

# 電路接地의 目的과 手法

受變電設備에 있어서 接地設備도 重要な 設備의 하나지만 一般적으로 雜設備로 取扱되는 것이 보통이고 比較的 安易하게 取扱되고 있다.

本來 接地設備은 人畜, 電氣機械設備에 대하여 安全保護를 확실하게 하는 것이므로 그 設計 段階로부터 충분히 檢討하여 두지 않으면 안되는 設備이라고 생각한다.

電氣設備中에서 接地設備이라고 칭하고 있는 것은 그 目的에 따라서 다음과 같이 分類된다.

### ① 機器接地

電氣機械等の 絶緣劣化에 의한 漏電 및 그에 起因하는 感電, 火災等の 防止를 위하여 施設하는 것.

### ② 系統接地

配電線路의 적당한 點을 大地와 接續하여 高壓-低壓混触時의 異常電壓 上昇을 防止하기 위하여 施設하는 것

### ③ 遮蔽接地

雷電流를 安全하게 大地에 放流하여 雷害를 防止하기 위하여 施設하는 것.

### ④ 地絡檢出用 接地

地絡事故 發生時에 繼電器, 漏電遮斷器 등을 확실하게 動作시키기 위하여 施設하는 것.

### ⑤ 雜音(노이즈) 對策接地

外來의 雜音(노이즈)에 의하여 裝置 (특히 電子裝置)의 誤動作, 誤不動作의 防止, 通信品質 低下防止 및 電子裝置에서 發生하는 高周波 노이즈가 外部 他機器에 惡影響을 미치는 것을 방지하기 위하여 施設하는 것.

### ⑥ 等電位接地

미리 金屬部分을 서로 結合하고 또한 接地하여 위험한 電位差의 發生을 방지하기 위해 施設하는 것.

### ⑦ 機能接地

設備의 機能上 必要不可缺한 接地. 電氣防蝕 設備用 接地, 電算機用 接地 등은 機能接地의 一例이다.

여기서는 低壓電路(440V)의 接地에 대하여 記述하기로 한다.

## 1. 系統接地

系統接地는 系統電路의 適當한 點을 大地와 接續하여 高壓-低壓 混觸時의 異常電壓 上昇을 防止하기 爲하여 施工하는 것인데, 이밖에 地絡 故障事故 發生時, 雷擊 등으로 인한 異常電壓에 對해서 機器를 保護하고 安全을 확보하기 爲하여도 重要한 手段으로 되어 있다.

系統接地에 關하여 電氣設備에 對한 根本法規인 「電氣設備技術基準에 關한 규칙」에서는 電路는 原則적으로 大地에서 絶緣하여야 한다고 되어 있다. 즉, 第14條에 「電路는 大地에서 絶緣되어야 한다」라고 規定되어 있다. 電路가 大地에서 絶緣되어 있지 않으면 電流가 漏洩하여 感電, 火災 등의 위험이 생기고 또한 電力의 손실에도 連結되기 때문이기도 한다. 그러나 여러가지 理由(異常電壓上昇, 地絡保護繼電器의 動作)에 의하여 大地에서 絶緣이 안되는 部分이 있어 電氣設備技術基準 第14條에 다시 그 部分(絶緣 안되는 部分)을 지적하여 電路의 大地에서의 絶緣原則에서 제외하고 있다. 이 除外項目中에 變壓器低壓側의 中性點接地가 있으며, 同24條에 그 詳細가 規定되어 있다.

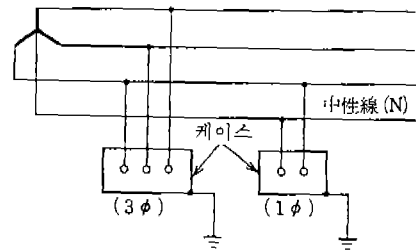
즉, 「高壓電路 또는 特別高壓電路와 低壓電路를 結合하는 變壓器의 低壓側 中性點에는 第二種接地工事を 하여야 한다. 단, 低壓電路의 使用電壓이 300V 以上の 경우는 해당 접지공사를 變壓器의 中性點에 施工하기 어려운 때는 低壓側의 一端子에 施工할 수가 있다」고 規定되어 있다. 本來 大地로부터의 絶緣이 原則이나 低壓配電系統에 限해서 말하면 接地系統이라 간주할 수가 있다. 接地系統과 非接地系統의 간단한 比較를 표 1에 表示한다.

