

電氣設備의 트러블 對策

8

제 3 장 漏電과 應急處理의 노하우

I. 漏電으로 발생하는 트러블

生活을 영위해 가는데 있어서 텔레비전, 에어컨, 냉장고 등 그리고 工場에서의 여러가지 生産設備, 또 地下鐵 등의 交通수단에서 電氣없이는 단 하루도 생활을 할 수 없게 되어 있다. 그러나 이와 같이 생활에 절대 필요한 편리한 電氣도 뭔가 잘못되면 感電死傷事故, 漏電화재사고의 원인이 되므로 편리한 電氣도 대단히 위험한 것이 되고 만다. 한편 工場의 生産설비에는 속도, 시간, 온도 등을 제어하는데 컴퓨터를 사용하여 지금까지는 생산할 수 없었던 고품질의 제품이 효율적으로 생산될 수 있게 되었다. 1개소가 정전되면 생산 라인의 정지, 불량품 발생, 컴퓨터 프로그램(Computer Program)의 파손 등, 이것들이 완전히 복구되기까지는 많은 시간과 비용이 필요하게 된다.

1. 漏電災害

感電될 경우 전기는 눈에 보이지 않기 때문에 「감전된다」라든가 「감전되면 뒤로 넘어진다」 「손은 어떻게 떼어야 한다」 등 충분한 대책을 세우면서 감전되는 것은 아니다.

오히려 감전될 때는 감전같은 것은 조금도 염두에 두지 않을때에 전기의 강타를 맞게 되므로 깜짝 놀라 넘어지거나 떨어지든가 하여 2차 재해를 입게 된다.

가. 身體에 電流가 흘렀을때 어떠한 電擊을 받는가

감전은 電擊의 크기에 따라 다음과 같이 분류된다.

(1) 感知電流

인체에 흐르는 전류의 크기가 어느 値 이하이면 인체에 전기가 흐르고 있다는 감각이 없다. 이 値를 넘으면 신체에 전기가 흐르고 있다는 것을 느끼게 된다. 이 전류를 感知電流라 하며 약 1mA가 된다.

(2) 不隨電流

感知電流의 値를 넘어 큰 전류가 흐르면 전류가 흐르는 근육이 심하게 경련을 일으키며 감전되고 있다고 느끼면서도 자기의 힘으로 전원으로부터 떨어질 수 없게 되며 결국에는 장시간 고통상태에 빠져 의식을 잃거나 사망하게 된다. 이와 같이 운동의 자유를 잃게 되는 전류를 不隨電流라고 한다. 반대로 운동의 자유를 잃지 않는 최대의 전류를 可隨電流라고 하여 성인남자는

16mA, 여자는 10.5mA이다. 또 일반적으로 대다수 사람의 可隨電流는 남자 9mA, 여자는 6mA이다.

(3) 心室細動電流

신체의 통과전류가 수10mA일 때 心筋에 경련이 일어나고 장의 혈액순환작용이 정지되어 사망하게 되는 데 이 전류를 心室細動電流(Macro Shock)라 한다.

나. 人體의 電氣抵抗

체내저항과 피부의 부분저항으로 나눌 수 있는데 체내저항은 150~500Ω로 추정된다. 피부 저항은 피부의 乾濕, 전극에 대한 접촉면적, 접촉압력의 대소에 따라 크게 변화한다.

예를 들면 2개의 금속봉을 양손에 1개씩 쥐었을 때 인체의 저항은 손이 건조해 있을 때 약 5000Ω, 손이 젖어 있을 때 2000Ω정도이다.

최근 전국적으로 감전에 의한 사망자는 대폭 감소하고 있으나 이 중에는 전기와 전혀 관계없는 일반 대중이 다수 포함되어 있다.

누전이 되었을 때는 누전기기 뿐만 아니라 그 주위의 기기도 대지전압이 상승되는 경우가 있다.

대지전압이 상승한 機器에 접촉하면 감전이 되고 또 異常電壓의 침입을 방지하기 위한 실드회로는 통상 접

지를 한 대지전압을 0V으로 하여 외부로부터 이상전압의 침입을 막고 있으나 누전이 있을 때에는 실드(Shield)회로의 대지전압이 상승함으로써 실드회로에 의해 제어회로, 일렉트로닉스(Electronics)회로에 이상전압이 침입하여, 제어가 불가능해지거나 오작동되는 등 기기가 고장나게 된다.

2. 感電의 構成

그림 1과 같이 전동기의 R相의 피복이 벗겨져 누전되고 있는 전동기에 A씨가 접촉되었을 때 A씨의 신체에는 어떠한 전류가 흐르는가를 살펴보자. 그림 1과 같이 변압기의 2차측 접지저항은 10Ω, 전동기의 접지저항은 100Ω, A씨의 손이 濕할 때를 2000Ω, 건조할 때를 5000Ω으로 하여 계산해 본다.

피복이 벗겨짐으로써 누전되는 전류는

$$\text{누전} = \frac{V}{E_2 + E_3} = \frac{220}{10 + 100} = 2[A]$$

2A가 누전됨으로써 전동기의 대지전압은

$$\text{전동기의 대지전압} = \text{누전} \times \text{접지저항}$$

$$= 2 \times 100 = 200[V]$$

그러므로 A씨가 전동기에 접촉되면 200V로 감전하게 된다.

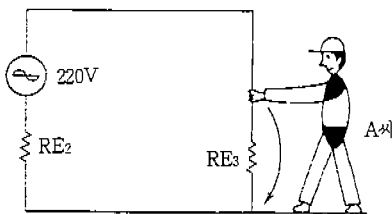
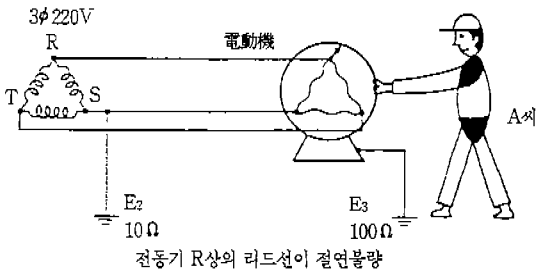
• A씨의 손이 건조해 있을 때(5000Ω)에 감전되면

$$\begin{aligned} \text{감전전류} &= \frac{V}{RE_3 + \frac{5000 \times RE_3}{5000 + RE_2}} \times \frac{RE_3}{5000 + RE_2} \\ &= \frac{220}{10 + \frac{5000 \times 10}{5100}} \times \frac{100}{51000} \approx 39[mA] \end{aligned}$$

A씨에게 39mA가 흘러 감전했을 때에는 심한 쇼크를 받는다.

