

# 漏電管理로 무엇을 알 수 있나?

## 누전예방의 기대효과

### Prospect Effect of the Electric Leakage Protection

鄭宗圭

韓國電氣安全公社 調査課長

#### “漏電이란?”

누전이란 전선이나 전기기계기구의 절연 부분이 손상하거나 劣化되어 그 절연 효력을 잃게 되면 電路에서 직접 大地로 전류가 흐르거나 권선 또는 리드선 등에서 전기기계기구의 금속제 케이스를 거쳐서 大地로 電流가 흐르는 현상을 누전이라 하고 이때 大地로 흐르는 電流를 地絡電流 또는 漏洩電流라고 한다.

#### 漏電管理의 必要性

오늘날과 같이 일반 가정에서부터 공장, 상가, 빌딩 등 대부분의 수용가마다 전기공작물의 시설상태가 반도체 산업의 발달로 소형, 대용량화로 이루어져 있고, 생산가동의 자동화가 진전되어 있지만 매년 전기재해 발생으로 감전사고는 물론 전기로 인한 화재 및 전기설비 사고로 인한 파급정전 사고등 수많은 인명과 재산상의 손실은 날로 증가되고 있는 실정이다.

이러한 사고원인의 대부분이 절연물의 파괴나 절연피복의 열화등 전기기기 취급상의 문제와 배선시 공사의 부주의 그리고 보수상의 문제등이 여러가지 요인으로 작용하고 있는 것이다.

이 중에서도 전기설비의 기기, 배선등의 사고는 대부분이 그림 1과 같이 절연물의 열화에 의한 것이기 때문에 사고 미연방지에 있어서는 무엇보다 누전관리에 있다고 하겠으며 이는 전력손실을 방지하는 결과도 가져오게 되므로 대단히 유효한 것이다.

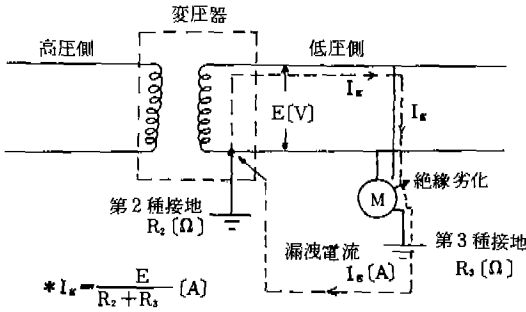
따라서 전기 시설물에 대한 누전관리 즉, 절연열화 상태파악을 정기적이고 연속적으로 체크하여 적절한 대책을 강구해야 할 것이다.

누전관리는 대체적으로 가장 많이 사용하고 있는 절연저항측정 방법과 전기 사용중에 있는 전기 시설물에서의 누설전류를 측정하여 절연정도를 판정할 수 있는 방법이 있으며 활선상태에서의 절연진단으로 전기 시설물의 노후 정도를 알아내는 방법 등이 있다.

#### 絶緣抵抗 測定法과 判定

저압회로에 있어서는 절연저항계(메가)를 이용하여 절연저항을 측정하며 메가는 보통 정격전압 250[V]용 또는 500[V]용과 1000[V]용을 사용한다.

대지간의 절연저항은 부하설비의 스위치를 투입 상태로 하여 부하를 접속한 그대로 하고 선간의 절연측정은 측정이 곤란한 경우가 많으나 특별히 측정할 필요가 있을 경우는 부하설비를 전부 제거하



〈그림 - 1〉 漏洩電流의 電氣回路

〈표 - 1〉 低壓電路의 絶緣抵抗値

전로의 사용전압		절연저항치의 최소값
400V이하	대지전압(접지식전로에 있어서는 전선과 대지간의 전압, 비접지식 전로에 있어서는 전선간의 전압)이 150V이하인 경우	0.1MΩ
	기타의 경우	0.2MΩ
400V를 넘는 것		0.4MΩ

고 측정하여야 한다.

또한 간선에서 일괄 측정하여 절연저항치가 전기설비 기술기준에 정한 표 1의 값에 미달할 경우는 각 분기스위치를 따로 따로 개방한 후 측정해야 함은 물론, 모든 분기스위치를 개방한 상태에서 간선만의 절연저항을 주 개폐기에서 측정하여 기술기준에 부적합한 회로를 찾아야 한다.

