

Cálculo de la corriente de cortocircuito mínima en una red de BT con régimen de neutro TN

Andrés Granero



En el cálculo de la corriente de cortocircuito mínima se aplican dos métodos:

- El método de las impedancias, utilizado cuando se conocen todas las características del bucle de defecto incluyendo la de la fuente de alimentación.
- El método convencional, utilizado cuando no se conoce la corriente de cortocircuito en el origen del cable considerado (al nivel del aparato de corte), ni las características de la alimentación aguas arriba.

El procedimiento lo componen las etapas siguientes:

Etapas 1ª.- Se determina el punto más alejado, aguas abajo, del aparato de corte, receptor o interruptor.

Etapas 2ª.- Se determina la configuración aguas arriba de la red que supone una corriente de cortocircuito mínima:

- Determinar la fuente de tensión configurable con la más baja corriente de cortocircuito: en general, alternador de emergencia, si existe.
- Determinar la configuración que se considera la longitud de enlace más importante hasta la fuente de alimentación.

Etapas 3ª.- El tipo de cortocircuito considerado de más bajo valor es el cortocircuito monofásico fase-neutro.

Etap 4ª.- En el bucle de defecto más largo, se produce el cortocircuito monofásico fase-neutro mínimo, al nivel del receptor más alejado.

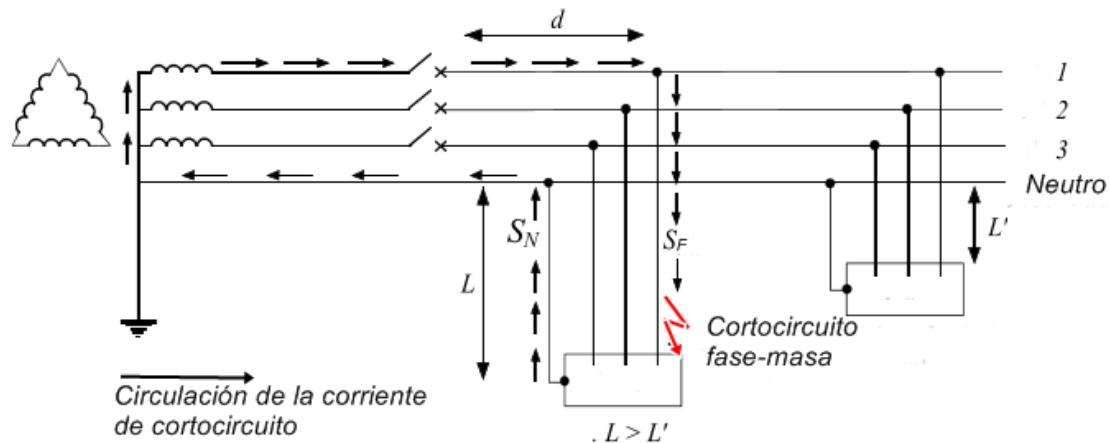


Figura 1: Bucle de defecto para un cortocircuito monofásico fase-neutro en régimen TN

L es la longitud del circuito más largo a partir del interruptor automático. Podemos ver que la corriente de defecto circula a través de la fase a lo largo de una longitud L y del neutro a lo largo de una longitud L, después retorna hacia la fuente. La distancia d del interruptor automático hasta el punto de conexión del circuito es muy pequeña.

Etap 5ª.- Se calcula la corriente de cortocircuito

- **Método de las impedancias**

El valor de la corriente de cortocircuito monofásica es:

$$I_{cc} = \frac{3V_n}{Z_0 + Z_d + Z_i}$$

V_n : Tensión simple
 Z₀ : Impedancia homopolar
 Z_d : Impedancia directa
 Z_i : Impedancia inversa

- Si la red no está alimentada por un alternador Z_d = Z_i
- Si la red está alimentada por un alternador Z_i < Z_d
 Tomando Z_i = Z_d se minimiza I_{cc}, Con el objetivo de calcular la corriente mínima de cortocircuito, esta aproximación se puede utilizar, incluso cuando la red esté alimentada por un generador.
- En BT, Z₀ se aproxima a Z_d, se tomará en primera aproximación Z₀ = Z_d