• A씨의 손이 濕해 있을 때(2000Ω) 감전되면

$$\begin{aligned} \text{감전전류} &= \frac{V}{RE_2 + \frac{2000 \times RE_3}{2000 + RE_3}} \times \frac{RE_3}{2000 + RE_3} \\ &= \frac{220}{10 + \frac{2000 \times 100}{2000 + 100}} \times \frac{100}{2100} \approx 99[mA] \end{aligned}$$



(그림 1)

A씨에게 100mA로 감전되어 대단히 위험하다.

이 감전전류를 작게 하기 위해서 기기의 대지전압을 낮추고 작업화 장갑 등으로 신체의 저항을 크게 하고 젖은 손으로 접촉하지 않도록 한다.

3. 感電時의 異常現象

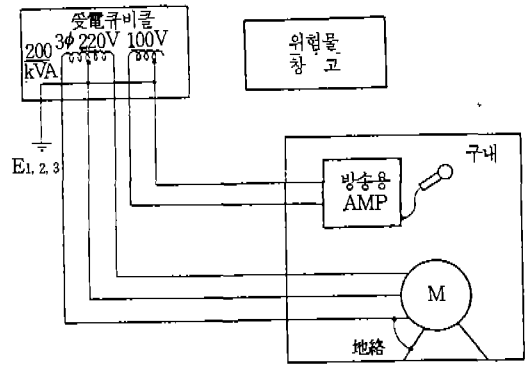
누전시에는 어떠한 일이 일어나는가를 사고예를 살펴 보면서 생각해 본다.

가. 事故例(A)(그림2 參照)

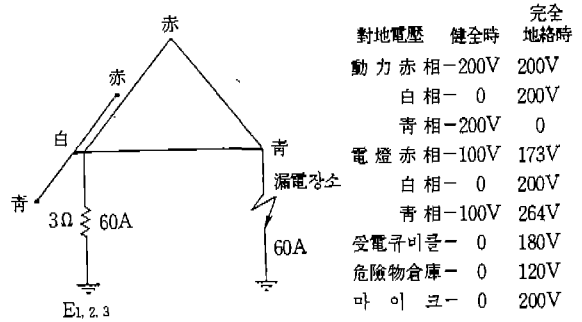
기계공장에서 일어난 예이다. 아침에 직원이 구내방송을 하려고 마이크를 잡는 순간 감전되어 마이크를 떨어뜨렸다. 곧 전기계에 「마이크를 잡으면 감전된다. 앰프가 고장이다. 빨리 수리해 달라」라고 연락했다. 그래서 계원이 앰프를 전원으로부터 끊고 전연저항계로 대지간의 절연저항을 측정하여 보니 100Ω 이상이므로 「앰프는 정상입니다. 이제 안전하므로 사용해도 좋습니다.」하고 전원을 넣은 후 마이크를 만져 보니 찌릿찌릿하게 감전된다. 그래서 檢電器를 마이크에 대보니 發光하고 마이크에 전압이 가해져 있음이 나타났다. 또 다른 사람이 「전기기사, 위험물 창고의 문을 열때 찌릿찌릿하는 것 같은데 별것 아니겠지요」라고 한다.

이것은 큰 일이다. 무엇인가 일어났을 것이라고 생각하고 위험물 창고 문에 검전기를 대니 發光하고 문에 저압이 걸려 있음을 나타냈다. 다른 이상한 곳이 없는가 하고 살펴보니 危險物倉庫 근처에 있는 수전 큐비클에서도 검전기가 發光을 했다. 「이것은 큰 일이다. 원인이 무엇일까」하고 어디에 이상이 있는가를 조사하기로 했다.

수전 큐비클내의 동력 변압기(3φ200kVA)의 제2종 접지전에 IG미터를 넣었더니 심하게 흔들려 끊어져 버렸고 클램프 미터(Clamp Meter)를 가지고 측정하여 보니 약 60A의 전류가 흐르고 있었다. 그래서 송출 회로마다 3선을 일괄하여 클램프 미터로 零相電流를 측정할 바, 60A의 零相電流가 흐르고 있는 회로가 있



- 마이크를 만지면 感電
- 위험물倉庫의 문에 닿으면 感電
- 受電キュー비클에 닿으면 感電



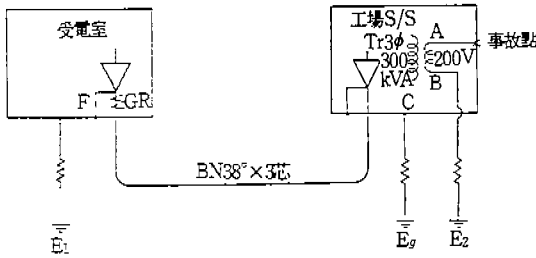
〈그림 2〉

어, 이 회로를 끊어버린 원인을 조사한 결과 전동기의 단자 커버에서 테이프가 커버에 눌러 마찰됨으로써 전선이 커버에 접촉되고 있다는 것을 알았다. 이것을 수리한 결과 동력변압기의 제2종 접지선의 전류는 거의 0A로 되었다. 또 마이크나 危險物倉庫의 문, 수전큐비클에 접촉하여도 찌릿찌릿한 感電은 없어졌다.

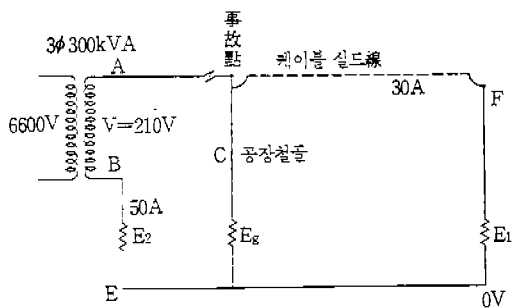
사고시에는 각부에 어떠한 전압이 걸렸는가를 조사해 본 결과(측정은 수도 본관<철관>과의 사이에 전압)

- 마이크에 약 200V
- 수전 큐비클 약 180V
- 위험물창고의 문 약 120V
- 공장 철골은 거의 0V였다.

