉되지 않더라도 안전거리 이내로 接近할때 感電될 수 있다.

<표 2> 통전시간을 고려하지 않고 연속적으로 인체에 전류가 흘렀을 때의 감전현상

종류	전류치	감전의 현상
최소감지전류	1~2mA	찌릿하고 느끼는 정도
고통전류	2~8mA	참을수는 있으나 고통을 느낀다.
이탈가능전류	8~15mA	참을 수 없을 정도로 고통스럽다
이탈불능전류	15~50mA	근육의 수축이 격렬하다.
심실세동전류	50~100mA	심장의 기능을 잃게 되어 전원으로 부터 떨어져도 수분 이내에 사망한다.

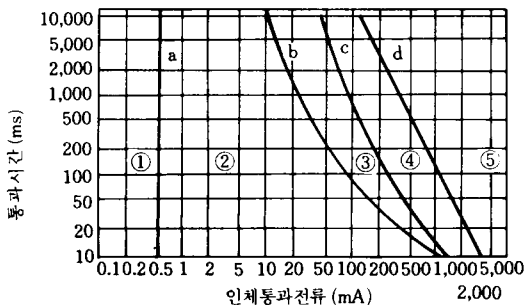
<표 3>은 특고압 전로의 충전전로에 대한 접근한계거리를 나타낸 것이다.

<표 3> 접근한계거리

충전전로의 사용전압(KV)	접근한계거리(cm)
22이하	20
22초과 33이하	30
33초과 66이하	50
66초과 77이하	60
77초과 110이하	90
110초과 154이하	120
154초과 187이하	140
187초과 220이하	160
220초과하는 것	200

감전되었을 때 어떠한 피해를 받게 되느냐는 여러가지 조건이 있는데 통전경로, 통전전류,電源의 종류, 통전시간등에 따라 死亡하기도 하고 救助되기도 한다.

<그림 1>은 국제전기표준회의(IEC)에서 정



<그림 1> 감전 전류의 안전 한계

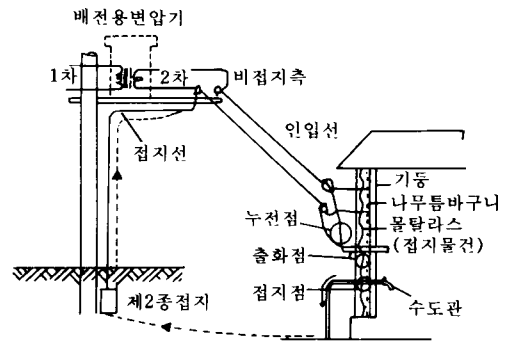
영역 : ① 감지되지 않음 ② 병생리학적 효과 없음
 ③ 심실세동의 염려 없음 ④ 심실세동의 염려가 있음
 ⑤ 심실세동이 일어남

주 : 초(sec)=50Hz=1,000(ms)

한 感電電流의 安全限界를 표시한 것인데, ④, ⑤ 영역은 심실세동을 일으키는 범위(위험범위), ③ 영역은 危險과 安全의 한계영역, 곡선b는 安全의 경계로 定하고 있다.

2. 漏電火災

전류가 電流路로 設計된 부분에서 漏洩되어 건물 및 부대설비 또는 工作物의 一部에 흘러 發熱시켜 이것이 原因이 되어 발생하는 火災이다.



<그림 2> 누전화재의 經路

<그림2>는 비접지측 인입선이 합석판에 接觸漏電, 물탈라스와 수도관을 타고 地面을 통하여 누전되는 經路를 나타낸 것인데 누전전류는 變壓器의 2종접지선을 타고 다시 變壓器로 흘러 들어가 이 과정에서 漏電電流가 흘러 물탈라스 부분이 發熱되면서 木材부분에 着火 火災가 發生하게 되는데 수A 이상의 電流가 흐르는 게 보통이다. 一般的으로 불이 붙기 좋은 조건하에서 發火까지 誘發될 수 있는 漏電電流의 최소치는 0.3~0.5A로 보고 있다. 그러나 주위의 與件에 따라 수A~수십A 정도에서도 發火되는 경우가 있으며 所要時間은 수십분에서 수십개월이상 걸리는 경우도 있고 때로는 계속 漏電狀態로 남아 있기도 한다. 누전에 의한 火災는 전기기기의 파손, 불량전기배선 등이 接地物件과 접촉 또는 전선피복의 손상등으로 漏電電流가 發生되어 장시간 누설전류가 形成 열의 축적으로 發火에 이르게 된다.