Obtendremos así una fórmula aproximada de I_{cc}:

$$I_{cc} = \frac{3V_n}{3Z_d} = \frac{V_n}{Z_d}$$

Z_d es la impedancia directa del bucle de defecto

Se supone que se conoce la impedancia Z_r de la red aguas arriba del dispositivo de corte $Z_r = R_r + j X_r$ y la impedancia Z_N del neutro aguas arriba del disyuntor $Z_N = R_N + j X_N$

Siendo:

L : longitud del circuito en metros indicada en la figura 1

S_F : Sección de los conductores de fase del circuito

S_N : Sección del conductor neutro del circuito

λ : Reactancia por unidad de longitud de los conductores

ρ : Resistividad de los conductores igual a 1,5 veces la de 20 °C (que reduce al mínimo la corriente de cortocircuito)

La impedancia del bucle de defecto sería:

$$Z_{bucle} = \sqrt{\left[R_r + R_N + \rho L \left(\frac{1}{S_F} + \frac{1}{S_N} \right) \right]^2 + [X_r + X_N + 2\lambda L]^2}$$

La corriente de cortocircuito mínima es:

$$I_{cc \text{ mín.}} = \frac{V_n}{Z_{bucle}}$$

V_n es la tensión simple de la red en vacío

- **Método convencional**

Este método no es aplicable en las instalaciones alimentadas por un alternador.

La corriente de cortocircuito viene dada por la fórmula siguiente:

$$I_{cc \text{ mín.}} = \frac{0,8 V_n}{\rho L \left(\frac{1}{S_F} + \frac{1}{S_N} \right)}$$

V_n : Tensión simple en Voltios, en servicio normal y en el lugar donde está instalado el dispositivo de corte

L : longitud del circuito en metros indicado en la figura 1

ρ : Resistividad de los conductores igual a 1,5 veces la de 20 °C (que reduce al mínimo la corriente de cortocircuito)

S_F : Sección de los conductores de fase del circuito

S_N : Sección del conductor neutro del circuito

Este método utiliza las siguientes simplificaciones:

- Se supone que en el caso de un cortocircuito, la tensión en el punto donde se encuentra el dispositivo de protección es igual a 80% de la tensión asignada. En otras palabras, se supone que la parte del bucle de defecto aguas arriba del dispositivo de corte representa el 20% de la impedancia total del bucle de defecto;
- la influencia de la reactancia de los conductores es insignificante para secciones de inferiores a 150 mm².

La influencia de las reactancias de conductores se tiene en cuenta para grandes secciones, aumentando la resistencia en un 15% para la sección de 150 mm², en un 20% para 185 mm², en un 25% para 240 mm² y en un 30 % para 300 mm².

- el cortocircuito se supone que es franco, es decir, que no son tenidas en cuenta las resistencias de arco, resistencias de contacto y análogas.

Ejemplo:

Sea el esquema de la Figura 2, correspondiente a la configuración de la corriente de cortocircuito más baja en el punto donde se encuentra el receptor. Vamos a calcular la corriente de cortocircuito mínima en el punto donde esta situado este receptor.