動力變壓器의 青相의 대지전압이 이상하게 낮아서

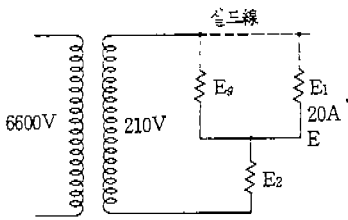


(a) 케이블損傷



$E_2=3\phi 300kVA$ 의 第2種 接地抵抗
 $E_2=受電所$ 의 第1種 接地抵抗
 $E_g=工場$ 의 接地抵抗

(b)



(c)

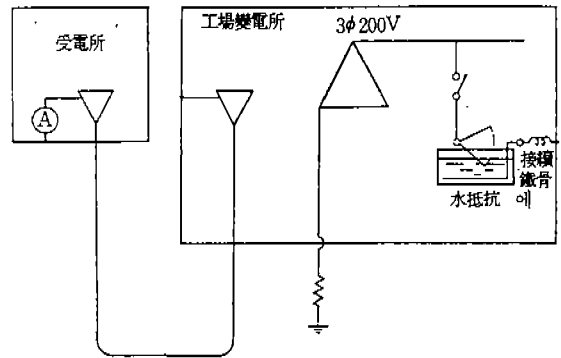
<그림 3>

동력회로의 靑相이 접지저항이 극히 낮은 철골에 접촉되어 누전된 것이 원인이었다.

누전사고가 있을 경우에 사고전류가 클 때에는 주변 기기도 더불어 대지전압이 상승하기 때문에 의외의 곳에 전압이 가해져 감전되는 경우도 있다.

나. 事故例(B)

고압케이블의 실드선(Shield Wire)의 접지는 통상 片端接地라고 하는데 고압케이블로 兩端접지를 하였기 때문에 過熱燒損하는 사고가 있었다(그림 3 참조).



<그림 4>

燒損된 케이블은 受電所로부터 공장 전기실로 보내는 케이블(BN38 x 3心)로서 부하전류는 약 60A이므로 케이블이 과열된다는 것은 꿈에도 생각지 않았다. 일상점검시에 우연히 케이블에 닿았을 때 케이블이 손으로 집을 수 없을 만큼 과열되어 있었다. 당황하여 케이블에 흐르고 있는 전류를 측정할 결과 70A였다. BN38 허용전류는 100A 이상이므로 70A로 이렇게 과열된다는 것은 무엇인가 다른 원인이 있지 않나 하는 생각으로 조사하여 보니 케이블의 실드 접지선이 타서 변색되어 있었으며 만져보니 타다 식어서 약해져 있었다.

따라서 케이블의 실드선에 전류가 흐르고 있는 것이 아닌가 하고 클램프 미터(Clamp Meter)로 受電所의 실드선(F點)의 전류를 측정하여 보니 30A가 흐르고 있었다. 실드선에 30A나 흐른다는 것은 이상이 있는 것이다, 무엇인가 원인이 있기 때문이다, 원인이 무엇인가 하고 전기계 직원이 모여 상의했다. 「실드선에 전류가 흐르는 것은 迷走電流가 흐르고 있는 것이다」, 「迷走電流의 원인은 무엇인가」, 「누전은 아닌가」 등으로 공장의 누전개소를 조사한 결과 공장내 변전소의 변압기(3 ϕ 300kVA)의 제2종 접지선에 50A의 전류가 흐르고 있어 제2종 접지선이 약간 따뜻해져 있었다. 漏電回路를 메거(Megger)로 조사해 본 결과 조인트박스내에서 테이프가 이완되어 전선이 조인트박스내에 접촉되어 있는 것이 원인인 것을 알았다. 그리하여 불량

개소의 테이프를 고쳐서 송전하고 다시 한번 이상전류를 측정할 결과 제2종 접지선에도 케이블의 실드선에도 전류의 흐름은 없어졌다.

그런데 이 케이블은 다른 동종의 케이블에 비교해서 조금 딱딱하게 굳어져 있었으므로 케이블의 과열소손 사고로 하여 新品과 交換하는 동시에 케이블의 실드접지를 片端接地로 했다.

공장의 누전사고시 전류가 어떻게 하여 케이블의 실드선에 흘렀는가를 그림에서 보면 그림 3 (b)(c)와 같은 等價回路도 된다. 실제 누전되었을 때 케이블의 실드선에 전류가 흐르는가를 그림 4 와 같은 強制漏電(人工接地回路)를 작성하여 테스트를 실시한 결과 누전전류를 25A로 했을 때 케이블 실드선에는 클램프미터로 15A의 전류가 흘렀다. 그리고 세밀히 특정하기 위하여 테스트를 실시한 결과 누전전류를 25A 했을 때 케이블 실드선에는 클램프미터로 15A의 전류가 흘렀다. 그리고 세밀히 측정하기 위하여 精密級(0.5선)을 실드선에 접속한 바 5A 정도밖에 흐르지 않았다. 이것은 정밀전류계가 클램프미터보다 임피던스가 크기 때문에 精密電流를 넣었을 때에는 케이블 시즈(Cable Sheath)에 흐르는 전류가 적어졌던 것으로 생각된다.

다. 事故例(C)

自家用 變電所의 예이다.

전기안전관리자로부터 최근 高壓接地繼電器(이하 GR라 한다)가 아무일도 아닌데도 작동하므로 곤란하게 됐다, 원인이 무엇인지 알 수 없을까라는 전기안전관리자로부터 상담이 있었다. 「GR가 작동한 다음 어딘가 이상은 없었는가」, 「GR가 작동한 후에는 눈으로 확인한 다음에 절연저항을 측정하지만 어디에도 이상은 없다」, 「그렇다면 電力會社의 어딘가에 지락사고는 없었으며 정전된 것은 당사자인 듯 했다. 이와 같이 자주 GR가 작동한다면 일을 할 수가 없다. 무엇인가 좋은 방법은 없을까」, 「그러면 이번의 停電을 이용해서 절연진단을 합시다」.

이와 같은 이야기를 한 다음 交流耐壓시험, 直流耐壓

시험 등의 絶緣診斷을 한 결과 아무데도 불량개소가 없어 GR가 작동한다는 것은 생각할 수 없으며 또 GR (Ground Relay)의 특성시험도 정상이었다. 「고압의 절연상태도 GR도 정상입니다, 이미 GR는 작동하지 않습니다, 안심하십시오, 만약 또 GR가 작동하게 되면 알려 주십시오, 즉시 조사해 드리겠습니다」라고 대답했다.