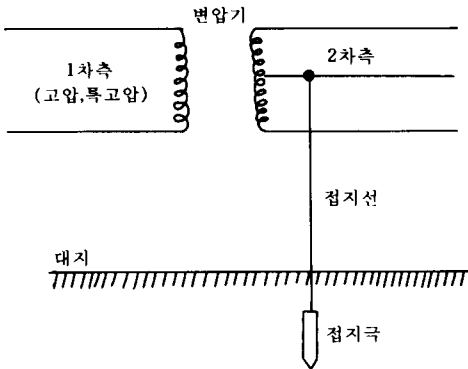
3. 漏電災害 防止對策

(1) 接地方式

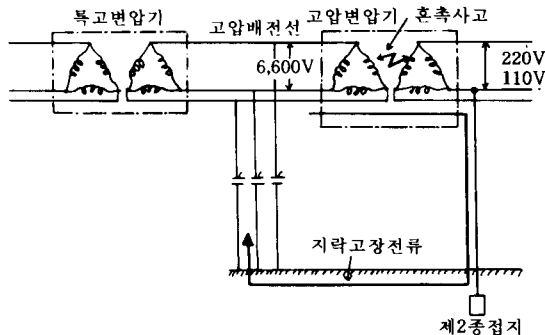
접지(earth)한다는 것은 감전사고 防止 및 누전에 의한 火災나 기계류의 손상을 防止하기 위하여 電力設備, 通信設備, 電氣機器 등을 대지와 전기적으로 結合시켜 대지의 電位와 同日하게 하는 것인데 전기설비 기술기준에 관한 규칙으로 接地의 종류와 공사방법을 定하고 있다.

1) 系統 接地

고,저압의 混觸에 의한 系統의 이상전위 상승을 抑制하고 전기기기 손상에 의한 災害를 防止하기 위하여 <그림 3>과 같이 단상3선식의 低壓測 중성선 또는 단상2선식인 경우 양 외선(兩外線) 중 하나에 제 2종 接地工事を 실시하는 방식이다.



<그림 3> 계통의 접지



<그림 4> 고저압 혼촉시의 지락 고장 전류의 흐름

제 2종 접지공사를 하였을 때 故障電流(누설전류)는 <그림 4>와 같이 접지전극에서 大地를 통해 특고압 배전선의 대지 정전용량 C를 통하여 흐르기 때문에 低壓測에서의 이상전위 상승을 抑制할 수 있게 된다.

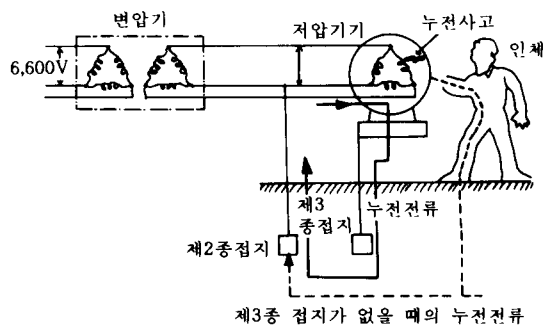
2) 機器接地

감전재해 등의 抑制를 위해 漏電시 전기기기의 노출 비충전부분과 금속부분에 나타나는 大地電壓을 抑制하기 위하여 금속제 기계기구 외함 등에 接地를 하는데 전기설비 기술기준 제34조에서 電路에 시설하는 기계기구의 區分에 따라 <표 4>에 定한 接地工事を 하도록 規定하고 있다.

<표 4> 기계기구의 철대 및 외함의 접지

기계기구의 구분	접지공사
400V이하 저압용	제3종 접지공사
400V를 넘는 저압용	특별 제3종 접지공사
고압용, 특별고압용	제1종 접지공사

機器接地를 실시하였을 때의 누전전류는 <그림 5>와 같이 접지전극에서 大地를 통하여 變壓器의 제2종 접지로 흐르기 때문에 노출 비충전부분(케이스)에 걸리는 전압이 抑制된다.

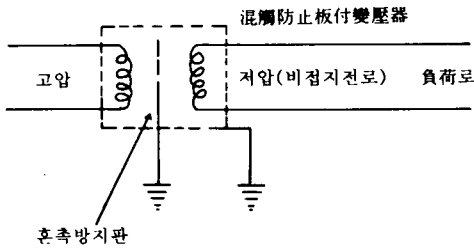


<그림 5> 누전된 기기에 접촉시 누전전류의 흐름

(1) 비접지 방식

이것은 電源變壓器의 저압측의 中性點 또는 한 端子를 接地하지 않는 방식인데 사람이 누전되고 있는 전기기계 기구의 금속제 외함에 接觸하여도

지락전류가 흐를수 있는 電氣回路가 구성되지 않으므로 安全하다. 이 方式은 석유화학공장, 가스 제조공장 등에서 採用하는데 지락전류가 發火原이 되어 폭발성가스에 點火되는 대형사고를 誘發할 수 있으므로 지락전류를 抑制하기 위하여 <그림 6>과 같이 고압측권선과 저압측권선 사이에 혼촉방지판을 설치하고 이것을 接地하거나 또는 低壓電路 中에 절연변압기를 설치한다.



