

PROBLEMA 1 (1-06-2010)

Se tiene un CT 20/0,4 kV, con medidas adicionales de seguridad. En el CT, la puesta a tierra (p.a.t) de las masas del C.T y la del neutro del transformador forman una tierra común.

El tiempo de desconexión del I.A. situado en cabecera de la línea de distribución (en la subestación (SE)) que alimenta a nuestro C.T. es de 0,7s. La instalación de BT (alimentada por el CT) es TT.

Se pide:

- a) Valor de la reactancia X_n intercalada en la puesta a tierra del neutro del secundario de la SE para limitar el valor de la corriente máxima de defecto en el lado de alta tensión a 500 A. (Se considerará despreciable el valor de R_n).
- b) Se instala un electrodo único para las puestas a tierra de las masas de alta tensión (R_t) y del neutro (R_B). Suponiendo que la corriente máxima para un defecto Fase-Masa en el lado de 20kV del CT es de 500 A. Calcular el valor máximo posible de la resistencia a tierra común ($R_t=R_B$).
- c) Con el valor de la resistencia calculada en b, suponiendo que hay un defecto de aislamiento en el lado de MT del CT ($I_d=500$ A) y que además se produce un defecto franco fase-masa en la instalación de BT alimentada desde el CT.
Calcular:
 1. Corriente de defecto máxima (valor eficaz) que se puede presentar en la instalación de BT y tensión de contacto ($R_A=20\Omega$).
 2. ¿Disparará el Interruptor Diferencial, que protege la parte averiada de BT? ($I_{AN}=300\text{mA}$).
- d) Considerando que una persona ($R_H=1000\Omega$) esta tocando la masa de BT, cuando se producen los dos defectos anteriormente citados. Calcular:
 1. Tensión de defecto (la que se aplica a la persona).
 2. La corriente de defecto (I_d), la corriente que pasa por la persona (I_H) y la que pasa por R_A (I_A).
- e) Suponiendo que en las condiciones anteriores el diferencial no actuase (por avería del mismo). ¿Sería peligrosa la situación para la persona que está tocando la masa?
- f) Calcular el valor de la resistencia de aislamiento en la instalación de BT para que la situación deje de ser peligrosa.

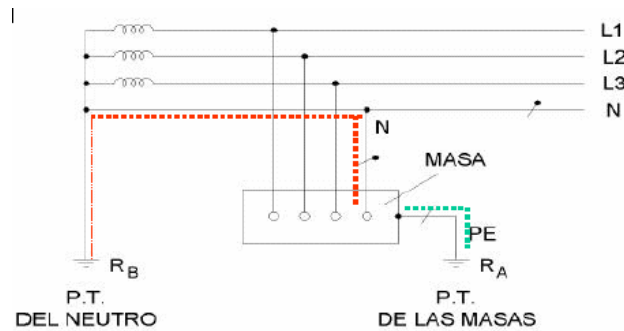
NOTA: En el examen solo se pusieron los apartados a,b,c,d.

SOLUCIÓN PROBLEMA 1 (1-06-2010)

Se tiene un C.T 20/0,4 kV. Por el enunciado se sabe que la puesta a tierra de las masas del C.T (R_T) y la del neutro del transformador (R_B) forman una tierra común.

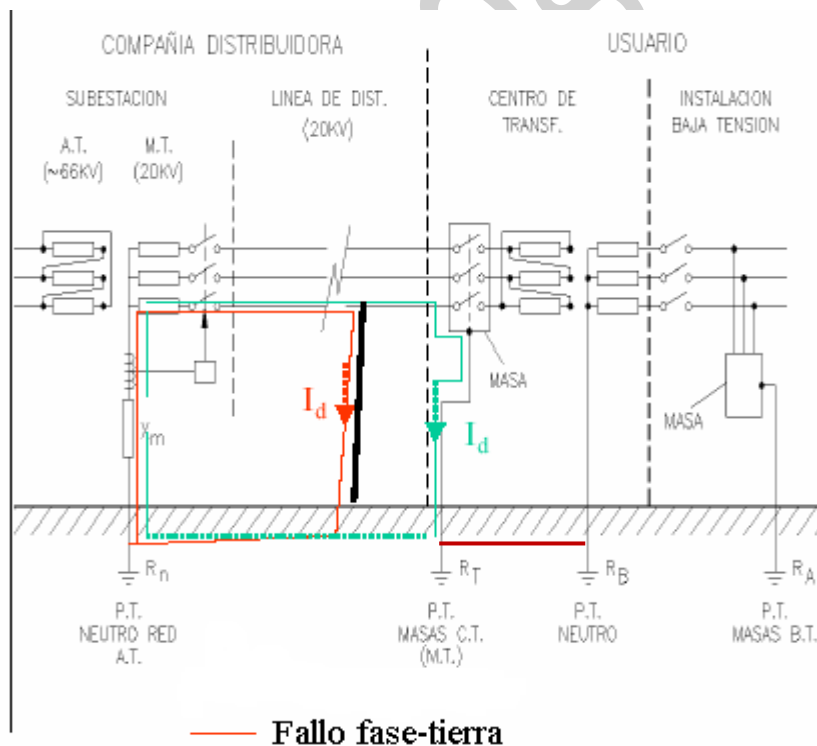
Hay un I.A situado en la cabecera de la línea de distribución (20kV) que alimenta a al C.T con tiempo de desconexión igual a 0,7 seg.