1주일 정도 있다가 「GR가 작동하였으니 곧 와주십시오」라는 연락이 있어, 신속히 나가서 「高壓回路의 이상이 있는 것이라고는 생각지 않습니다. 무엇인가 공장에서 평시와 달리 부하를 걸었다든가 무엇인가 변화된 것은 없습니까」하니 우리회사는 공장내의 機械에 假設電源을 사용하는데 가끔 누전되는 일이 있어 변전소에서 저압의 누전경보기가 작동하여 버저가 울립니다. 무엇인가 관계가 있는 것 아닙니까」하였다.

그래서 누전경보기를 살펴 보았더니 800mA에 세트되어 있었다. 곧 그림 5 와 같은 회로를 만들어 動力回路를 접지한 결과 접지전류를 증가시키에 따라 싱크로스코프(Synchroscope)의 波形이 점점 커져갔다. GR를 테스트 端子에 의하여 테스트한 결과 GR의 탭이 200mA에서 V_{p-p} 는 50mA이며 GR는 작동했다. 따라서 저압의 누전에 의해서 高壓GR가 작동한다. 누전전류는

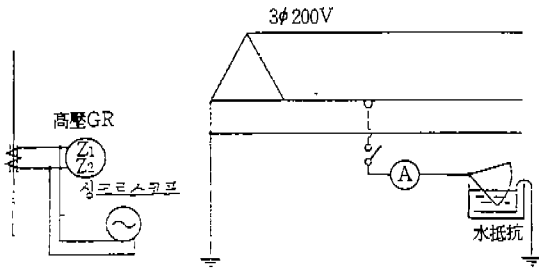
$$20A = 16mV_{(p-p)} = x : 50mV_{(p-p)}$$

즉 低壓의 누전전류가 62.5A일 때에 高壓GR가 작동하게 된다.

통상 高壓의 GR는 올바르게 결선되어 있으면 저압에서는 누전되어도 작동하지 않도록 되어 있으므로 GR의 회로를 조사하여 보니 그림 6 과 같이 케이블 실드의 접지가 兩端末까지 삭아서 이것을 그림 6과 같이 改修하고 다시 한번 인공적으로 누전시켜보니 싱크로스코프의 波形은 거의 변화가 없었다.

이 사고의 원인은 저압의 누전과 케이블의 실드가 兩端에 접지되어 있었기 때문이다.

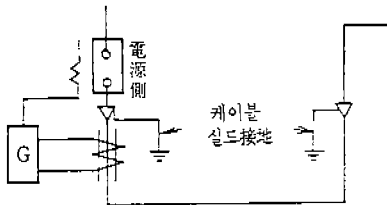
漏電에 의한 트러블을 없애려면 누전경보기, 누전차단기 등으로 될 수 있는 대로 漏電을 빨리 찾아 조치를



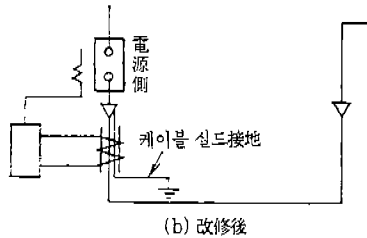
| 區分 | 改修前 | 改修後 |
|------|----------------|----------------|
| A 指示 | V_{D-P} [mV] | V_{D-P} [mV] |
| 0 | 3 | 3 |
| 5 | 5 | 3 |
| 10 | 8 | 3 |
| 15 | 12 | 3 |
| 20 | 16 | 3 |

GR 200mA 랩에서 V_{D-P} 는 50mA에서 GR는 작동한다.

<그림 5>



(a) 改修前



(b) 改修後

<그림 6>

취하지 않으면 안된다. 불행히도 누전되었을 때에는 對地電壓의 상승을 억제하도록 하고 또 누전전류가 적어 지도록 接地抵抗의 유지관리가 필요하다.

II. 探查를 위한 計器類와 使用方法

電氣機器나 電氣配線은 온도, 습도, 먼지같은 여러가지 조건하의 經年變化 및 불량공사 등에 의해서 絶緣劣

化을 일으키는 경우가 있다. 이 절연열화에 의하여 대지에 흐르는 전류가 漏洩電流이다(그림 1). 漏洩電流가 커지면 기기의 소손, 제어기기의 오동작, 감전사고 등의 원인이 된다. 電氣設備技術基準에서는 電路는 大地에 대하여(例外를 제외함) 절연하고 일반용, 자가용 다같이 電氣設備는 기술기준에 적합하도록 유지하는 것이 의무화되어 있다.

절연상태를 측정하는데는 종래부터 메거(Megger)가 사용되고 있으나 다음과 같은 결점이 있다.

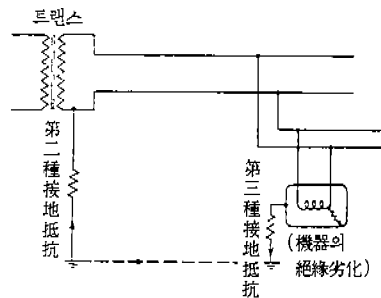
① 전기를 끄고 측정하는데 측정하고자 할 때 측정되지 않는 경우가 있다.

② 전기를 끄면 곤란한 부하가 있다(表 1).

③ 온도·습도에 의한 절연물 저항의 변화가 크면 사용중의 절연저항도 대폭 달라진다(예를 들면 슈퍼마켓의 냉동 쇼케이스).

④ 회로에서 자동적으로 끊어지는 個所가 있으면 메저시험은 도중에 중지된다(예를 들면 마그네트스위치(Magnet Switch)를 사용하고 있을 때).

