

Aterramiento del neutro

Introducción

- La forma de aterrar el neutro influye exclusivamente en la red de secuencia homopolar.
- Impacta sobre varios campos de análisis de SEP
 - Cortocircuitos
 - Coordinación de aislación
 - Protección contra sobretensiones
 - Diseño de estructura de torres y líneas de transmisión
 - Diseño de protecciones
 - Ruido de interferencia en comunicaciones

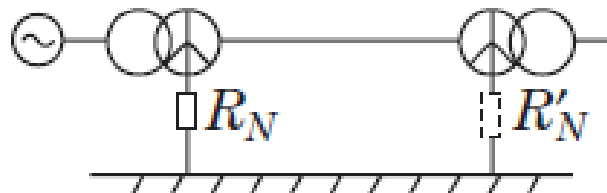
Métodos

- Se pueden clasificar en 2 grupos
 - Aterramiento efectivo
 - Rígido a tierra (o sólido a tierra)
 - Aterramiento no efectivo
 - A través de una resistencia
 - A través de una inductancia (Bobina de Petersen)
 - Neutro aislado
- Características generales

Aterramiento	Efectivo	No Efectivo
Corrientes de CC	ALTAS	BAJAS
Sobretensiones temporales	BAJAS	ALTAS

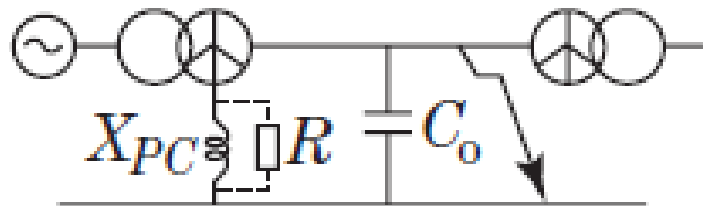
Descripción de los métodos

- Aterramiento rígido
 - Todos los transformadores de una estación conectados al mismo nivel de tensión tienen los neutros rígidos a tierra.
- Aterramiento a través Resistencia
 - Todos o algunos transformadores particulares de una estación conectados al mismo nivel de tensión son aterrados a través de una resistencia.
 - El valor de la resistencia en general se determina para que la corriente de cc de 1FT esté limitada entre 100A y 1000 A.



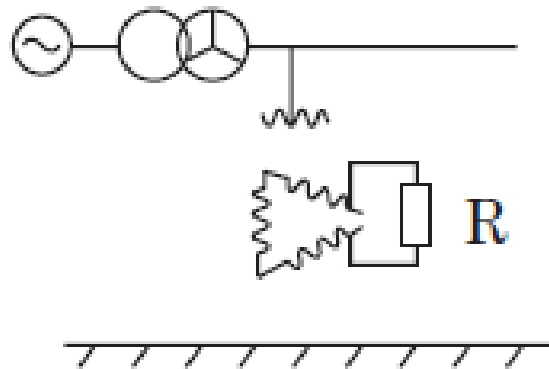
Descripción de los métodos

- Aterramiento mediante bobina de extinción de arco – Bobina de Petersen
 - Algunos transformadores particulares son aterrados a través de un reactor regulable (inductancia L_{PC}).
 - L_{PC} se regula para que sintonizarse con la capacidad de las líneas de transmisión.
 - Despreciando la impedancia de secuencia 0 del sistema, la capacidad de la línea y la bobina están en paralelo.
 - $$Z_0 = \frac{1}{\frac{1}{j3\omega L_{PC}} + j\omega C_0} = \frac{1}{j(\omega C_0 - \frac{1}{3\omega L_{PC}})}$$
 - Regulando L_{PC} para que $L_{PC} = \frac{1}{3\omega^2 C_0}$ la impedancia Z_0 resulta infinita limitando efectivamente las corrientes de falta a tierra.



Descripción de Métodos

- Sistema aislado de tierra
 - Práctica típica que solo se aplica a sistemas de distribución
 - No existe conexión a tierra excepto por equipamiento de medida de alta impedancia.
 - Las corrientes a tierra debido a defectos 1FT son del orden de mA hasta 1A debido a que las impedancias a tierra son del orden de miles de Ohm. Desde el punto de vista analítico es infinita.