이때 각 분기의 절연저항이 양호해도 간선에서는 병렬합성저항이 나타나게 되어 부적합한 것으로 오판하는 경우가 있으므로 주의해야 한다.

### 漏洩電流 測定法과 危險度判定

누설전류 측정은 누설전류계로 전원의 접지선을 측정점으로 선정하여 누설전류의 합계를 측정하고 이상이 있을 때는 측정점을 부하측으로 옮겨 가면서 이상개소를 발견하는 방법이다.

누설전류의 측정은 3상 4선식 회로의 중성선이 전원측 이외의 곳에서 접지 되었을 경우는 누설전류의 측정이 무의미하며 단상 3선식의 경우에도 중성선이 전원측 이외의 곳에서 접지되면 정확한 측정이

어렵다.

금속관공사 배선의 금속관은 내측의 차폐역활을 하여 잔류전류가 대단히 적게되어 금속관에 누설전류가 흐르는 것을 알기 위해서는 금속관의 접지점에서 영상변류기를 삽입하여 측정하고 3상 가공전선이나 주택 인입선과 같이 전선 간격이 큰 경우는 특성이 일치된 3개의 영상변류기의 출력코드를 병렬로 접속하여 영상변류기에 전선을 1개씩 연결하여 누설전류를 측정한다.

이와같이 측정한 누설전류치는 측정회로에 특히 대지절연이 나쁘지 않더라도 약간의 누설전류가 있고 측정점에 따라서 대지전류가 다르며 정전중과 통전중의 절연물의 습도나 측정범위가 다르므로(MΩ) 합격치에 대응한 mA합격치를 구하기는 곤란하다.

일반적으로 회로가 비교적 짧고 대지 충전전류의 영향이 적다고 생각되는 분기회로에서의 측정결과에 대해서는 3상 3선식 200[V] 회로에서는 대략 2(mA) 이하가 합격, 12(mA) 이상이면 불량으로 판단하고 단상 3선식과 단상 2선식 100[V] 회로에서는 대략 0.7(mA) 이하가 합격, 4(mA) 이상을 불량으로 판단하며 합격치와 불량치의 중간은 요주의로 판단하여 별도 정밀측정이 요구되지만 이러한 누전판리는 활선상태에서 평소의 누설전류치를 측정 비교하는 방법으로 누전여부를 대략 알 수 있어 절연저항계를 사용하는 방법보다 무정전 또는 정전 시간 단축등의 이점이 있다.

그러나 누설전류계는 분할형 ZCT 검출부의 크기 때문에 측정하려고 하는 전선로가 협소한 장소에 배선되어 있는 경우가 많아 다소 제한은 있으나 활선 메가로서 사용되고 있다.

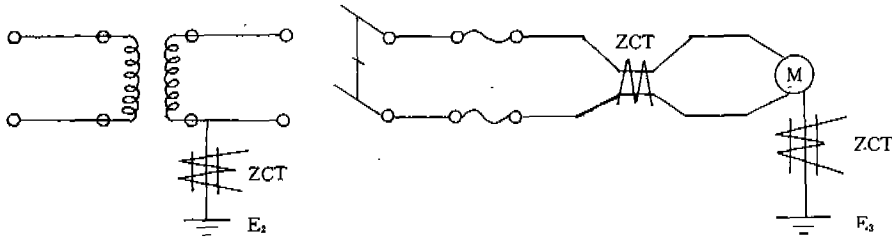
누전전류에 의한 위험도는 표 2와 같이 인체의 접촉상태와 누설전류의 크기로 판정하는 사제가 주어져 있다.

이 표에 의하면 위험전압은 물속에 있을 때는 2.5[V], 위험장소에서는 25[V] 일반장소에서는 50[V]로 되어 있으며 누전사고의 누설전류는 제 2종 접지선에서 거의 100[ma] 이상으로 되어있다.