⑤ 메거에서는 합격하였을지라도 靜電容量이 크면



<그림 1> 漏洩電流 經路의 例

<表 1> 電氣를 끄면 곤란한 예

| | |
|------------------------|--|
| 전기를 끄면 위험한 상태가 된다. | 저압·고압電路의 비상용 조명장치, 塗裝換氣팬, 공공지하시설, 터널, 병원 등 |
| 전기를 끄면 機器시설이 파손된다. | 보일러용 급수펌프, 냉각수펌프 등 |
| 전기를 끄면 작업장해, 생산장해가 크다. | 수도시설, 배수시설, 플랜트(化學, 製紙, 製鐵, 製鋼, 電解), 電氣溫床, 養魚, 養殖, 전자계산기, 공작기계, 自動作畫機 등. |

〈표 2〉 漏洩電流의 제한치, 人體通過 電流와 생리반응의 예(상용주파)

| 대 상 | | 전류 [mA] | 비 고 | |
|--------------------|---|--------------|--|--|
| 인 체 통 과 전 류 | 感知電流 (남성) | 50%의 사람 | 손으로 느낀다. 여성, 어린이는 남성의 2/3, 1/3의 전류에서 느낀다. | |
| | | 0.5%의 사람 | | 0.39 |
| | 離脫電流 (남성) | 50%의 사람 | 15.87 | 活線을 왼 손을自力으로 펴서 이탈한다. 수분간 쥐고 있으면 질식사망한다. |
| | | 99.5%의 사람 | 9.0 | |
| 心室細動 | 어른 어린이 | 60~120 30 | 이 정도의 전류가 손이나 발에 흐르면 사망 | |
| 저 압 전 로 지 락 보 호 장치 | 人體의 대부분이 水中에 있음. | | 浴槽, 수영 풀 또는 사람이 들어서기에 걸나는 수조연못 같은 내부에 시설하는 電路의 漏洩電流 | |
| | 人體가 많이 젖은 상태, 금속체의 전기기에 人體의 일부가 상시 닿아 있는 상태 | | 上記의 주변, 터널공사현장 등이나 水氣가 많이 존재하는 장소의 電路, 금속체의 電氣機器나 구조물에 상시 접촉되어 취급하는 장소에 있어서 電路의 漏洩電流 | |
| | 보통의 人體상태에 있어서 電壓에 접촉하면 위험성이 높은 경우 | | 사람이 접촉될 열려가 있는 장소의 電路(예를 들면 주택, 공장, 사무실 등 일반장소에서 사람들이 직접 접촉하여 취급하는 電氣설비의 漏洩電流) | |
| 기 기 설 비 시 설 의 보 호 | 絶緣 抵抗의 기준치에서 환산 | | 절연저항계 환산절연저항관리장치 } 직류 절연체커 | |
| | 微地絡 | | 40 | 微地絡回線검출장치, 선택계전기 |
| | 地絡 | | 200 | 地絡保護장치, 누전개소의 탐사장치 |
| | 電氣火災 | | 100 이상 | 電氣火災경보기, 경보기시험기 |

감전될 우려가 있다.

⑥ 회로에 半導體가 사용되어 있으면 메거시험에 의하여 절연과파괴를 일으키는 경우가 있다.

이와 같이 메저에 의한 측정의 결점은 漏洩電流計(Clamp Leak Meter)에 의한 관리로서 피할 수가 있다. 漏洩電流計에 의하면 稼動狀態에서 절연상태를 잡아 불량개소를 탐사하는 것이 용이하므로 최근 갑자기 사용하게 되었다. 절연저항의 판정도 감전방지에 있어서 대상이 되는 전류의 크기는 表 2의 예와 같이 적은 값이다.

1. 漏洩電流計로서 필요한 條件

漏洩電流計는 零相變流器와 指示部로 구성되어 있으며 고정형과 可搬形이 있다. 이하 주로 鐵心이 개폐될 수 있는 可搬形에 대하여 설명한다.

가. 零相變流器의 殘留電流가 적을 것

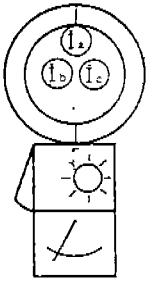
漏洩電流는 표 2와 같이 극히 적은 값이므로 고감도

의 漏洩電流計가 필요한데 零相變流器의 殘留電流가 문제가 된다. 그림 2와 같이 負荷電流를 3相一括하여 집어 넣었을 때 漏洩電流가 0일 때에는 이론적으로 零相變流器는 $I_0 = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 0$ 가 되는데 미터에는 지시를 나타내는 경우가 있다. 이 指示值가 殘留電流로서 오차의 원인이 된다. 통상 漏洩電流를 검출하는데 있어서 殘留電流는 負荷電流 100A 정도일 때 수 mA 정도 이하인 것이 바람직하다. 일반적으로 線電流를 측정하는 클램프 미터에는 殘留電流가 3~7A로 크므로 주의가 필요하다.

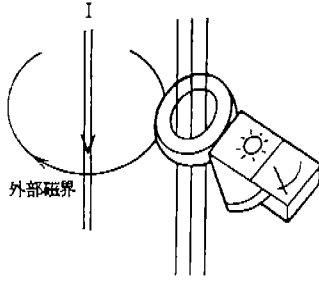
나. 外部磁界의 影響이 적을 것

變電所, 큐비클, 분전반 중에 負荷機器의 漏洩電流를 측정할 때, 부근에 전류가 흐르고 있는 전선이 있으면 그 磁界의 影響을 받아, 정확한 漏洩電流值를 측정할 수 없는 경우가 있다.

漏洩電流計로서는 측정점으로부터 10cm 떨어진 곳에서 100A 정도의 線電流가 흐르고 있을지라도 수 mA 이하의 影響이 있는 것이 좋다(그림 3).



<그림 2> 零電流測定



<그림 3> 外部磁界의 影響

다. 漏洩電流의 連續監視도 가능할 것

回路의 漏洩電流는 機器의 稼動狀態에 의하여 변동하는데 1회의 측정으로는 실태를 파악할 수 없는 경우가 있다. 이런 경우, 장시간의 연속측정을 위하여 漏洩電流 出力에 비례하는 出力端子가 있는 것이 필요하게 된다.

2. 漏電個所를 探索하는 計器

1의 項目을 만족시키고 漏電個所를 탐색하는 計器로는 일상 들고 다닐 수 있는 휴대형, 상시감시하기 위한 定置形이 있다. 또 이상이 있을 때 端末器探索用的 携

帶定置形(準定置形)이 있다.

3. 計器의 使用方法

가. 携帶形일 때(클램프리크미터의 경우)

(1) 漏洩電流의 測定

① 指針의 록(Lock)을 내리고 指針이 자유로이 흔들리는 상태로 한다.

② 레인지 轉換손잡이를 돌려 測定하기 적당한 레인지에 맞춘다. 큰 레인지에서 작은 레인지로 내려가는 쪽이 좋다.

③ 鐵心을 열고 被測定 電線을 집어 넣는다.

④ 指示値를 눈금판 [mA] 또는 [A]의 눈금으로 본다. 보기 어려운 장소에서는 指針록을 활용한다.