## 2. 接地 시스템

低壓電路(440V)의 接地 시스템은 系統接地外에 機器接地가 組合되어 있기 때문에 여러가지 方法이 있다. 配電電路에서 가장 一般的이라 생각되는 三相 4線式의 配電線路의 경우에 對하여 記述한다.

〈표 1〉 接地系統과 非接地系統의 比較

	接 地 系 統	非 接 地 系 統
異常電位上昇	抑 制 可 能	抑 制 困 難
地絡檢出	容 易	困 難
感 電	接地한 경우 큰 人体通過電流가 흐를 可能性이 있다.	接觸하여도 큰 人体通過電流는 흐르지 않는다.
適 用	大規模系에 適用된다. 단, 大地를 通하여 他系統과 相互干涉을 일으킬 可能性이 있다.	絶緣의 維持가  곤란하기 때문에 小規模의 專用系統에  適用이 안된다. 他系統으로부터의 分離가 完全히  된다.



〈그림 1〉 非接地方式

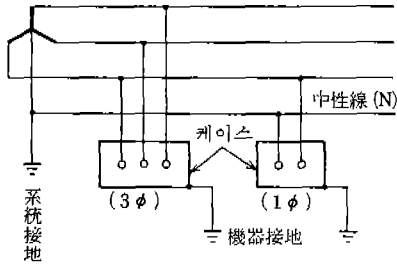
### 가. 非接地方式

電路의 어디에도 接地하지 않는 方式. 다만, 前述한 바와 같이 低壓電路의 中性點은 接地하는 것이 原則으로 되어 있기 때문에 實際로는 거의 없다(300V 以下の 電路는 非接地라도 無關하다. 그림 1 參照).

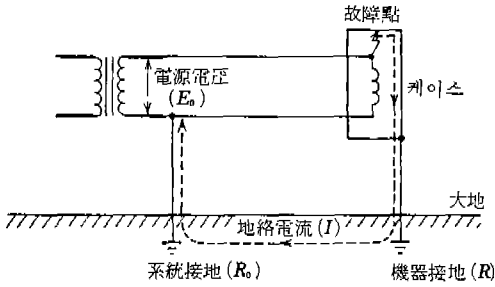
### 나. 各個保護接地方式

變壓器低壓側의 中性點을 接地(系統接地)하고 機器의 케이스는 個個로 接地하는 方式. 一般的으로 이 方式이 採擇되고 있다. 그러나 各機器에 있어 일일히 接地工事を 하지 않으면 안되고 또 分擔電壓이 생겨 이 分擔電壓을 적게 하도록 接地工事を 하여야 한다(그림 2 參照).

그림 3에 있어서 電路와 機器 케이스가 完全



〈그림 2〉 各個 接地方式



〈그림 3〉 分擔電壓

地絡事故를 일으킨 경우 地絡電流는 케이스→機器接地線→大地←系統接地線의 經路로 電源側에 되돌아 가는 閉回路가 構成된다. 이때 흐르는 地絡電流  $I[A]$ 는 다음 式과 같이 된다.

$$I = E_0 / (R_0 + R) [A]$$

$E_0$ : 電源電壓  $[V]$

$R_0$ : 系統接地 接地抵抗  $[\Omega]$

$R$ : 機器接地 接地抵抗  $[\Omega]$

地絡電流  $I[A]$ 에 의하여 機器의 케이스에 電壓  $E[V]$

$$E = R \cdot I - E_0 \cdot \frac{R}{R_0 + R} [V]$$

가 發生한다.