기기가 누전 되었을 때의 고장전압(기기의 대지전압)은 누설전류×기기접지저항치이며, 누전차단기로 사용하고 있는 회로의 고장전압은 최대에서도 감도전류×기기접지저항치로 되어 표 2의 허용접촉

〈표-2〉 人體의 接觸狀態와 漏洩電流의 크기로 危險度 判定

項 目	물속에 있을때	危險場所	一般場所	기타場所
接觸狀態	인체의 대부분이 水中에 있는 상태	① 인체가 많이 젖은 상태 ② 금속재의 전기기계 기구에 인체의 일부가 항상 닿아 있는 상태	물속에 있을 때나 위험장소의 경우로 통상의 인체상태에서 접촉 전압이 가해지면 위험성이 높아지는 경우	① 左記의 상태에서 접촉전압이 가해져도 위험성이 적은 경우 ② 접촉전압이 가해질 우려가 있을 때
許容接觸電壓	2.5V 이하	25V 이하	50V 이하	制限없음
	욕조, 수영장, 사람이 들어가는 水槽, 池등의 내부에 시설하는 전로	① 左記 주변, 터널현장 등 습기나 물기가 많이 있는 곳의 전로 ② 금속재의 전기기계 기구나 구조물에 항상 접촉되는 곳의 전로	사람이 닿을 수 있는 곳의 전로. 예) 주택, 공장, 사무소 등의 일반장소에서 사람이 접촉되는 전기공작물	① 사람이 닿을 우려가 없는 전로 ② 보호접지를 하지 않은 전로 예) 주택, 공장, 사무소 등의 일반폐장소, 또는 높은 곳에 시설하는 전기공작물
綜合危險度	가장 높다.	대단히 높다	높 다	비교적 낮다
判定基準	2.5V 이하	30mA 이하 또는 25V 이하	100mA 이하 또는 50V 이하	制限 없음



〈그림-2〉 漏洩電流測定

전압 보다 작으면 인체에 위험한 전압은 안된다. 이 때 인체가 전될 수 있는 최대전류는 30[mA]이다.

### 活線中 絶緣診斷方法

전기선로 및 기기는 전기설비 기술기준에 정해진 접지선 이외는 모두 절연하지 않으면 안된다.

그 규정치도 저압회로에 대해서는 표 1과 같은 최저 절연저항치와 고압 및 특별고압에 대해서는 최저 갖지 않으면 안될 절연내력전압과 그 인가시간이 규정되어 있다.

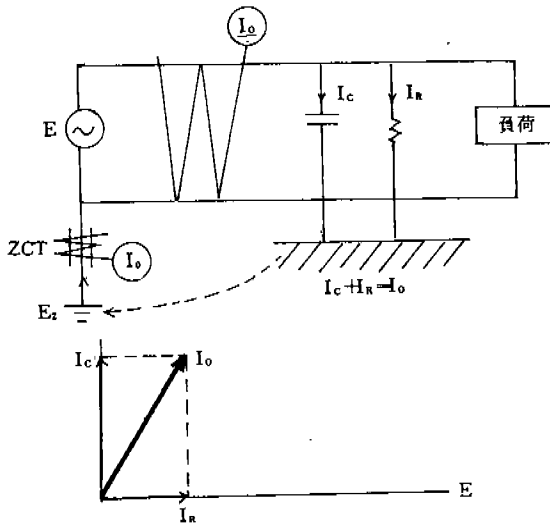
그러나 이들 시험은 매년 정기적으로 실시하는 것을 의무화 한 것은 아니고 또한 시험한 시점에서만

양호하면 좋다는 것도 아니므로 언제나 이만큼의 절연내력을 갖지않으면 안된다는 것을 규정하고 있는 것이다.

따라서 정기적이고, 연속적으로 이들 절연상태를 감시해야 할 현장 주임기술자에게는 활선시의 절연 진단법이 급선무라 하겠다.

다음에 우리가 가장 밀접하게 대하고 있는 저압 선로의 활선 상태에서 절연진단하는 방법으로 크램프식 ZCT에 의한 絶緣測定方法에 대하여 간단히 알아보기로 하겠다.

2차 1단접지식전로(Tr 1단에 제 2종 접지공사를 한 회로방식)에는 절연불량부가 없어도 배선, 기기에 의한 누설전류와의 백터화 전류로 된다.



