

Analisis de cálculo de Intensidad de Cortocircuito.

0.- Presentación.

Se va a realizar el análisis de las intensidades de cortocircuito en cabecera y a pie en el inicio de una instalación con el siguiente conductor:

- Tipo de cable: RZ1-K(AS), 3x50 + 2G25
- Tensión asignada: 0.6/1 kV
- Sección: 50 mm² (Cobre).

El programa realiza el cálculo de la intensidad de cortocircuito teniendo en cuenta las impedancias, no analiza solo la resistividad del cable.

Por lo que se va a realizar el siguiente análisis de forma manual siguiendo los siguientes pasos:

1.- Obtener la intensidad de cortocircuito en cabecera:

La corriente de cortocircuito en cabecera $I''_k = I''_{k3}$ es un dato de partida por lo que podemos utilizar el siguiente valor:

$$I_K = 12 \text{ kA}$$

Con este valor de Intensidad de cortocircuito en cabecera, conseguiremos calcular la impedancia en secuencia directa:

2.- Obtención de la impedancia en secuencia directa:

Conociendo las siguientes fórmulas:

$$Z_Q = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_{kQ}}$$

$$R_Q = Z_Q \cdot \cos(\varphi_{cc})$$

$$X_Q = \sqrt{Z_Q^2 - R_Q^2}$$

Siendo:

- I_{kQ} es la intensidad de cortocircuito
- c = factor de tensión
- U_n = tensión nominal fase – fase
- $\cos \varphi$ = factor de potencia de cortocircuito

Todos los valores son conocidos menos el valor c y el $\cos\varphi$, para estos valores utilizaremos las normas UNE o IEC.

En este caso en la norma UNE 609909-0 podemos observar que el valor de c es 1,05

Tableau 1 – Facteur de tension c

Tension nominale U_n	Facteur de tension c pour le calcul	
	des courants de court-circuit maximaux $c_{max}^{1)}$	des courants de court-circuit minimaux c_{min}
Basse tension 100 V à 1 000 V (tableau I de la CEI 60038)	1,05 ²⁾ 1,10 ⁴⁾	0,95
Moyenne tension >1 kV à 35 kV (tableau III de la CEI 60038)	1,10	1,00
Haute tension²⁾ >35 kV (tableau IV de la CEI 60038)		

¹⁾ Il convient que $c_{max}U_n$ ne dépasse pas la tension U_m la plus élevée des matériels pour réseaux d'énergie.

²⁾ Si aucune tension nominale n'est définie, il convient d'appliquer $c_{max}U_n = U_m$ ou $c_{min}U_n = 0,90 \times U_m$.

³⁾ Pour les réseaux basse tension, avec une tolérance de +6 %, par exemple systèmes renommés de 380 V à 400 V.

⁴⁾ Pour les réseaux basse tension, avec une tolérance de +10 %.

Siguiendo el mismo ejemplo con el $\cos\varphi$ podemos observar según la norma UNE 60947-2 toma el valor de 0,3:

Capacidad de interrupción en cortocircuito I (kA) (valor eficaz)	Factor de potencia	Valor mínimo requerido para n $n = \frac{\text{capacidad de cierre en cortocircuito}}{\text{capacidad de interrupción en cortocircuito}}$
$4,5 \leq I \leq 6$	0,7	1,5
$6 < I \leq 10$	0,5	1,7
$10 < I \leq 20$	0,3	2,0
$20 < I \leq 50$	0,25	2,1
$50 < I$	0,2	2,2

NOTA: Para los valores de la capacidad de interrupción menores que 4,5 kA, para ciertas aplicaciones, véase la Tabla 11 para el factor de potencia.

Por lo que solo tendremos que realizar los siguientes cálculos:

$$Z_Q = \frac{1.05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 12} = 20.21 \text{ mm}\Omega$$

$$R_Q = 20.21 \cdot 0.3 = 6.06 \text{ mm}\Omega$$

$$X_Q = \sqrt{20.21^2 - 6.06^2} = 19.28 \text{ mm}\Omega$$

Por lo que obtenemos el resultado de la impedancia directa:

$$Z_Q = 6.06 + 19.28j \text{ mm}\Omega$$

Por lo que resumiendo tenemos que la corriente de cortocircuito en cabecera de la instalación, es un dato de partida:

$$I_K = 12 \text{ kA}$$

Y gracias a este dato obtenemos la impedancia equivalente en la cabecera de la instalación:

$$Z_k = Z_Q + Z_L = 6.06 + 19.28j \text{ mm}\Omega$$

Y podremos calcular la cresta de cortocircuito:

$$i_p = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_K'' = 1.40 \cdot \sqrt{2} \cdot 12 = 23.75 \text{ kA}$$