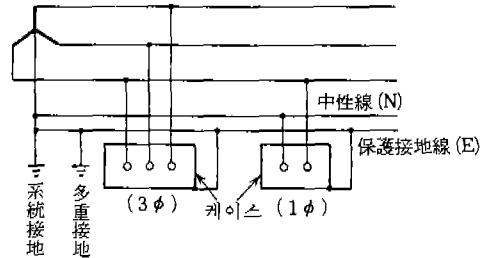
즉, 電源電壓  $E_0 [V]$ 의 一部分이 機器의 케이스에 의하여 分擔된다. 이때의 電壓  $E[V]$ 를 分擔電壓이라 한다.

지금, 電源電壓을  $100V$ , 系統接地 接地 抵抗值을  $10\Omega$  (第1種接地 相當)로 하였을 때의 機器接地抵抗值과 分擔電壓의 關係는 表 2와 같이

〈表 2〉 分擔電壓

機器接地抵抗 $[\Omega]$	分擔電壓 $[V]$
100	91
80	89
60	86
40	80
20	67
10	50
5	33
1	9

\* 電源電壓  $100V$ , 系統接地抵抗值  $10\Omega$



〈그림 4〉 保護接地方式

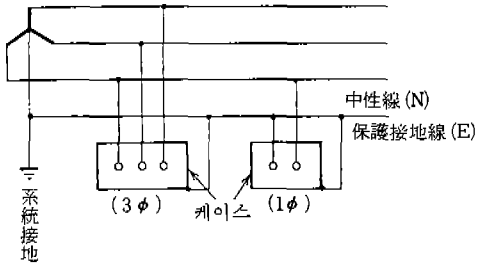
된다. 이 表에서도 알 수 있듯이 機器接地抵抗值는 系統接地抵抗值과 같은 程度以下까지 낮추지 않으면 效果는 희박하게 된다.

#### 다. 保護接地方式

中性點과는 별도로 保護接地線을 引入하고 機器接地는 모두 이 保護接地線에 接續하는 方法. 이 保護接地線은 多重接地되는 일도 있다. 保護接地線은 三相 4線回路에 있어서 다섯번째 線이 되기 때문에 「第5線接地方式」이라 부르기도 한다(그림 4 參照).

#### 라. 兼用接地方式

保護接地線과 地中線이 1線의 電線으로 兼用된 方式. 保護接地線과 中性點은 어느 것이나 系統接地되어 있기 때문에 通常狀態에서는 兩者



〈그림 5〉兼用接地方式

는大地에 대하여 同電位이고 兼用이 可能하다. 그러나 系統接地中性線과 保護接地線은 各기 다른 目的을 가지고 있다. 즉, 中性線은 그 自体가 電路이고 負荷가 平衡되어 있으면 이 中性線에는 電流가 흐르지 않으나 不平衡이 되었을 때 이 中性線에도 당연히 電流가 흐르게 된다. 따라서 中性線과 保護接地線과를 兼用함으로써 保護接地線에도 電流가 흐르게 되어 이에 負荷側 機器 케이스를 接續하는 것이 좋다고 할 수는 없다(그림 5 參照).

### 3. 地絡保護

系統接地의 目的의 하나이기도 한 低壓地絡保護는 다음과 같은 理由로 필요해진다.

① 系統接地·機器接地만 施工하여도 系統接地側의 接地抵抗에 의하여 感電의 우려가 있다. 分擔電壓에 의한다.

② 接地事故를 일으킨 경우, 地絡點抵抗이 클 때 地絡電流가 적고 上位系統의 地絡選擇遮斷이 어려워져 大事故로 연결될 可能性이 있다.

③ 接地事故 波及範圍를 작게 할 수 있고 被害를 最小限으로 줄일 수 있다.

