

Solución Práctico 3 – SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS y PAT.

Instalaciones Eléctricas

Ejercicio 1: Ver Teórico.

Ejercicio 2

Parte A)

Al ser un contacto directo el potencial que queda aplicado la persona es

$$U_c = \frac{U}{\sqrt{3}} = 230V$$

$$U_c = R_H \times I_H \Rightarrow I_H = \frac{230V}{2300\Omega} = 100mA$$

De las curvas adjuntas se puede observar que para la curva C, curva límite para $i(t)$ de riesgo de fibrilación ventricular el tiempo máximo que la corriente debe durar es de 0,5seg.

Entonces las condiciones que se deben cumplir para la protección son:

$$\Delta I_n \leq 100mA$$

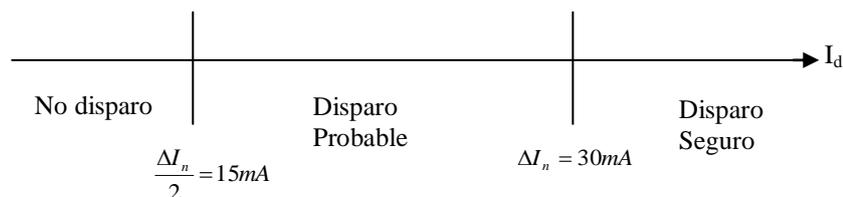
$$t_a(100mA) \leq 0,5seg$$

Como el interruptor considerado tiene $\Delta I_n = 30mA$ la primera condición queda cumplida.

Para verificar el tiempo de apertura veo el cociente $\frac{I_H}{\Delta I_n} = \frac{100}{30} = 3,33$. Luego de los

valores garantizados por la norma IEC se tiene que $t_a \leq 0,15seg$ con lo que se verifica la segunda condición. (ver tabla)

Parte B)



Parte C)

Para asegurar que el diferencial nunca va a disparar a causa de las fugas de los puestos de computación, la suma de dichas fugas deben caer en la zona de No disparo para cada línea.

$$\frac{\Delta I_n}{2} = 15mA > N \times I_f = N \times 2,5mA \Rightarrow N < \frac{15}{2,5} = 6 \text{ puestos}$$

$$\Rightarrow N_{\max} = 5 \text{ puestos}$$

Ejercicio 3

Parte A)

Al tratarse de un sistema tipo TN-S el recorrido de la corriente de falla I_f es:

$$\bar{Z}_{PE} + \bar{Z}_{TRAFO} + \bar{Z}_{FASE} \Rightarrow I_f = \frac{U_n / \sqrt{3}}{|\bar{Z}_{PE} + \bar{Z}_{TRAFO} + \bar{Z}_{FASE}|}$$

$$|\bar{Z}_{TRAFO}| = u_k \frac{U_n^2}{S_n} = 0,06 \times \frac{400V^2}{1250kVA} = 7,68m\Omega$$

Suponiendo que despreciamos pérdidas en el cobre tenemos que $\bar{Z}_{TRAFO} = j7,68m\Omega$

Como las secciones de los conductores de fase y el conductor de protección son iguales tenemos que:

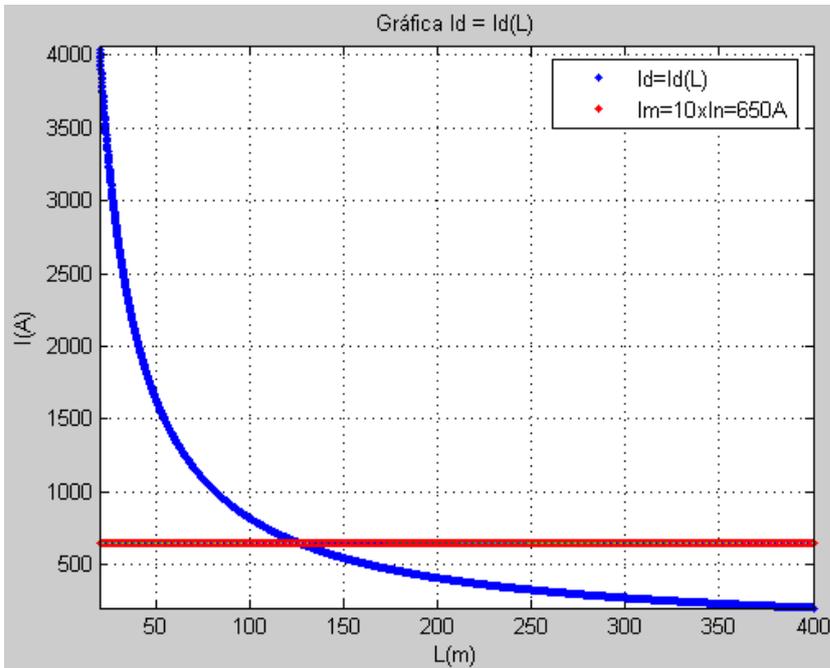
$$\bar{Z}_{PE} = \bar{Z}_{FASE} = \frac{\rho}{S}l + jx_{ph}l$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow I_f &= \frac{U_n / \sqrt{3}}{|\bar{Z}_{PE} + \bar{Z}_{TRAFO} + \bar{Z}_{FASE}|} = \frac{U_n / \sqrt{3}}{\left| \left(\frac{\rho}{S} + \frac{\rho}{S} \right)l + j(x_{ph}l + x_{TRAFO}) \right|} = \frac{U_n / \sqrt{3}}{\sqrt{\left(\frac{2\rho}{S}l \right)^2 + (x_{ph}l + x_{TRAFO})^2}} = \\ &= \frac{U_n / \sqrt{3}}{\sqrt{7,91l^2 + 1,23 \times 10^{-6}l + 5,90 \times 10^{-5}}} \end{aligned}$$

Parte B)

Para obtener la protección deseada, la corriente de falla ocasionada por el contacto indirecto debe ser mayor o igual al valor de la corriente para la cual comienza a actuar el disparo magnético para el interruptor utilizado.

$$\Rightarrow \frac{U_n / \sqrt{3}}{\sqrt{7,91 \times 10^{-6}l^2 + 1,23 \times 10^{-6}l + 5,90 \times 10^{-5}}} > 650A$$



Operando se obtiene $\Rightarrow I_{MAX} = 126m$

Ahora hallo la tensión de contacto en el extremo del circuito como:

$$U_C(I_{MAX}) = R_{PE} \times I_f = 115,2V$$

De la tabla 5 para un estado seco se obtiene que para una tensión de contacto de 115,2V el tiempo máximo de apertura es de 0,34 seg por lo que el interruptor, al tener un tiempo de apertura de 100ms, es adecuado.

Parte C)

Utilizando la expresión $S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k}$ es posible hallar la máxima corriente de cortocircuito para no ocasionar daños térmicos en el conductor:

$$I_{MAX} = 5818,6A$$

Luego acotamos I_f con el valor de $I_{MAX} = 5818,6A \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{U_n / \sqrt{3}}{\sqrt{7,91l^2 + 1,23 \times 10^{-6}l + 5,90 \times 10^{-5}}} < 5818,6A$$

Operando se obtiene $\Rightarrow I_{MIN} = 13,8m$

Ejercicio 4

Parte A) Ver teórico.

Parte B)

Notas:

i) para esta parte se debe tomar para el cálculo de la resistividad aparente por

Edrenyi $r = \frac{A}{D} = \frac{\sqrt{3}}{2}$

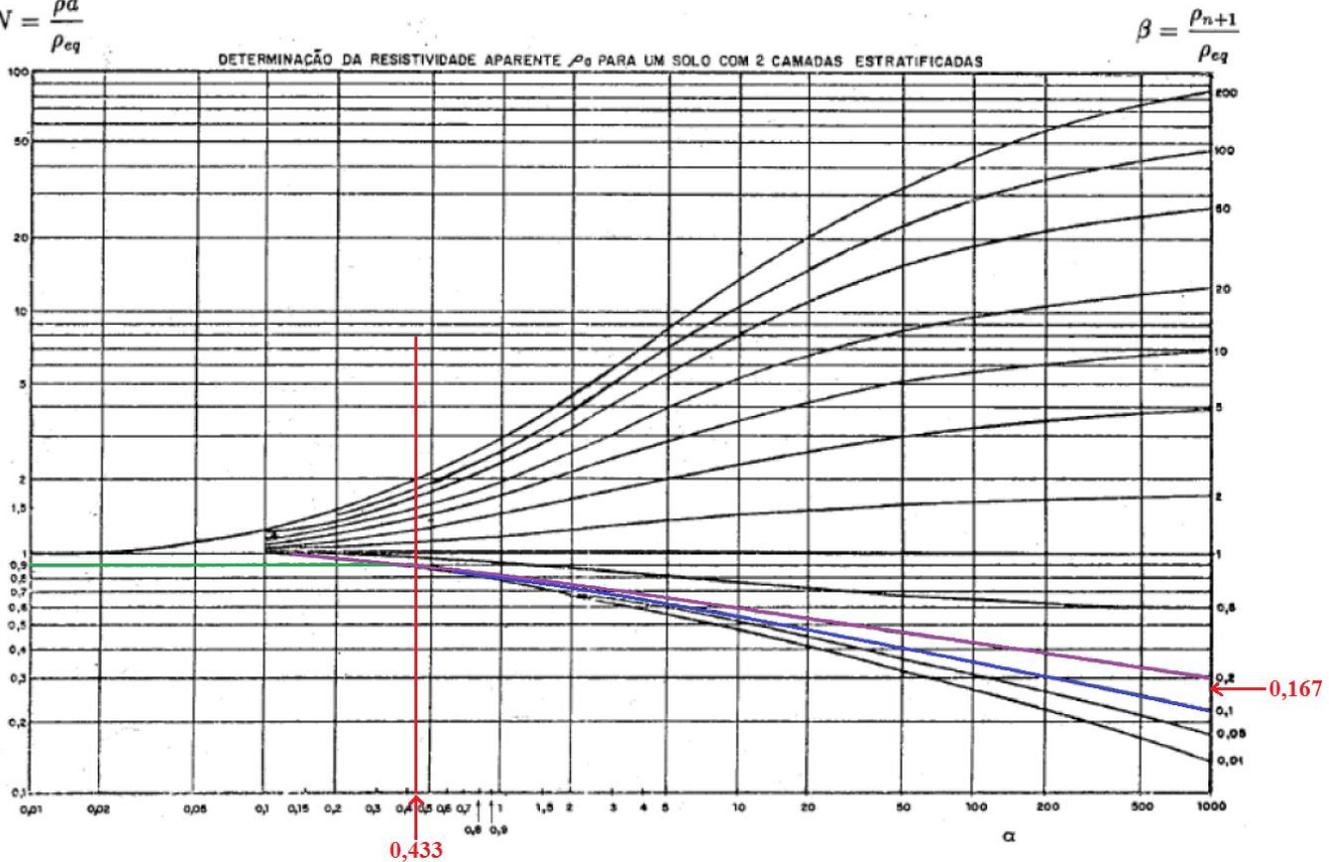
ii)

En primer lugar se calcula la resistividad aparente del terreno según el método de Endrenyi:

$$\alpha = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{d} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = 0,433$$

$$\beta = \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{50}{300} = 0,167$$

$$N = \frac{\rho_a}{\rho_{eq}}$$

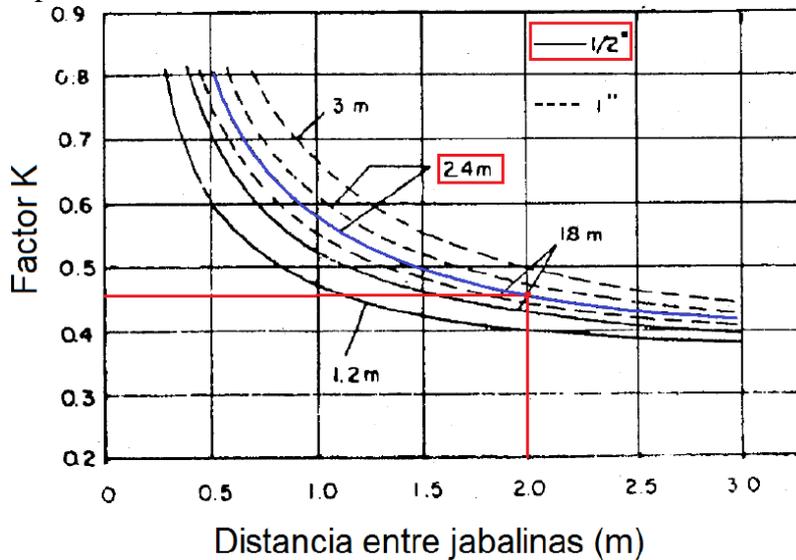


De las curvas de Endrenyi se obtiene $N=0,9$

$$\Rightarrow \rho_a = N \times \rho_1 = 0,9 \times 300 = 270 \Omega \cdot m$$

Entonces para una jabalina tenemos que: $R_{1J} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) = 118,8\Omega$