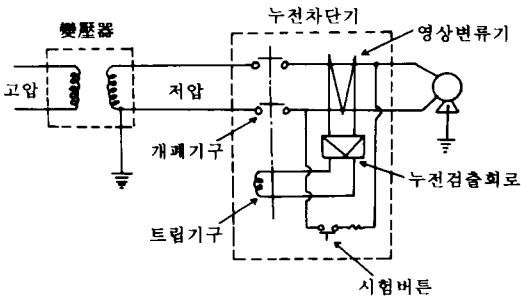
<그림 6> (混觸防止板付變壓器)를 사용한 例

(3) 漏電 遮斷機

누전차단기는 금속체나 人體를 통하여 大地에 흐르는 漏電電流를 感知하고 신속히 Switch를 遮斷시켜 위험상태가 되지 않도록 하는 役割을 하는데 感電 및 電氣火災 예방에 매우 효과적이다.

1) 구조와 원리

<그림 7>은 누전차단기의 構造를 나타낸 것인데 ZCT(영상변류기)에서 차전류(전기회로에 있어서 回路에 漏洩이 없으면 유입된 電流와 복귀전류의 차는 零으로 되지 않게 된다)를 찾아내어 누전검출회로로 보내면 누전검출회로에서는 보내어 온 전류크기가 기준 전류치를 超過 하는



<그림 7> 누전차단기의 구조

지의 與否를 판단하게 된다.

만약 전류치가 基準値를 超過하면 전자장치인 trip coil에 개폐기구의 개방신호 전류를 보내 누전차단기가 動作하게 된다. 누전검출부에는 전자장치가 使用되어 그것을 作動시키고 신호전류를 送出하기 때문에 극히 소용량에는 전원부를 별도로 하고 있다.

2) 누전차단기의 올바른 선정법

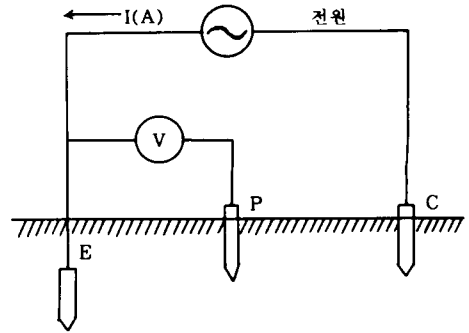
누전차단기는 動作이 敏感하기 때문에 漏電이 發生했을때는 정확히 動作하고 정상일 때에는 오동작하지 않도록 각각 回路의 실정에 맞는 기준을 선택해야 하는데 <표 5>는 누전차단기 選定の Flow-chart를 나타낸 것이다.

(4) 點檢에 의한 防止對策

1) 接地抵抗의 測定

접지저항은 一般的으로 建設當時에 接地저항 측정기를 使用하여 抵抗値를 測定 규정치 이하로 維持되도록 하고 있으나 時間이 흐름에 따라 접지전극의 劣化와 주변환경의 變化등으로 1 값이 달라지는 경우가 있다.

접지저항 測定方法에는 여러가지가 있는데 가장 널리 使用되는 方式으로 電位降下法이 있다. 이 方法은 <그림 8>과 같이 측정대상 접지극E에 대해 C,P 2개의 측정용 보조극을 묻고 E, C간에 電源을 걸어 交流電流를 흘려서 E, P간의 전위차를 測定한다. 大地에 흐르는 電流를 I(A), E, P간의 電壓을 V(V)라 하면 接地抵抗 $R = \frac{V}{I} (\Omega)$



<그림 8> 전위강하법

이 된다. 접지저항계는 이 原理를 利用한 것으로 접지저항치를 測定하여 규정치의 維持與否를 확인하고 규정치를 벗어날 경우에는 규정치 이하로 維持되도록 적절한 措置를 취해야 한다.