以上과 같은 理由에 의하여 系統의 地絡保護는 必要不可缺하고 電氣設備技術基準 第42條에서도 地絡保護遮斷이 義務化되고 있다. 즉, 「特別高壓電路 또는 高壓電路에 變壓器에 의하여 結合되는 300V를 넘는 低壓電路에는 地氣가 發生하였을 때 自動적으로 電路를 차단하는 裝置

〈표 3〉地絡電流와 災害

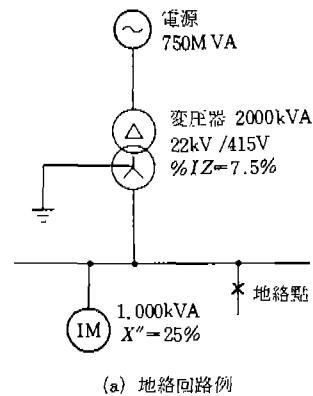
地絡電流	災 害
數mA 以上	感 電
數10mA 以上	機器프레임의 接地에 의한 感電
數100mA 以上	火災(漏電)
數A~數10A	地絡 아크에 의한 機器의 燒損

를 施設하여야 한다」고 되어 있다.

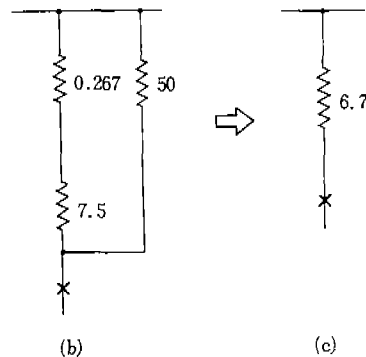
地絡電流의 크기와 災害의 程度는 一般적으로 표 3과 같은 관계가 있으며, 地絡保護協助를 考慮하는데 있어서 參考로 하고 있다.

#### 가. 一線地絡電流의 計算

低壓 440V 三相 4線回路에서의 一線地絡電流를 그림 6(a)를 例로 들어 算出한다. 一線地絡



(a) 地絡回路例



〈그림 6〉임피던스 매트

電流  $I_g$ 의 理論計算式은 다음 式으로 부여된다.

$$I_g = \frac{3E}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$E$  : 相電壓

$Z_1$  : 正相 임피던스

$Z_2$  : 逆相 임피던스

$Z_0$  : 零相 임피던스

上式에 의해 正相, 逆相, 零相 임피던스를 求한다. 正相 임피던스는 基準容量 2,000kVA 로 하여 임피던스 맵을 作成해서 求한다. 基準容量換算, 임피던스 맵 作成에 대하여는 短絡電流計算과 同一한 方法이고 短絡電流計算에 대하여는 여러가지가 소개되어 있기 때문에 여기서는 省略한다. 그림 6 (b), (c)는 임피던스 맵을 作成하는 順序이다.

$$\begin{aligned} \text{電源側 임피던스} &= \frac{\text{基準kVA}}{\text{電源短絡容量}} \times 100 \\ &= \frac{2,000 [\text{kVA}]}{750 [\text{MVA}]} \times 100 \end{aligned}$$

$$= 0.267$$

$$\begin{aligned} \text{電動機 임피던스} &= 25 \times \frac{\text{基準kVA}}{\text{電動機容量}} \\ &= 25 \times \frac{2,000 [\text{kVA}]}{1,000 [\text{kVA}]} = 50 \end{aligned}$$

逆相 임피던스  $Z_2$ 는  $Z_1$ 이 되기 때문에  $Z_2 = 6.7$ 이 된다. 零相 임피던스  $Z_0$ 은 變壓器가 三相內鐵形 三脚鐵心의 경우는 단지 變壓器 임피던스 만이 되어  $Z_0 = 7.5$ 가 된다.

따라서 一線地絡電流  $I_g$ 는 中性點接地抵抗 및 地絡點 接地抵抗을 無視하면 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{3 \times 100}{6.7 + 6.7 + 7.5} \times \left( \frac{2,000}{\sqrt{3} \times 0.415} \right) \\ &= 40,000 [\text{A}] \end{aligned}$$

이 一線地絡電流는 三相短絡電流에 匹敵하지만 一般的으로는 中性點接地抵抗은 第2種接地를 施工하고 있기 때문에 1Ω 程度 있으며 實際上은 數 100A 程度가 된다.