〈그림-3〉 漏洩電流의 벡터도와 1φ 2w의 測定原理

그림 2와 같이 이 합성전류로 검출 하는 것이 ZCT이고 이 전류로 동작 하는 것이 누전차단기나 누전경보기이며 크랩프식 누설전류계로 이 전류를 검출하는 것이다.

그림 3의 벡터에 있어서  $I_R$ 만을  $I_0$ 중에서 재 검출하는 방법이나  $I_C$ 를 흘리지 않는 회로 구성으로 하고 ZCT에서는  $I_0 = I_R$ 로서 절연측정하는 방법이 고찰되어 있으며 원리는 크랩프식 ZCT로 영상전류의 절대치 ( $I_0$ )를 검출하고 기준전압을 入力(1φ 2W, 3W는 선간전압, 3φ 3W는 접지상S와 R-T의간 중성점전압)하여 V와  $I_0$ 와의 위상에 있어서  $I_R$ 를 재검출하며 그  $I_R$ 에서 절연저항(MΩ)가 측정 되는 것이다.

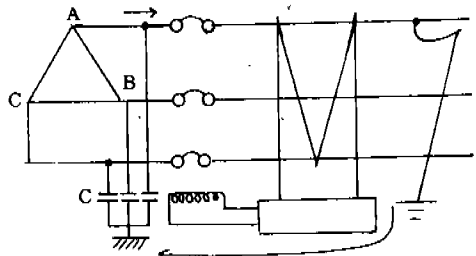
### 非接地式 電路의 漏電遮斷器의 設置

전술한 바와같이 철저한 누전관리는 지락보호 장치가 동작하여 예기치 못한 정전 사고등으로 야기 될 생산활동 지장을 사전에 방지한다는 점에서 대단히 중요하지만 지락 보호장치를 일단 발생된 누전으로 부터 각종 재해를 미연에 방지하기 위한 최후의 수단이란 점에서 더욱 중요하다 하겠다.

지락보호 장치는 누전검출기, 누전차단기, 지락 보호계전기 등이 쓰이고 있으나 여기서는 비접지식 계통에 전류동작형 누전차단기만 부각하였을 경우

지락 검출을 하는데 필요한 지락전류를 흘릴 수 있는 대지커로가 형성되지 않기 때문에 충분한 보호 효과를 갖도록 접지형 콘덴서를 조합한 전류동작형 누전차단기 시설에 대하여 언급하고자 한다.

대지 커로를 형성할 수 있는 방법으로는 콘덴서와 저항이 있으며 이들 값을 결정하기 위해 콘덴서 용량의 역수(1/WC) 혹은 저항 R를 낮게하면 비접



$$I_R = \frac{\sqrt{3}V}{\sqrt{(3R_g)^2 + (\frac{1}{WC})^2}} \text{ [A]}$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{3}WV \sqrt{(\frac{V}{I_R})^2 + 3R_g^2}} \text{ [F]}$$

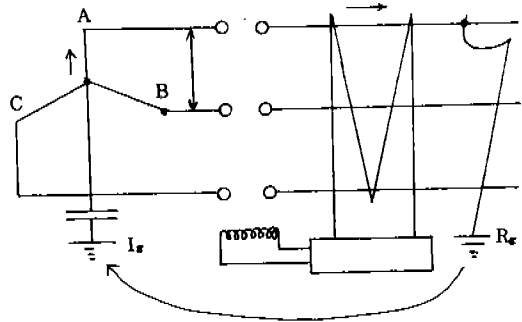
\*C : 콘덴서용량

W : 2πf

$I_R$  : 지락전류

$R_g$  : 지락피로저항(누전기기의 고유저항, 기기의 접지저항, 콘덴서접지저항의 합)

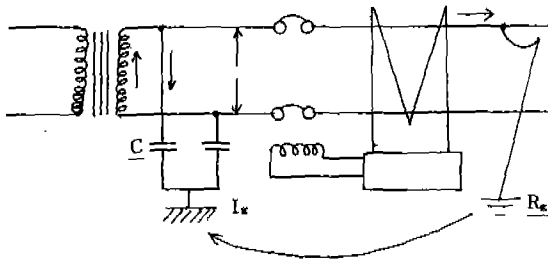
〈그림-4〉



$$I_R = \frac{V/\sqrt{3}}{\sqrt{R_g^2 + (\frac{1}{WC})^2}} \text{ [A]}$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{(V/\sqrt{3}I_R)^2 - R_g^2}} \text{ [F]}$$