El valor de k es una constante que se calcula con la siguiente fórmula:

$$k = 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R}{X}}$$

3.- Cálculo de la impedancia de secuencia directa de la cabecera

Calcularemos la resistencia y reactancia del cable, para el análisis de la resistencia utilizaremos la conductividad del cobre a 20º tal como indica la norma UNE 60909-0 en su apartado 2.4.

Copper	$\rho = \frac{1}{54} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$
Aluminium	$\rho = \frac{1}{34} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$
Aluminium alloy	$\rho = \frac{1}{31} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

Por lo tanto la Resistencia de un cable a 20º de 50 mm² será:

$$R_{L20^\circ} = \rho \cdot \frac{L}{S} = \frac{1}{54} \cdot \frac{10}{50} = 0.0036 \Omega = 3.6 \text{ mm}\Omega$$

Una vez que se tiene la resistividad a 20º, la resistencia para las corrientes de cortocircuito se calcula a la temperatura del conductor al final de la duración del cortocircuito utilizando la siguiente relación:

$$R_T = [1 + \alpha \cdot (\theta_e - 20)] \cdot R_{L20^\circ}$$

Para obtener el valor de la temperatura se utilizará la siguiente tabla:

Tabla 43A – Valores de k para conductores

Propiedad/ condición	Tipo del aislamiento del conductor							
	PVC Termoplástico		PVC Termoplástico 90 °C		EPR XLPE Termoconformado	Goma 60°C Termoconformado	Mineral	
							PVC con cubierta	Sin cubierta
Sección del conductor mm ²	≤ 300	> 300	≤ 300	> 300				
Temperatura inicial °C	70		90		90	60	70	105
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material conductor:								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115	135–115 ^a
Aluminio	76	68	66	57	94	93	–	–
Soldaduras con estaño en conductores de cobre	115	–	–	–	–	–	–	–

^a Este valor se debe usar para cables sin cubierta expuestos al contacto.

NOTA 1 Otros valores de k están bajo consideración para:

- pequeños conductores (particularmente para secciones inferiores a 10 mm²);
- otros tipos de conexiones en conductores;
- conductores sin cubierta.

NOTA 2 La intensidad nominal del dispositivo de protección contra cortocircuitos puede ser mayor que la intensidad admisible del cable.

NOTA 3 Los factores de más arriba están basados en la Norma IEC 60724.

NOTA 4 Véase el anexo A del Documento de Armonización HD 60364-5-54:2007 para el método de cálculo del factor k .

En este caso para nuestro cable XLPE es 250 °C, por lo que simplemente tendremos que realizar el siguiente cálculo:

$$R_{250} = [1 + (\theta_e - 20)] \cdot 0.0036 = 6.8 \text{ mm}\Omega$$

A efectos de la reactancia no se necesita realizar el análisis de temperatura y utilizaremos la siguiente fórmula:

$$X_L = f \cdot \mu \cdot \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{d}{r} \right) \cdot L$$

Siendo:

- f es la frecuencia de la red
- μ es la constante magnética
- d es la distancia media entre conductores
- r es el radio del conductor

Por lo que obtendremos la siguiente reactancia:

$$X_L = 50 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{15.94}{3.99} \right) \cdot 10 = 1.03 \text{ mm}\Omega$$

Por lo tanto tenemos los siguientes datos:

$$Z_{20^\circ} = 3.6 + 1.03j \text{ mm}\Omega$$

$$Z_{250} = 6.85 + 1.03j \text{ mm}\Omega$$

4.- Calcular el cortocircuito a pie

Conociendo que la fórmula para calcular el cortocircuito sería:

$$I_k'' = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_k}$$

Conociendo que la impedancia Z_k sería la impedancia en cabecera más la impedancia de la línea:

$$Z_k = Z_Q + Z_L = 6.06 + 19.28j + 6.85 + 1.03j = 12.91 + 20.31j$$

Gracias al módulo de Z_k podremos obtener la intensidad de cortocircuito en pie:

$$I_k'' = \frac{1.05 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12.91^2 + 20.31^2}} = 10.07 \text{ kA}$$