〈표 4〉 回路構成에 의한 地絡保護裝置

의 地絡保護裝置 設置位置	回路構成		性能		
	檢出感度	動作時間	檢出感度	動作時間	檢出感度
配電線	檢出感度	5,000mA 以下 또는 開閉器 定格電流의 0.05倍 以下	左 同		左 同
	動作時間	2秒 以下 0.2秒 以上	2秒 以下 1秒 以上		2秒 以下 0.2秒 以上
分岐幹線	檢出感度	200mA 以下   1,000mA 以下	5,000mA 以下		—
	動作時間	0.1秒 以下	0.5秒 以下 0.2秒 以下		—
分岐	檢出感度	—	30mA 以下	200mA 以下	1,000mA 以下
	動作時間	—	0.1秒 以下		0.1秒 以下
機器에 施工하는 接地工事	第3種接地 (100Ω 以下)	特別第3種接地 (10Ω 以下)	500Ω 以下	第3種接地 (100Ω 以下)	特別第3種接地 (10Ω 以下)
機器 프레임 接觸電壓	20V	10V	15V	20V	10V

## 나. 地絡檢出感度

400V 配電方式에 있어서 地絡保護 시스템은 同一系統內에서 回路가 數段階로 나뉘어 分岐되어 있기 때문에 電源側으로부터 負荷側에 各段階 레벨에 따른 地絡保護가 필요해진다. 各段階에 있어서의 地絡檢出 레벨의 一般的인 값을 표 4에 表示한다.

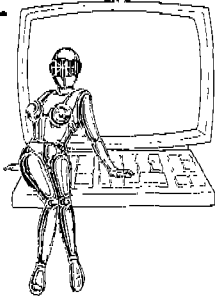
## 다. 地絡保護方式

地絡保護方式은 電力方向式 地絡保護方式과 電流方式地絡保護方式이 있고, 大容量系統은 電力方向式地絡保護方式, 比較的 小容量系統에는 電

流方式地絡保護方式이 채택되고 있다. 그림 7에 電力保護方式, 그림 8에 電流保護方式을 表示한다. 電力方向地絡保護方式은 正相電壓을 檢出하는 回路가 복잡하기 때문에 이 中性點 接地部를 단순하게 한 것이 電流方式地絡保護方式이다. 그림 7에 있어서 各 保護繼電器는 다음과 같이 되어 있다.

○51N : 母線保護 및 後備保護

重地絡保護를 目的으로 하여 主變壓器二次 및 母線保護를 하고 主變壓器 二次遮斷器에 대하여 開放指令을 낸다. 檢出感度(一次電流) 4~20A 程度



## 용어해설

### 메카트로닉스 기초 이해를 위한

#### 턴 키 시스템(turn key system)

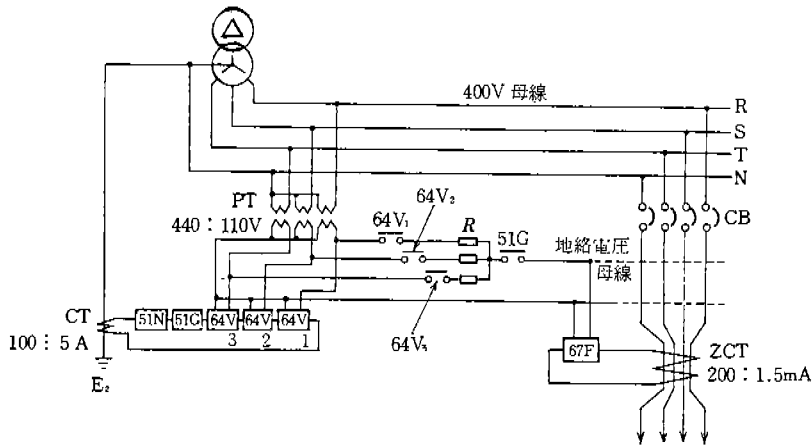
유저가 메이커로부터 인도 받아서 키를 돌이는 것만으로 움직이기 시작하는 시스템. 최근에는 특히 CAD/CAM 시스템에 대해 많이 사용되는 용어다.

턴 키 시스템은 원래 수출용 플랜트 등에 자주 사용되는 말로서 다음과 같은 설계의 배경이 있다.