Aplicando el factor de reducción para tres jabalinas dispuestas en triángulo con una separación de 2m:



De las curvas tenemos que $K \approx 0,45$

$$\Rightarrow R_{3J} = 0,45 \times 118,8 = 53,5\Omega$$

Parte C)

Si se utilizan las mismas jabalinas una posibilidad para disminuir la resistencia de la puesta a tierra es separarlas una distancia mayor o disponerlas en otra configuración, como por ejemplo alineadas.

Si con la misma configuración se instalan jabalinas de mayor longitud con una separación igual a esa longitud, el valor de la resistencia baja ya que: baja la resistividad aparente ($\rho_2 < \rho_1$) y además disminuye R_{1J} ya que aumenta L.

Ejercicio 5

Parte A)

Datos:

$$S=35\text{mm}^2$$

$$\rho_a = 50\Omega \cdot m$$

$$L=4\text{m}$$

$$p=0,5\text{m}$$

$$r= 3,3 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$R_T = \frac{\rho_a}{3\pi L} \left[\ln\left(\frac{L^2}{2rp}\right) + 1,077 \right] = \frac{50}{3\pi 4} \left[\ln\left(\frac{4^2}{2 \times 3,3 \times 10^{-3} \times 0,5}\right) + 1,077 \right] = 12,7\Omega$$

Parte B)

Para un ambiente de estado seco tenemos que el valor de seguridad para la tensión de contacto es $U_c = 50V$

Teniendo en cuenta esa restricción debemos verificar que

$$U_c = 50V > R_T \times I_f \Rightarrow I_f < \frac{50}{12,7} = 3,94A$$

En caso que la corriente detectada de falla sea mayor a la máxima aceptable la solución es modificar la PAT de manera de disminuir su valor.

Ejercicio 6

Datos:

Sistema de distribución TT, 400V

Sensibilidad del diferencial: $I\Delta n = 1A$

Local húmedo: $U_c = 25V$ (valor de seguridad para tensión de contacto)

$$\rho_a = 300 \Omega \cdot m$$

PAT realizada con jabalinas de $L = 4m$ y $\phi = 5/8" = 19mm$

$$R_{1J} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

Jabalinas alineadas, se adjunta tabla con factor de reducción para este caso.

Parte A)

$$\text{Se conoce que } U_c = 25V > R_T \times I\Delta n \Rightarrow R_T < \frac{25}{1} = 25\Omega$$

Utilizando los datos de la instalación y la expresión para el valor de la resistencia para una jabalina tenemos que:

$$R_{1J} = \frac{\rho_a}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right) = 82,5\Omega$$

Debemos obtener un valor igual o menor a 25Ω por lo que de la tabla para jabalinas alineadas obtenemos cuantas se deben utilizar:

$$K \times R_{1J} < 25\Omega \Rightarrow K < \frac{25}{82,5} = 0,303$$

Por lo tanto, es necesario alinear 4 jabalinas, con lo que se obtiene una

$$R_T = 82,5 \times 0,3 = 24,75\Omega$$

Parte B)

$$R_N = 12\Omega$$

Calculamos la corriente de de defecto para un sistema TT:

$$I_f = \frac{U/\sqrt{3}}{R_T + R_N} = \frac{230}{12 + 24,75} = 6,26A$$

Entonces la tensión de contacto es: $U_c = R_T \times I_f = 155V$

Ahora de la tabla N°5 del ejercicio 3 tenemos que para esa tensión el tiempo máximo de apertura es de 0,26s, entonces es necesario que $t_{ap} < 0,26seg$

Necesito saber en que tiempo abre el interruptor instalado para una corriente de falla de 6,26A. Según la norma IEC, se garantiza que cuando $I_f > 5 \times I\Delta n$ el tiempo de apertura máximo es de 0,04seg.

Analizando nuestro caso tenemos que:

$\frac{I_f}{I\Delta n} = 6,26$ por lo que estamos en las condiciones de un tiempo de apertura máxima de 0,04seg.

Conclusión: El interruptor es el adecuado y protege contra contactos indirectos.