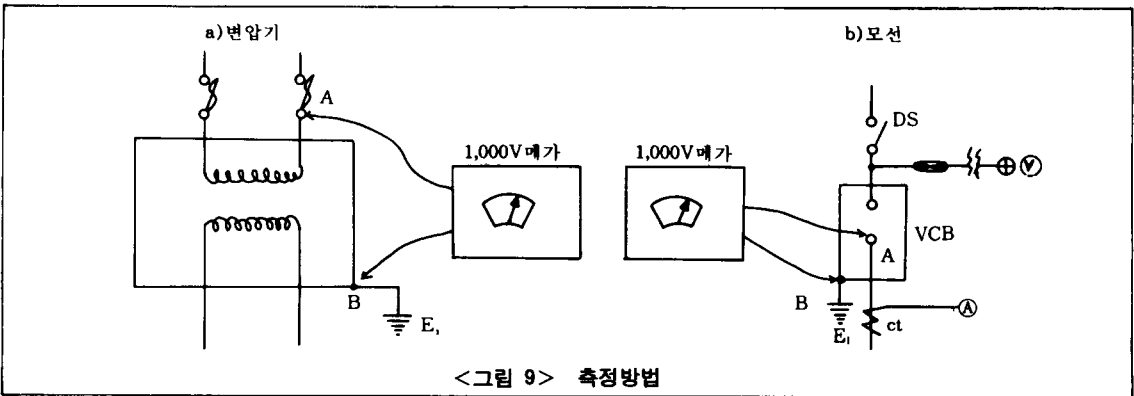
절연저항 측정은 電路의 安全與否를 확인하기 위하여 실시하는데 주로 매가(절연저항 측정기)

가 使用된다.

① 고압측 절연저항 측정

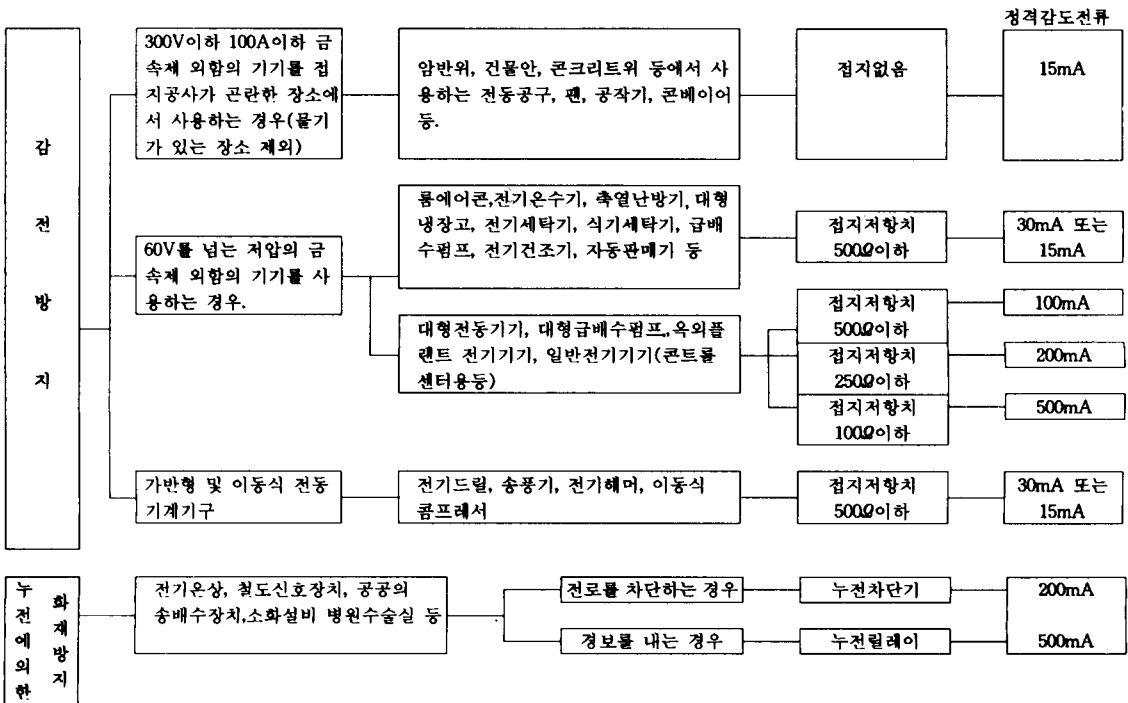
고압측을 개로상태로 하여(검전기로 확인) < 그림 9>와 같이 A, B간의 抵抗을 재는데 <표 6>의 규정치에 적합해야 한다.