Comparación entre los métodos

- Sobretensiones temporarias en cc 1FT

- $\bar{I}_d = \bar{I}_i = \bar{I}_h = \frac{\bar{E}}{\bar{Z}_s + \bar{Z}_a + \bar{Z}_0}$

- Tensión en el punto de falta:

- En componentes simétricas

- ❖ $\bar{V}_d = -\bar{Z}_s \cdot \bar{I}_d + \bar{E}$

- ❖ $\bar{V}_i = -\bar{Z}_a \cdot \bar{I}_i$

- ❖ $\bar{V}_h = -\bar{Z}_0 \cdot \bar{I}_h$

- En componentes por fase

- $\bar{V}_a = \bar{V}_d + \bar{V}_i + \bar{V}_h = 0$

- $\bar{V}_b = a^2 \bar{V}_d + a \bar{V}_i + \bar{V}_h = \frac{\bar{E} \cdot (a-1) \cdot [a \cdot \bar{Z}_a + (a+1) \bar{Z}_0]}{\bar{Z}_s + \bar{Z}_a + \bar{Z}_0}$

- $\bar{V}_c = a \bar{V}_d + a^2 \bar{V}_i + \bar{V}_h = \frac{\bar{E} \cdot (a-1) \cdot [-a \cdot \bar{Z}_a + \bar{Z}_0]}{\bar{Z}_s + \bar{Z}_a + \bar{Z}_0}$

- Calculando módulos

- $V_b = \left| \frac{\bar{E} \cdot (a-1) \cdot [a \cdot \bar{Z}_a + (a+1) \bar{Z}_0]}{\bar{Z}_s + \bar{Z}_a + \bar{Z}_0} \right| = E \sqrt{3} \cdot \left| \frac{a \cdot \bar{Z}_a + (a+1) \bar{Z}_0}{\bar{Z}_s + \bar{Z}_a + \bar{Z}_0} \right|$

- $V_c = E \sqrt{3} \cdot \left| \frac{-a \cdot \bar{Z}_a + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_s + \bar{Z}_a + \bar{Z}_0} \right|$

- Aterramiento rígido

- Relaciones típicas $Z_s \cong Z_a \cong \frac{Z_0}{3}$

- $V_b \cong E \sqrt{3} \cdot \left| \frac{4a+3}{5} \right| \cong 1.25 \cdot E$

- $V_c \cong E \sqrt{3} \cdot \left| \frac{-a+3}{5} \right| \cong 1.25 \cdot E$

- Aterramiento no efectivo

- $Z_0 \gg Z_s, Z_a$

- $V_b \cong V_c \cong E \cdot \sqrt{3} \cong 1.73 \cdot E$

Comparación entre los métodos

➤ Aterramiento rígido

- $V_b \cong V_c \cong (0.8 \dots 1.3) \cdot E$
- Baja probabilidad de que defectos 1FT evolucionen a defectos múltiples.
- Menor requerimiento de aislación, ventaja principal en AT y EAT.
- Corrientes de falta a tierra grandes (5-50kA).
- Circulación permanente de I_0 de fugas debido a desbalances en LT.

➤ Aterramiento no efectivo

- $V_b \cong V_c \cong (1.5 \dots 1.9) \cdot E$
- Mayor probabilidad de que defectos 1FT evolucionen a defectos múltiples.
- Mayor requerimiento de aislación, es más adecuado para sistemas de MT o BT.
- Corrientes de falta a tierra menores (100-1000A)
- No hay circulación permanente de I_0 debido a desbalances en el sistema.

Comparación entre los métodos

- Aterramiento rígido
 - Posible interferencia con comunicaciones debido a circulación de I_0 incluidos los armónicos múltiplos de 3.
 - Es posible implementar protecciones de alta velocidad gracias a las corrientes altas (protecciones diferenciales, de distancia).
 - Las corrientes en defectos 1FT pueden ser mayores que los de 3F.
- Aterramiento no efectivo
 - No deberían ocurrir problemas serios de interferencia ya que I_0 está limitada.
 - Dificultad para implementar protecciones de alta velocidad y selectivas para defectos 1FT debido a bajas corrientes como prot de distancia y diferencial.
 - Las corrientes de defectos 3F son mayores que cualquier otro defecto.