- (1) 유저에게는 블랙 박스로서 명쾌하게 사용하게 한다.
- (2) 따라서 기능은 어느 정도 한정되지만 그것에 필요한 하드웨어와 소프트웨어식을 통합해서 사용하기 쉽게 한다.
- (3) 어느 정도 메인テナンス·프리로서 메이커측 조작이 필요 없게 한다.
- (4) 페일 세이프(fail-safe), 폴 프로프(fool-proof: 누구나 취급할 수 있는 것) 등을 충실히 하여 유저의 잘못 사용에 대한 시스템의 강인성을 높여 둔다.
- (5) CAD/CAM 시스템의 경우도 기본적으로는 이 사고방식이 채용되고 있으며 미니 컴퓨터 또는 슈퍼 미니 컴퓨터에 여러 대의 그래픽·디스플레이를 조합하여 스탠드 얼론형(독립형) 시스템으로서 종합되어 있다.

1968년에 미국의 카르마사가 최초의 턴 키 시스템을 발매하고, 다음 해에는 미국의 애플리 점사와 컴퓨터비전사가 참가했다.

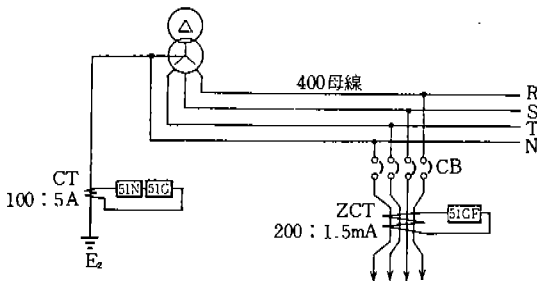
최근에는 FMS의 공장이나 자동창고 등도 턴 키 계약을 하고 있다.



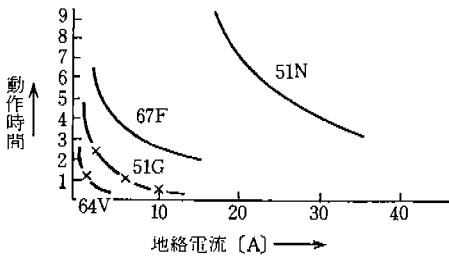
〈그림 7〉 電力方向式 地絡保護回路

〈표 5〉 檢出感도와 動作時間

繼電器	檢出感度 (一次電流值)	動作時間 (300%値)	備考
51N	4~20A	約4.2s	重地絡檢出
67F	2.67~7.47A	1.5s	選擇地絡檢出
64V	0.4~1.12A	1.5s	微地絡檢出
漏電遮斷器	數10mA~ 數100mA	定格感度電流 0.1s	分岐回路地絡 檢出



〈그림 8〉 電流式 地絡保護回路



〈그림 9〉 地絡保護 協調特性

性點地絡電流에 의하여 地絡電流와 同相의 繼電器가 地絡相의 地絡檢出을 하여 選擇地絡繼電器에 가장 適當한 電壓을 부여한다.

○67F : 配電線地絡保護

上記 64V, 51G에 의하여 形成된 地絡電壓과 零相變流器(ZCT)의 組合에 의하여 ZCT 以後를 選擇地絡檢出을 한다.

本方式에서의 檢出感도와 協調特性을 표 5와 그림 9에 表示한다.

또 그림 8에 表示하는 電流式地絡保護方式에 있어서 51N, 51G는 各已 重地絡, 微地絡을 檢出, 51GF는 67F와는 달리 단지 ZCT와 組合시켜 電流의 크기만으로 地絡을 檢出하는 方式이다.

檢出感度は 電力方向式地絡保護의 경우와 거의 같다.

○51G : 選擇地絡回路構成用  
配電線用地絡繼電器(67F)의 地絡母線을 形成한다. 檢出感度(1次電流) 수A 정도.

○64V<sub>1</sub>~V<sub>3</sub> : 微地絡檢出用  
計器用變壓器의 二次電壓(110V/√3V)과 中