La instalación de B.T es de tipo TT: el neutro del transformador se conecta a tierra utilizando una instalación de puesta a tierra independiente del sistema de puesta a tierra de las masas de baja tensión:



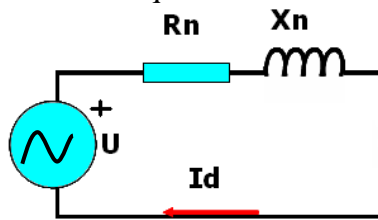
a) Valor de la reactancia X_n intercalada en la puesta a tierra del neutro del secundario de la SE para limitar el valor de la corriente máxima de defecto en el lado de alta tensión a 500 A. (Se considerará despreciable el valor de R_n).

Se considera el fallo más desfavorable que es el FASE-TIERRA:



Hay que tener en cuenta que en la instalación R_T y R_B forman una puesta a tierra común.

En el instante del fallo F-T, el circuito equivalente:



$$U = 20/\sqrt{3} \text{ kV.}$$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot X_n} = 500 \text{ A} \rightarrow X_n = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot 500} = \frac{24.000}{\sqrt{3} \cdot 500} = 27,7 \Omega$$

b) Se instala un electrodo único para las puestas a tierra de las masas de alta tensión (R_t) y del neutro (R_B). Suponiendo que la corriente máxima para un defecto Fase-Masa en el lado de 20kV del CT es de 500 A. Calcular el valor máximo posible de la resistencia a tierra común ($R_t=R_B$).

La recomendación UNESA (UNESA, 1989:13) limita la tensión transferida al electrodo del neutro desde la puesta a tierra de M.T a 1.000 V, con lo cual se garantiza que los aislamientos de la parte baja nunca se verán sometidos a tensiones superiores a la tensión de prueba. (ver punto 3.10.2 [1])

Como en este problema en concreto la distancia entre los electrodos de puesta a tierra de las masas de M.T y del neutro del transformador es nula (p.a.t común) debe cumplirse la condición: (punto 3.10.3 [1])

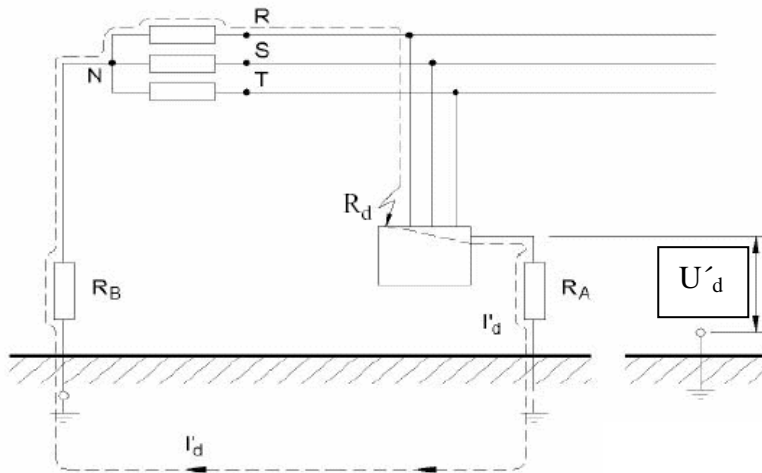
$$V_t = R_t \cdot I_d \leq 1.000 \text{ V} \rightarrow R_t \leq \frac{1.000}{I_d} = \frac{1.000}{500} = 2 \Omega \rightarrow \boxed{R_T = R_B \leq 2 \Omega}$$

c) Con el valor de la resistencia calculada en b, suponiendo que hay un defecto de aislamiento en el lado de MT del CT ($I_d=500 \text{ A}$) y que además se produce un defecto franco fase-masa en la instalación de BT alimentada desde el CT.