(2) 線電流의 測定

漏洩電流측정과 똑같이 조작하는데 被測定電線 한가닥을 집어 넣는다.

(3) 電壓의 測定

레인지 轉換손잡이를 [V]에 맞추어 놓고 부속 테스

<표 3> 漏洩電流測定器 分類

| 분 류 | 항 목 | 종 류 | 특 징 |
|---------------------------------|----------------|---|---|
| 漏 洩 電 流 測 定 器 | 携 帶 形 | 일상점검용 (클램프리크미터) | CLM-25DX 窓徑 25φ의 초소형·경량 |
| | | CLM-40SD FS 1A~300A | |
| | | CLM-40DX FS 100mA~300mA | |
| | | CLM-40HE FS 10mA~300mA | |
| | | CLM-40DXV FS 100mA~300mA 5A 레인지부 | |
| | | K-CLM-40DXV FS 100mA~300mA외부 CT-IN 交流出力端子附 | |
| | | CLM-65DX FS 50mA~1000mA 窓徑 65φ | |
| | 定 置 形 | 일상점검용(기타) | MC-300 일정시간주기에 의한 누설전류, 전류의 자동프린트 인자 |
| | | | TMD-100 電氣溫床線 漏電個所 檢出器 |
| | | | 정밀형(IG미터) |
| 準 置 定 形 | 零相電流檢出形 | IGL 시리즈 地絡繼電器 ZCT...분할형, 관통형 | |
| | | 絶緣抵抗分測定形 | IR 미터 電壓과 電流의 位相差에 의하여 R만 검출 |
| | | MLR-200 라인과 別個周波數를 중첩시켜 R分 검출한다. | |
| | 사고시, 未端機器의 探查用 | MLD-500 集合形, 地絡檢出器 | |

트리드를 측정단자 V에 끼워 넣는다. 핀을 오른쪽으로 돌리면 빠지면서 정지한다. 긴쪽의 핀을 측정회로에 대고 측정한다. 눈금은 [V]눈금을 본다.

(4) 抵抗測定

① 레인지(Range)轉換 손잡이를 [Ω]에 맞추어 부착된 테스트리드(Test Lead)를 측정단자 Ω 에 끼워 넣는다.

② 테스트리드의 끝을 短絡하여 Ω 조정 손잡이를 돌려 指針이 0 Ω 를 가리키도록 조정한다.

③ 테스트리드의 끝을 被測定部分에 접촉시켜서 指針을 [Ω]의 눈금에서 본다.

(5) 溫度測定

레인지轉換 손잡이를 [Ω , $^{\circ}\text{C}$]에 맞추어 부속(옵션)의 溫度프로브(Temp Probe)를 측정단자 [Ω , $^{\circ}\text{C}$]에 끼워 넣는다. 溫度프로브를 측정하고자 하는 것에 대고 [$^{\circ}\text{C}$]의 눈금을 본다.

(6) 記錄計와의 併用

記錄計를 접속할 때에는 클램프리크미터의 측면에 [Record]의 캡을 열고 잭(Jack)에 3.5 ϕ 의 플러그를 끼워 넣고 출력을 낸다. 漏洩電流, 線電流, 電壓, 저항, 온도의 指針이 기록된다. 각 使用例는 그림 4와 같다.

나. 定置形일 때(分割形ZCT를 사용한 地絡繼電器의 경우)

기설 電路의 전선에 있어서 ZCT를 설치하는 장소를

결정하면 그 전선의 굵기에 맞는 고무 홀더[Holder]를 케이블에 접어 넣고 죄임밴드로 고정시킨다. 電線에 설치된 고무 홀더의 중심에 分割形 ZCT를 접어넣고 分割面을 나사로 고정시킨다.

케이블의 任意位置에 설치할 수가 있으므로 편리하다. 그림 5에 설치예를 보였다.

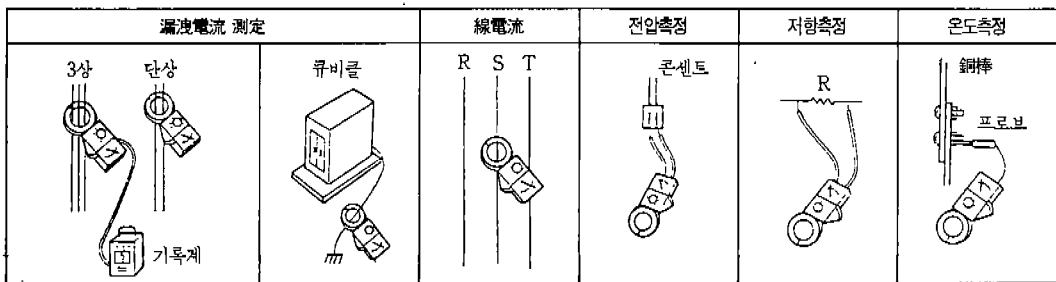
4. 漏電個所의 探查法

가. 代表性的인 配線方式일 때

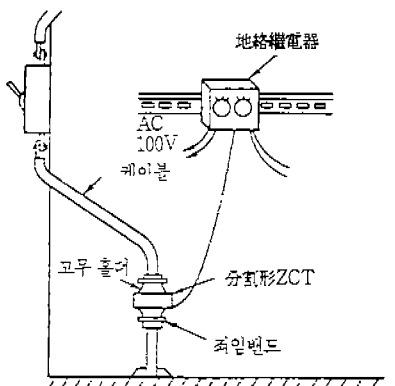
일반적인 배선방식은 그림 4와 같이 변압기가 Y- Δ 접속으로서 Δ 측의 1相 단자를 접지한 電路方式이다.

우선 제 2종 접지선의 누설전류를 정기적으로 측정하여 기록해 둔다. 이 누설전류는 充電電流과 기기나 전선의 절연열화에 의한 누설전류와의 합이지만 充電電流은 거의 일정하므로 機器나 전선의 絕緣劣化는 누설전류의 증가분으로 추정된다. 그림 6의 a에서 누설전류가 클 때에는 부하측에서 絕緣劣化가 생기므로 分岐回路 b, c, d로 순차 측정해 나간다. d에서 機器의 絕緣劣化가 생긴다는 것을 알 수 있다. 端末機器까지 오면 充電電流가 적어 絕緣劣化에 의한 전류가 그대로 누설전류로 나타난다. 때때로 누설전류가 발생할 듯 하면 기록계를 세트하여 連續監視하거나, 定置式의 분할, 貫通形 ZCT가 갖추어진 IGL시리즈를 설치해 놓고 경보를 울리도록 해주면 좋다.