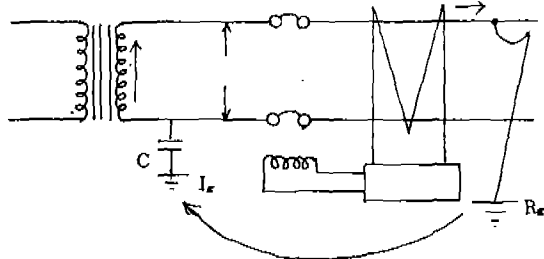
〈그림-5〉



$$I_g = \frac{1}{\sqrt{2(R_g)^2 + (\frac{1}{WC})^2}} \quad [A]$$

$$C = \frac{1}{W\sqrt{(\frac{1}{I_g})^2 - 2R_g^2}} \quad [F]$$

〈그림-6〉



$$I_g = \frac{1}{\sqrt{R_g^2 + (\frac{1}{WC})^2}} \quad [A]$$

$$C = \frac{1}{\sqrt{(\frac{1}{I_g})^2 - R_g^2}} \quad [F]$$

〈그림-7〉

지식으로 한 의미가 희박해지고 역으로 높게하면 지락전류가 적고 누전차단기가 동작하기 어렵기 때문에 이들 값은 1선지락이 생긴 경우 누전차단기 감도전류의 2~3배 정도의 전류를 흘릴 수 있는 크기가 적합하다.

2) 3상3선식  $\Delta$ 접속전로에 누전차단기와 콘덴서를 조합하여 시설하는 방법은 그림 4와 같으며 이때의 지락전류와 콘덴서 용량과의 관계는 다음과 같다.

2) 3상3선식 Y접속전로에 콘덴서 1개만을 사용하는 방법은 그림 5와 같으며 이때의 지락전류와 콘덴서 용량과의 관계는 다음과 같다.

3) 단상2선식 회로에서 콘덴서 2개를 사용하여 접지한 방법 그림 6과 콘덴서 1개를 사용하여 접지한 방법 그림 7이 있으며 이때의 지락전류와 콘

〈표-3〉 콘덴서接地式電路의 콘덴서용량( $\mu F$ )

E. L. B의 定格電流 (mA)	$R_g$ [ $\Omega$ ]	3상3선식 $\Delta$ 접속	3상3선식 Y접속	단상2선식	
		220V	220V	100V	200V
30	300	0.44	0.66	1.53	0.77
	600	0.44	0.67	1.92	0.811
50	300	0.73	1.10	2.28	1.32
	600	0.75	1.13	-	1.54
75	300	1.12	1.67	-	-
	600	1.18	1.77	-	-
100	300	1.50	2.26	-	-
	600	1.68	2.52	-	-
150	300	2.36	3.53	-	-
	600	2.37	4.90	-	-
200	300	3.39	5.04	-	-
	600	-	5.67	-	-

\* 주 : 상용주파수는 60[Hz]

덴서 용량과의 관계는 각각 다음과 같다.

4) 상기의  $R_g$  값을 300, 600 [ $\Omega$ ]로 하고  $I_g$ 를 누전차단기의 정격감도 전류의 2배로 한 경우의 콘덴서 용량의 값은 표 3과 같으며 실제에는 가장 가까운 상위용량을 설치하게 된다.

## “結 論”

이상에서 누전관리의 중요성에 대하여 간략히 소개 하였지만 누전에 의한 감전사고나 화재예방을 위해서는 무엇보다 평소에도 철저한 누전관리가 요망된다고 하겠다.

또한 누전으로 인한 재해는 치명적이고 엄청난 재난을 일으키는 원인이 되므로 이의 보호장치에 대한 사전 점검은 물론 적정시공 관리에 각별한 노력과 함께 특히 비접지 계통인 3상3선식이나 단상2선식 회로에 누전차단기를 시설할 경우는 누전회로 구성을 위해 반드시 접지용 콘덴서를 이용하여 시설해야 할 것이다. \*