

Ejemplo de cálculo de puestas a tierra en Subestaciones



DATOS DE PARTIDA:

- Tensión de servicio: $U = 20.000 \text{ V}$
- Puesta a tierra de neutro: $R_n = 30 \Omega$; $X_n = 0$
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT del CT: $V_{bt} = 8.000 \text{ V}$

(valores normalmente utilizados de la tensión soportada por la instalación de baja tensión son: 4000,6000,8000 y 10000V)

CARACTERÍSTICAS DEL CT

- Situado en un edificio destinado a otros usos.
- Dimensiones del local ($a=5\text{m}$, $b=4\text{m}$).

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

- Resistividad del terreno: $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$

Resistencia máxima de puesta a tierra de las masas del CT (R_t) e intensidad de defecto (I_d)

$$\left\{ \begin{array}{l} I_d \times R_t \leq V_{bt} \\ I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \end{array} \right.$$

$$I_d = \frac{V_{bt}}{R_t} = \frac{8000}{R_t}$$

$$I_d = \frac{8000}{R_t} = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

$$\frac{8000}{R_t} = \frac{20000}{\sqrt{3} \sqrt{(30 + R_t)^2 + 0^2}}$$

$$\frac{8}{R_t} = \frac{20}{\sqrt{3} (30 + R_t)}$$

$$(30 + R_t) = \frac{20 \times R_t}{8 \times \sqrt{3}}$$

$$R_t = 67,7 \Omega$$

$$I_d \leq 118 A$$

Resistencia máxima de puestas a tierra de las masas

Corriente de defecto

Selección del electrodo tipo (Método UNESA)

$$k_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{67,7}{100} \leq 0,677 \frac{\Omega}{\Omega \times m}$$

Se selecciona un electrodo con 2 picas alineadas de 2 metros de longitud, separación entre picas de 3m, sección del conductor de cobre de 50mm² y profundidad del electrodo de 0,5m.

ELECTRODO 5/22⁽¹⁾

- (1) Ver método de cálculo UNESA en el siguiente link:
<https://imseingenieria.blogspot.com/2022/12/metodo-de-calculo-y-proyecto-unesa-de.html>

Parámetros del electrodo elegido

$$k_r = 0,201 \frac{\Omega}{\Omega \times m}$$

$$k_p = 0,0392 \frac{V}{\Omega \times m(A)}$$

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto exterior

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o avería.
- En el piso del CT se instalará mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10cm conectado a la puesta a tierra de protección del CT.

Valores de la resistencia de puesta a tierra (R'_t), intensidad de defecto (I'_d) y tensiones de paso (V'_p) del electrodo seleccionado, para la resistividad del terreno media (ρ)

- Resistencia de puesta a tierra ($R'_t < R_t$):

$$R'_t = k_r \times \rho = 0,201 \times 100 = 20,1 \Omega$$

- Intensidad de defecto:

$$I'_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R'_t)^2 + X_n^2}} = \frac{20.000}{1,73 \sqrt{(30 + 20,1)^2 + 0^2}} = 230,7 A$$

- Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = k_p \times \rho \times I'_d = 0,0392 \times 100 \times 230,7 = 904 V$$

- Tensión de defecto:

$$V'_d = R'_t \times I'_d = 20,1 \times 230,7 = 4637 V$$

- Duración total de la falta

Consideramos relé a tiempo independiente: $t' = 0,5s$, $I'a = 50A$.

Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección (masas) y de servicio (neutro de b.t.)

Se han previsto puestas a tierra separadas e independientes:

$$D = \frac{\rho \times I'_d}{2\pi \times U} = \frac{100 \times 230,7}{6283} \geq 3,7m$$

($U=1000V$) (ITC-BT-18 y MIE-RAT-13)

VALORES ADMISIBLES

Tensiones de paso en el exterior

MIE-RAT-13 establece que la tensión máxima aplicable al cuerpo humano, entre mano y pies que se puede aceptar es la siguiente:

$$V_{ca} = \frac{k}{t^n}$$

Para $t = 0,5s$; $0,9 < t < 0,1$; (MIE-RAT-13)

$K = 72$

$t = 1$

- Tensión de paso en el exterior:

$$V_p' = \frac{10 \times k}{t^n} \left(1 + \frac{6\rho}{1000}\right) = \frac{10 \times 72}{0,5^1} \left(1 + \frac{6 \times 100}{1000}\right) = 2304V$$

COMPROBACIÓN DE QUE LOS VALORES CALCULADOS SATISFACEN LAS CONDICIONES EXIGIDAS

TENSIONES DE PASO Y CONTACTO EN EL INTERIOR	Como medida de seguridad se instala en el piso del CT un mallazo conectado a la puesta a tierra de protección del CT
TENSIONES DE CONTACTO EXTERIOR	Como medida de seguridad las puertas y rejillas que dan al exterior del CT no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a detectores y averías
TENSIÓN DE PASO EN EL EXTERIOR	Valor calculado= $V_p' = 904 \text{ V}$ < Valor admisible = $V_p = 2304 \text{ V}$
TENSIÓN DE DEFECTO	Valor calculado= $V_d' = 4637 \text{ V}$ < Valor admisible = $V_{bt} = 8000 \text{ V}$
INTENSIDAD DE DEFECTO	Valor calculado= $I_d' = 230,7 \text{ V}$ > Valor actuación = $I = 50A$