더구나 單相 3線式일 경우에 그림 7과 같이 P, Q點으로서 전선 또는 기기의 絕緣劣化가 일어났을 때에는 제 2종 접지선에 흐르는 누설전류는 $I_{01}-I_{02}$ 가 되



〈그림 4〉 클램프 리크미터의 사용예



〈그림 5〉 分割形 ZCT를 사용한 地絡保護裝置

어 $I_{g1} \approx I_{g2}$ 일 때는 작은 값이 된다.

위험한 상태임에도 불구하고 누설전류를 검출할 수 없는 경우도 있으므로 각 누설전류 I_{g1} , I_{g2} 가 측정되는 個所 b, c 등 단상 2 선식으로 分岐된 個所에서 측정하는 것이 좋다.

나. 非接地式 電路의 경우

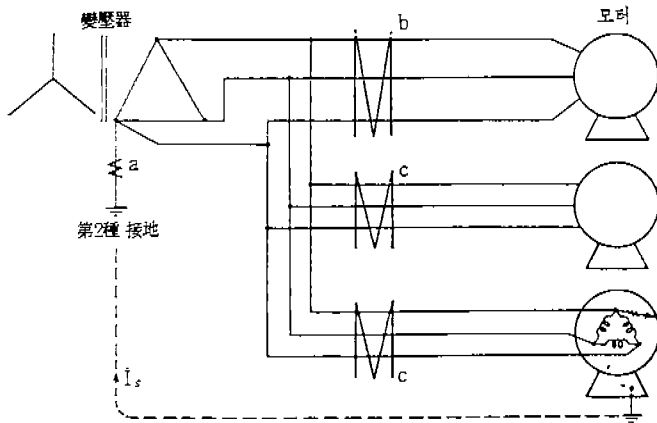
비접지식電路에 있어서 電氣가 충분히 길 경우, 전선의 對地靜電容量은 커지며 各相과 大地間에는 콘덴서에 의한 中性點接地 상태가 된다.

이와 같은 경우 機器마다 가까운 곳에서 누설電流를 측정하면 그림 8 과 같은 回路가 되며 누설전류가 측정된다. 이때 C1~C6도 모두 통상적으로 대단히 작으므로 고감도의 누설전류계(1G미터)가 필요하다. 연속감시를 할 때 변압기 가까이에 接地트랜스(Open Delta) 또는 接地콘덴서를 설치, 絶緣劣化時 검출이 곤란하다는 이유로 최근에는 유리한 점이 많은 高抵抗 接地式으로 바꾸는 예가 많다.

5. 구체적인 不良個所의 調査方法

가. 漏電이 연속적으로 흐르고 있으며 언제나 負荷를 끊을 수 있는 경우

제2종 접지선으로 누설전류를 측정하고 있는 상태에서 각 피더(Feeder) 끝에 스위치를 차례로 끊어갔을



〈그림 6〉 일반적인 配線方式

때 누설전류가 흐르지 않으면 그 스위치의 回路에 원인이 있는 것이다. 다음은 그 스위치를 투입시켜 놓고 그 피더 끝의 分岐스위치를 순차로 끊어 간다. 이것을 반복해서 最後의 1점을 찾아낸다.

나. 漏電이 연속되어 負荷를 끊을 수 없는 경우

쏘피더 하나 하나를 클램프(Clamp)하면 어느 것이든 제2종 접지선에서 문제가 되는 전류의 嚮相분이 계속될 것이다.

다음은 그 피더 끝의 分岐部分에서 똑같이 만나서 地絡點을 찾아낸다.

6. 漏洩電流의 패턴과 原因

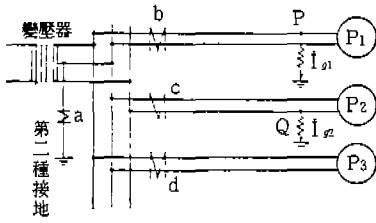
原因, 狀況에 따라서 특징있는 패턴을 나타내는 일이 있으므로 그 원인은 負荷機器側이 많다.

가. 연속하여 安定되어 있을 때

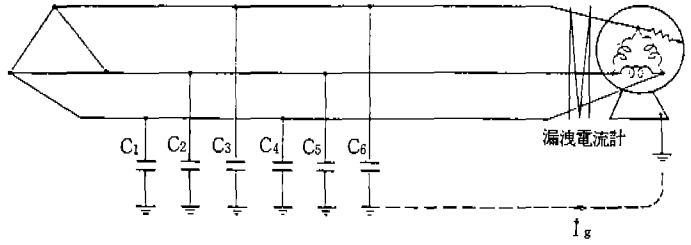
常時 充電되어 있는 線路 또는 負荷機器로부터 오는 경우가 많다.

나. 漏洩電流值가 大와 小 2點이 있는 것

일반적으로 電流가 大일 때 회로에 접속되고 小일 때 끊어져 있는 것이 많으며 보편적인 원인은 負荷機器側이 많다.



〈그림 7〉單3回路



〈그림 8〉非接地式電路

다. 시간적으로는 電流가 작을 때가 대부분이지만 不規則하게 큰 電流가 흐르는 경우

대부분의 機器는 연속적으로 움직이고 있으나 그에 특정 조건에 이르렀을 때 동작하는 것이 있다(例: 排水펌프 保護裝置類).

한번 동작하면 다음은 언제가 될지 모르므로 이런 것들을 머리에 기억하고 탐사하는 것이 좋다.

라. 電流值가 3點 이상 있는 것

負荷機器에서 2개소 이상의 絶緣不良이 있으면 순간적으로 마찰되기도 하고 겹치기도 하므로 3點 이상으로 된다.

마. 負荷電流에 比例한 패턴을 나타내는 것

제2종 접지선이 2點接地를 취하여 그 사이에서 측정하였으므로 접지선이 유도를 받아, 순환전류가 흘러 이 電流를 측정하고 있는 경우가 많이 있다. 接地狀況을 조사하면 된다.

바. 電流值가 不安定한 것

機器가 누설電流일 때 진동에 의하여 접지상태가 변화되면 이같은 상황으로 되는 경우가 있다.