Calcular:

1. Corriente de defecto máxima (valor eficaz) que se puede presentar en la instalación de BT y tensión de contacto (Dato: $R_A=20 \Omega$).
2. ¿Disparará el Interruptor Diferencial, que protege la parte averiada de BT? (Dato: $I_{\Delta N}=300 \text{ mA}$).

Se tiene un defecto de aislamiento en el lado de M.T del C.T ($I_d = 500 \text{ A}$) y al mismo tiempo un defecto franco FASE-MASA en la instalación de B.T alimentada desde el C.T:



Tensión de defecto

$$V_{FT} = V_T + V_{FN} = 1.000 + 230 = 1.230V \quad (R_d = 0)$$

$$I_d = \frac{V_{FT}}{R_B + R_A} = \frac{1.230}{2 + 20} = 55,9A \rightarrow \boxed{I_d = 55,9 A}$$

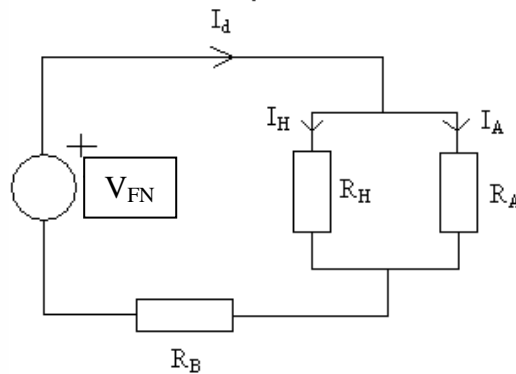
$$V_d = R_A \cdot I_d = 20 \cdot 55,9 = 1.118V \rightarrow \boxed{V_d = 1.118 V}$$

Como $I'_d = 55,9 > I_{\Delta N} = 300 \text{ mA} \rightarrow \boxed{\text{El I.D sí disparará}}$

d) Considerando que una persona ($R_H=1000\Omega$) esta tocando la masa de BT, cuando se producen los dos defectos anteriormente citados. Calcular:

1. Tensión de contacto (la que se aplica a la persona).
2. La corriente de defecto (I_d), la corriente que pasa por la persona (I_H de contacto) y la que pasa por R_A (I_A).

Circuito equivalente:



$$V_{FT} = V_T + V_{FN} = 1.000 + 230 = 1.230V$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_d = I_H + I_A \\ R_H \cdot I_H = R_A \cdot I_A \end{array} \right.$$

$$R_{eq} = R_H // R_A = \frac{R_H \cdot R_A}{R_H + R_A} = \frac{1.000 \cdot 20}{1.000 + 20} = 19,61\Omega$$

$$I_d = \frac{V_{FT}}{R_B + R_{eq}} = \frac{1.230}{2 + 19,61} = 56,92A$$

$$V_d = R_{eq} \cdot I_d = 19,61 \cdot 56,92 = 1.120,0V$$

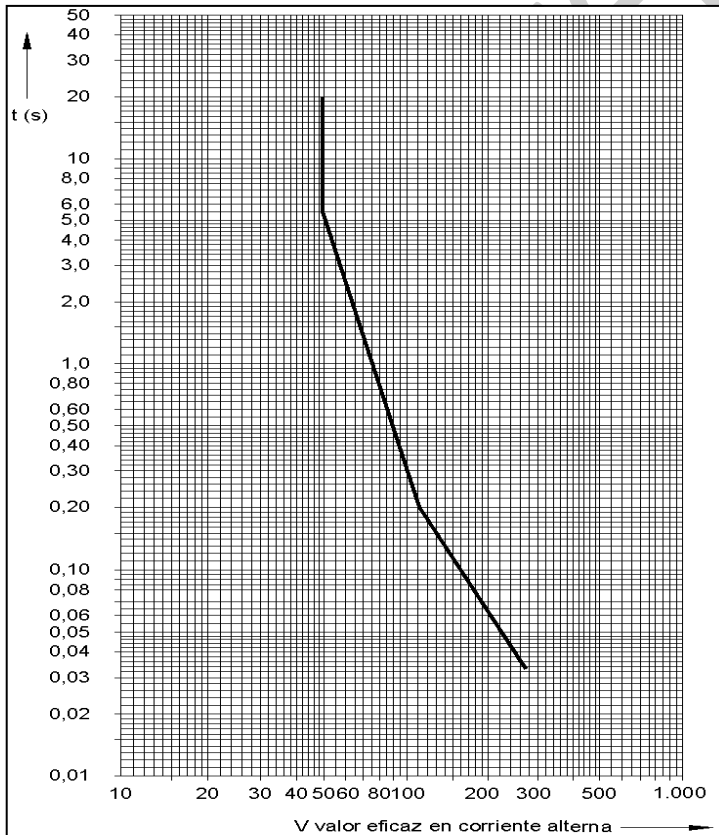
$$\boxed{I_d = 56,92 A} \quad I_H = 1,12 A ; I_A = 55,80 A$$