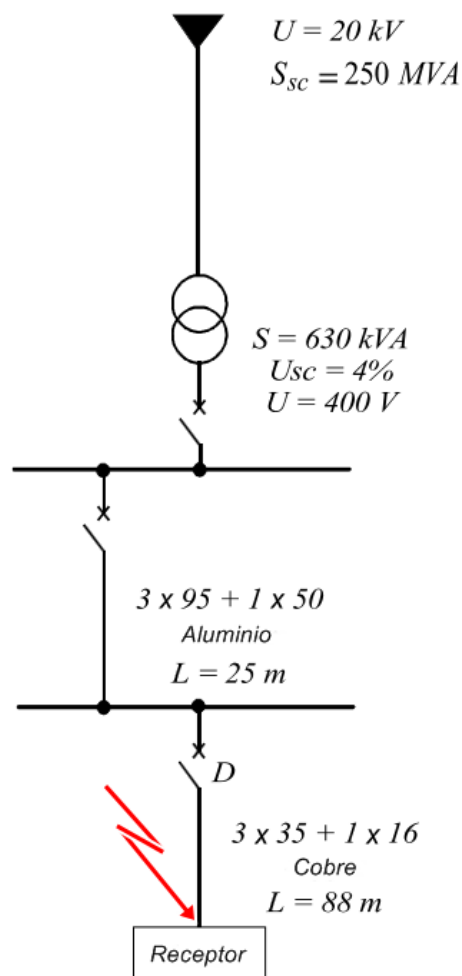


Figura 2: Ejemplo de cálculo de cortocircuito mínimo en régimen TN

- **Método de las impedancias**

- Red aguas arriba

$$Z_A = \frac{U^2}{S_{sc}} = \frac{(400)^2}{250 \times 10^6} = 0.64 \text{ m}\Omega$$

Supongamos que:

$$\frac{R_A}{X_A} = 0.2, R_A^2 + X_A^2 = 0.04 X_A^2 + X_A^2 = Z_A^2$$

$$X_A = \frac{Z_A}{\sqrt{1.04}} = 0.63 \text{ m}\Omega$$

$$R_A = 0.13 \text{ m}\Omega$$

- Transformador de 630 kVA, $U_{cc} = 4\%$

$$Z_T = 10.67 \text{ m}\Omega$$

$$X_T = 10.31 \text{ m}\Omega$$

$$R_T = 2.75 \text{ m}\Omega$$

- cable $3 \times 95 \text{ mm}^2 + 1 \times 50 \text{ mm}^2$ Aluminio

$$\text{fase: } R = \frac{0.043 \times 25}{95} = 11.32 \text{ m}\Omega$$

$$\text{Neutro: } R_N = \frac{0.043 \times 25}{50} = 21.5 \text{ m}\Omega$$

Suponemos que el cable es tripolar, $X_l = 0.08 \text{ m}\Omega/\text{m}$

$$\text{Fase: } X = 0.08 \cdot 25 = 2 \text{ m}\Omega$$

$$\text{Neutro: } X_N = 0.08 \cdot 25 = 2 \text{ m}\Omega$$

Por lo tanto se puede determinar la impedancia de la red aguas arriba del interruptor automático D

$$\text{Fase: } R_r = 0.13 + 2.75 + 11.32 = 14.20 \text{ m}\Omega$$

$$X_r = 0.63 + 10.31 + 2 = 12.94 \text{ m}\Omega$$

$$\text{Neutro: } R_N = 21.5 \text{ m}\Omega$$

$$X_N = 2 \text{ m}\Omega$$

Para el cable aguas abajo del interruptor automático D, de $3 \times 35 \text{ mm}^2 + 16 \text{ mm}^2$ de cobre:

$$\rho = 27 \text{ m}\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$$

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

$$S_N = 16 \text{ mm}^2$$

Suponemos que el cable es tripolar, $X_l = 0.08 \text{ m}\Omega/\text{m}$

Se tiene entonces:

$$Z_{\text{bucle}} = \sqrt{\left[14.20 + 21.5 + 27 \times 88 \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16}\right)\right]^2 + [12.94 + 2 + 2 \times 0.08 \times 88]^2}$$

$$Z_{\text{bucle}} = \sqrt{(252.1)^2 + (29.0)^2} = 254 \text{ m}\Omega$$

$$I_{\text{cc mín.}} = \frac{230}{254 \times 10^{-3}} = 906 \text{ A}$$

- **Método convencional**

$$I_{\text{cc mín.}} = \frac{0.8 V_n}{\rho L \left(\frac{1}{S_{Ph}} + \frac{1}{S_N} \right)} = \frac{0.8 \times 230}{0.027 \times 88 \left(\frac{1}{35} + \frac{1}{16} \right)}$$

$$I_{\text{cc mín.}} = 850 \text{ A}$$

Se observa en este ejemplo que el método convencional minimiza un 6% el resultado del cálculo de la corriente de cortocircuito mínima.

REFERENCIAS:

Cuaderno Técnico nº 158 Schneider Electric: Cálculo de corrientes de cortocircuito
Guía de instalaciones eléctricas: Schneider Electric
Guía de protección de redes industriales: Schneider Electric