사. 電流는 작으나 指針이 가늘게 진동하고 있을 경우

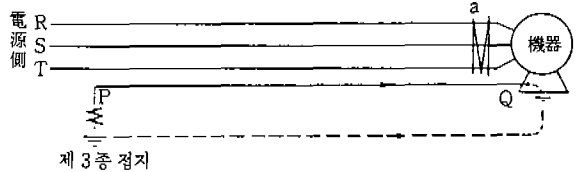
거의 똑같은 상태의 절연불량이 2개소가 있어 接地點에서 서로 취소하고 있는 상태일 때에 발생하는 경우가 있다. 접지선에 흐르는 누설電流는 그 나머지가 흐

르는 것으로 약간의 변동이 있어도 진동하며 이와 같은 상태가 되는 경우가 있다.

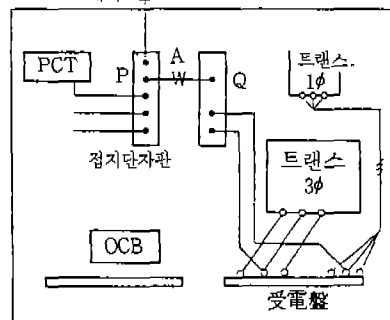
7. 絶緣劣化에 의한 漏洩電流와 잘못된 기 쉬운 電流

가. 機器의 제 3種 接地와 接地線이 긴 경우

機器의 접지를 機器의 가까이에서 잡지 않고 수 10m 떨어져 잡은 경우가 있다. 이때 그림 9의 人力側 a點에서의 누설전류가 零인데도 불구하고 접지선에서 측정하면 수백 mA~수A가 흐르는 일이 있다. 이것은 接地線 PQ에 負荷電流로부터 발생한 微少電壓에 의하여 機器에서 大地를 통하여 P點의 接地線으로 돌아오는 循環電流가 흐르고 있기 때문이다.



〈그림 9〉第3種 接地 잡는법



〈그림 10〉큐비클 平面圖

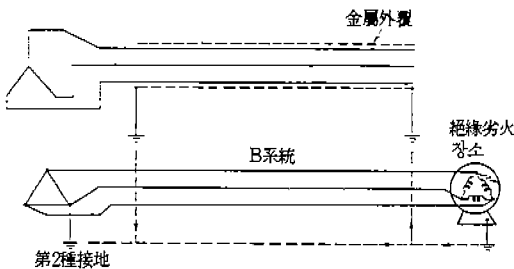
나. 큐비클내에 접지端子가 2곳 이상 있을 경우

그림 10와 같은 큐비클의 경우, A點에서 측정하던 電流가 흐르고, 다른 接地線에는 흐르지 않는 경우가 있다. 이것은 PQ간에 주위의 幹線에 흐르는 전류로부터 誘導를 받아 PQ간의 接地線과 큐비클의 外函인 鐵板 사이에 電流가 흐르기 때문이다.

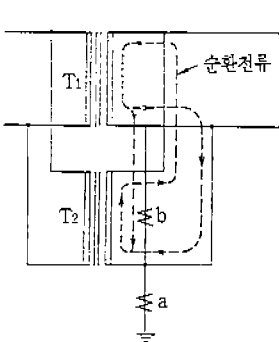
이 PQ간에 발생하는 電壓은 微小하므로 感電, 기타의 문제는 없으나 전류가 많을 때는 수백 mA에 달하므로 누설전류 측정시 주의할 것을 잊지 말아야 한다.

다. 케이블의 金屬外覆의 接地를 2곳으로 잡았을 경우

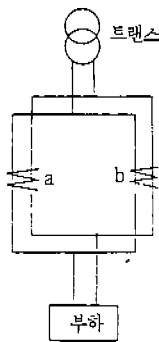
그림 10과 같이 B系統의 負荷機器에서 漏電이 있을 경우, 누설전류는 제2종 접지선으로 돌아가지만 도중에 大地間에 電位分布가 발생한다. 그때문에 그곳에 접지를 잡은 A系統의 접지선에 일부 분류되어 흘러 들어오는 때가 있다. 그러므로 A系統 P點에서 누설전류가 측정되어 A系統의 어딘가에서 漏電이 생긴 것과 같은 상태가 되는 경우가 있다. 이것은 他系統을 동시에 조



〈그림 11〉 他系統으로의 分流



〈그림 12〉 變壓器의 병렬운전



〈그림 13〉 變壓器의 병렬회로

사해 보면 해결된다.

라. 變壓器의 並列連轉일 경우

變壓器 T_1, T_2 를 그림 12와 같이 並列連轉시켜 外製 接地線을 사용하면 각 變壓器의 無負荷 電壓이나 %인 피던스 등이 다른데 따라 循環電流가 흐른다. 그 때문에 측정점 a에서는 누설전류가 그대로 나타나지만 측정점 b에서는 순환전류와 벡터(Vector)화되어 誤差가 커진다.

마. 電波에 의한 誘導

크레인같은 데서 훅(Hook)에 닿으면 찌릿하고 오는 것이 있다. 電路의 누설전류, 절연을 조사해 봐도 이상이 없다고 하였을 때 훅(Hook)을 집지하고 도중에 CT를 끼워 넣으면 出力의 派形에 의하여 어떠한 영향에 의한 것인가를 판단할 수 있다.

바. 電子計算器의 필터(Filter)에 의한 交流透過電流

電子計算器에는 電源라인(Line)으로부터의 音의 침입을 방지하기 위해 라인필터(Line Filter)가 장착되어 있다. 이에 의한 透過電流는 누설전류와 구별하여 생각할 필요가 있다.

交流透過電流의 기준은 다음과 같다.

- (i) 可搬形機器의 경우 : 機器마다 1mA 이하
- (ii) 据置形機器의 경우 : 機器마다 3.5mA 이하
- (iii) 複數의 機器일 경우 : 하나의 變壓器 負荷로서 複數의 機器를 設置할 때 交流透過電流의 合計는 15mA 이하로 한다.

사. 回轉回路(循環電流)에 의한 것

그림 13과 같이 부하측에 결합된 並列回路에서는 좌우분기의 各相分의 分流電流가 반드시 같은 것은 아니며 그 때문에 루프(Loop)내로 순환전류가 흐른다. a 또는 b點에서 누설전류를 측정하려고 해도 정확한 값이 나오지 않으므로 結合된 個所에서 측정할 필요가 있다.