$$\boxed{V_d = 1.120,0 V} \quad V_C = R_H \cdot I_H = V_d = 1120,0V$$

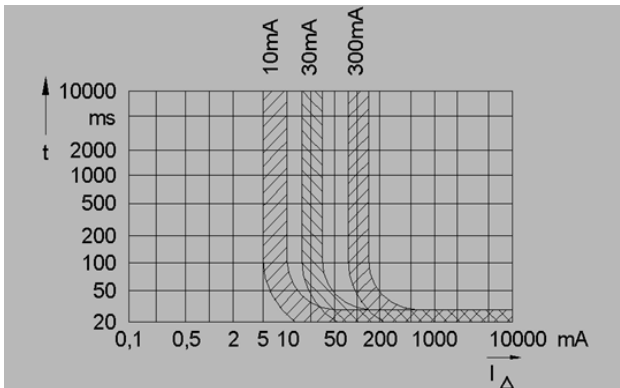
Evidentemente el I.D. disparará pues $I_d \gg I_{\Delta N}$.

e) Suponiendo que en las condiciones anteriores el diferencial no actuase (por avería del mismo). ¿Sería peligrosa la situación para la persona que está tocando la masa?

Para una tensión de defecto de 1.120,0 V, el tiempo admisible según la curva de vida es muy bajo, menor de 0,03 seg. Si falla el ID, disparará el IA situado en la línea de distribución (20kV) con un tiempo de 0,7s. Por tanto, si habrá peligro de electrocución.

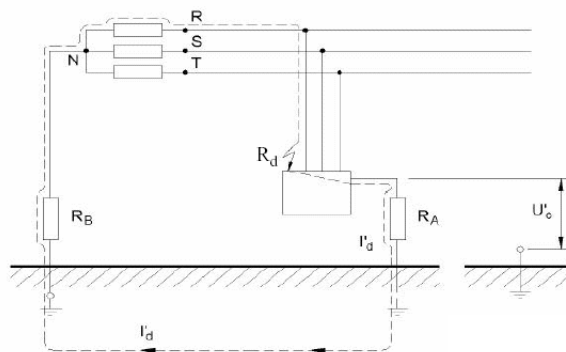


Nota: Obsérvese que la situación que se presenta en el problema es muy difícil que se presente en la realidad, pues son dos defectos (en 20kV y en B.T); que se presentan simultáneamente durante los 0,7 sg. que tarda en desconectar el IA (20kV). Además es una instalación de p.a.t especial pues R_t y R_B son comunes.



Incluso considerando el disparo del I.D ($t_d \approx 0,02$ seg), la situación podría ser peligrosa.

f) Calcular el valor de la resistencia de aislamiento en la instalación de BT para que la situación deje de ser peligrosa.



Para locales secos, la tensión de contacto límite convencional se establece según el REBT en 50 V.

Por apartados anteriores sabemos:

$$V_c = R_A \cdot I_d = 50V \rightarrow I_d = \frac{50}{R_A} = \frac{50}{20} = 2,5A$$

$$I_d = \frac{V_{FT}}{R_A + R_B + R_d} \rightarrow R_d = \frac{V_{FT}}{I_d} - R_A - R_B = \frac{1.230}{2,5} - 20 - 2 = 470\Omega$$

$$\boxed{R_d > 470\Omega}$$

NOTA: [1] Libro Tecnología Eléctrica. J.Roger, M.Riera, C.Roldán. Ed. Síntesis. 3ª Ed.