② 저압측 절연저항 측정



<그림 9> 측정방법

<표 5> 누전차단기 선정의 플로우차트



배전반의 개폐기 2차측에서 분전반의 주개폐기 1차측까지의 간선, 또는 분전반과 분기회로간을 測定하는데 측정치가 <표 7>의 규정치 이하일 경우에는 즉시 보수하도록 한다.

<표 6> 절연저항규정치(고압)

측정대상물		절연저항치 (MΩ)
단로기, 피뢰기	고압충전부와 대지간	1,000이상
차단기	고압충전부와 대지간 및 각극간	500이상
계기용 변성기	고압충전부와 대지간	100이상
케이블	각도체와 대지간 및 각도체간	100이상
변압기	온도 30~50°C	400~100 이상

<표 7> 절연저항 규정치

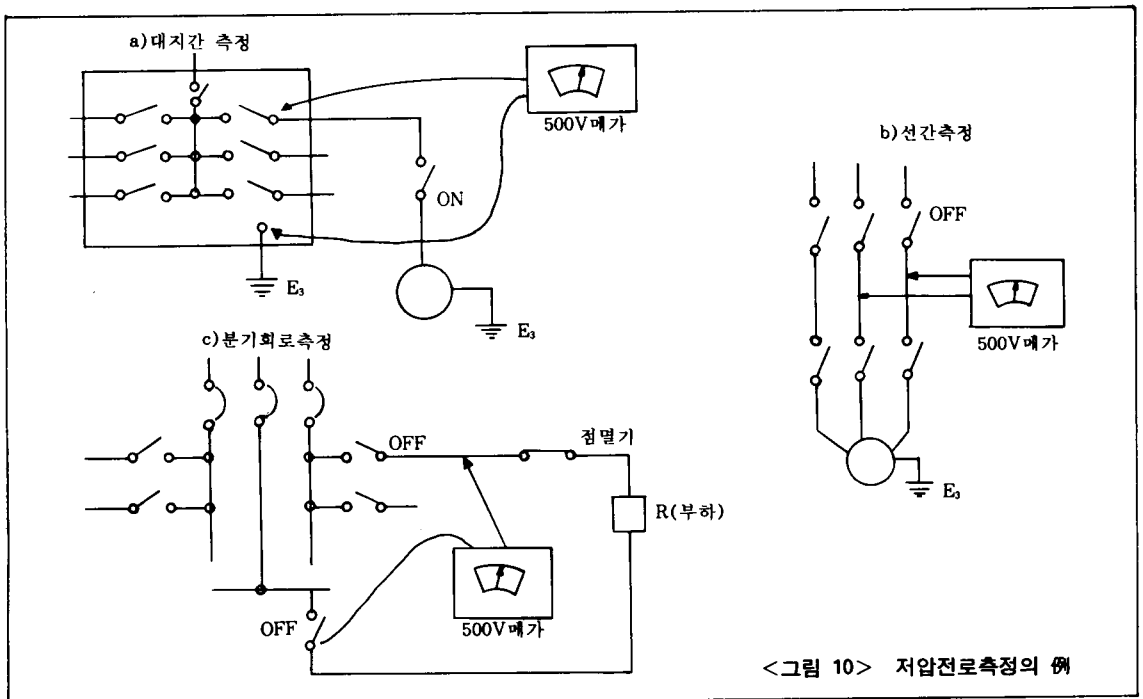
전로의 사용전압의 구분		절연저항치
400V	대지전압(접지식 전로에 있어서는 전선과 대지간의 전압, 비접지식 전로에 있어서는 전선간의 전압을 말한다. 이하 같다)이 150V 이하인 경우	0.1MΩ
	기타의 경우	0.2MΩ
400V를 넘는것		0.4MΩ

4. 結 論

感電이나 電氣火災를 없게 하고 전기를 安全하게 使用하기 위해서는 무엇보다도 漏電을 없애는 일이 重要的인 데 電路, 전기기계기구 등을 바른상태로 點檢, 보수 하여 災害를 사전에 예방하는게 重要하다. 接地는 漏電의 위험을 경감함과 동시에 누전차단기의 動作을 보다 확실하게 하는 役割을 한다. 接地工事와 누전차단기를 병행 설치하는 것이 漏電災害 예방에 가장 効果적인 方法이라 하겠다.

<참고 문헌>

1. 전기설비 기술기준(동자부령)
2. 감전재해와 방지대책(대한전기협회)
3. 방재이론과 실무(한국화재보험협회)
4. 전기 안전(한국전기안전공사)
5. 전기안전입문(성안당)
6. 전기용어 술어사전(성안당)



<그림 10> 저압전로측정의 예