

PUESTA A TIERRA EN INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN

Parte 3 – Cálculo de Corrientes de Cortocircuito

AÑO 2016

BASADO EN CURSO 2015 FERNANDO BERRUTTI

Cálculo de cortocircuitos

Mallas de Tierra

$$I_G = C_P \times S_f \times D_f \times I_f$$

- ▶ I_G : Corriente de diseño de la malla.
- ▶ I_f : Corriente de cortocircuito simétrica.
- ▶ D_f : Factor de decremento.
- ▶ S_f : Factor de división.
- ▶ C_P : Factor de crecimiento.

- ▶ $I_f = 3 \cdot I_0$, Corriente simétrica de falla a tierra en (A)
- ▶ D_f = Factor de decremento para tener en cuenta la componente DC.
- ▶ S_f = Factor de división de corriente.
- ▶ C_p = Factor de crecimiento futuro de la subestación, considera el incremento futuro de la corriente de malla

Cortocircuito simétrico

4

SUBESTACIONES EN MT

Para el cálculo de corrientes de cortocircuito en alta tensión se debe utilizar **siempre** el método de componentes simétricas, **salvo situaciones excepcionales.**

Observaciones:

- ▶ El cálculo simplificado que se utiliza en BT es aplicable cuando $R \gg X$.
- ▶ De la teoría, los cortocircuitos 1FT y 2FT pueden ser, dependiendo de la red, mayores o menores entre sí.

Cortocircuito simétrico

▶ Cortocircuitos 1FT:

$$\mathbf{I}_f = 3|\bar{\mathbf{I}}_0| = \frac{3|\bar{\mathbf{E}}|}{|\bar{\mathbf{Z}}_1 + \bar{\mathbf{Z}}_2 + \bar{\mathbf{Z}}_0|}$$

▶ Cortocircuitos 2FT:

$$\mathbf{I}_f = 3|\bar{\mathbf{I}}_0| = \frac{|\bar{\mathbf{Z}}_2 \bar{\mathbf{E}}|}{|\bar{\mathbf{Z}}_1 \bar{\mathbf{Z}}_2 + \bar{\mathbf{Z}}_0 \times (\bar{\mathbf{Z}}_1 + \bar{\mathbf{Z}}_2)|}$$

- ▶ Importante: Debe calcularse la corriente máx. para todos los niveles de tensión de la instalación.

Cálculo de cortocircuitos

Mallas de Tierra

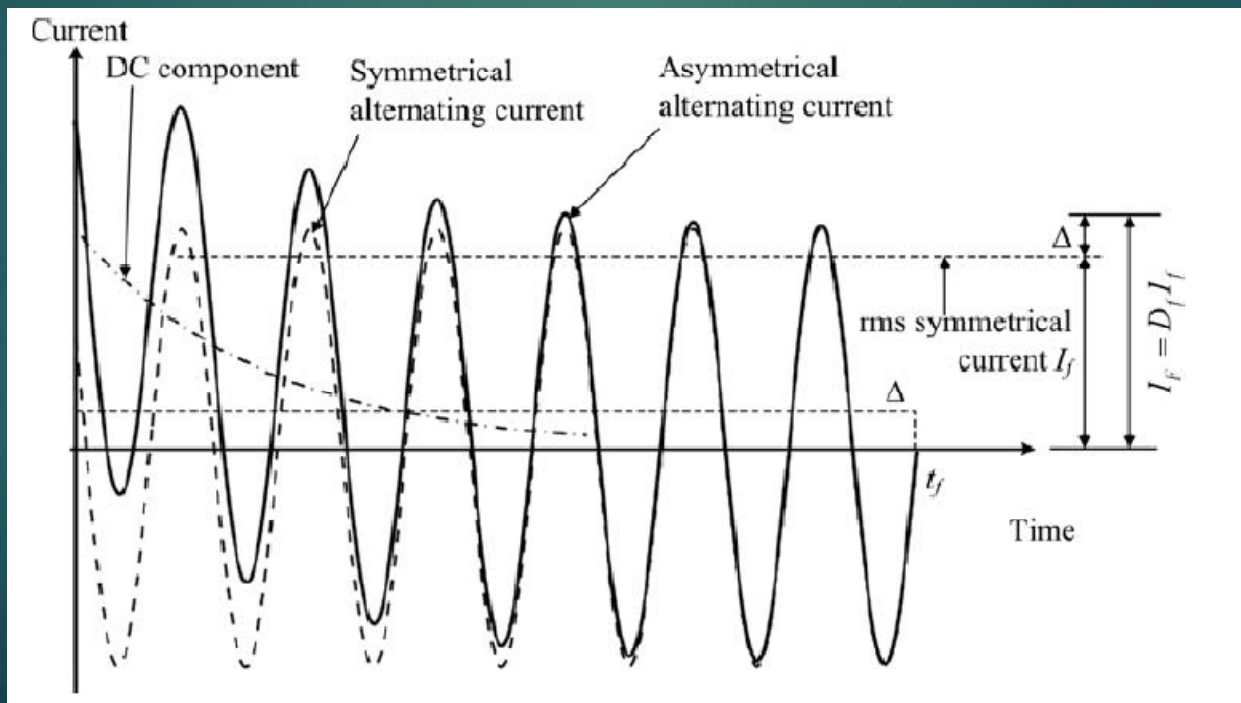
$$I_G = C_P \times S_f \times D_f \times I_f$$

- ▶ I_G : Corriente de diseño de la malla.
- ▶ I_f : Corriente de cortocircuito simétrica.
- ▶ D_f : Factor de decremento.
- ▶ S_f : Factor de división.
- ▶ C_P : Factor de crecimiento.

Factor de Decremento

- ▶ El factor de decremento toma en consideración la componente transitoria del cortocircuito durante el tiempo presunto de falla.

$$I_F = D_f \times I_f$$



FACTOR DE DECREMENTO

- ▶ En el diseño de la malla de puesta a tierra, debemos considerar la corriente asimétrica de falla la cual resulta de la multiplicación de la corriente simétrica de falla por el factor de decremento, que a su vez está dado por:
- ▶ $Df = \sqrt{(1 + Ta/tf)(1 - e^{-2*tf/Ta})}$
Dónde:
- ▶ t_f = Duración de la falla en (s)
- ▶ T_a = Constante de tiempo de la componente DC.
 $T_a = X/(wR) = (X/R) * (1/2\pi f)$

Factor de Decremento

$$I_F = D_f \times I_f$$

$$\frac{X}{R} = \frac{X_1 + X_2 + X_0}{R_1 + R_2 + R_0}$$

Fault duration t_f (s)

Decrement factor D_f

	$X/R = 10$	$X/R = 20$	$X/R = 30$	$X/R = 40$
0.01	1.576	1.648	1.675	1.688
0.02	1.462	1.576	1.623	1.648
0.05	1.269	1.417	1.497	1.544
0.1	1.148	1.269	1.355	1.417
0.2	1.077	1.148	1.213	1.269
0.3	1.052	1.101	1.148	1.192
0.4	1.039	1.077	1.113	1.148
0.5	1.031	1.062	1.091	1.120
0.75	1.021	1.042	1.062	1.082
1.0	1.016	1.031	1.047	1.062

Cálculo de cortocircuitos

Mallas de Tierra

$$I_G = C_P \times S_f \times D_f \times I_f$$

- ▶ I_G : Corriente de diseño de la malla.
- ▶ I_f : Corriente de cortocircuito simétrica.
- ▶ D_f : Factor de decremento.
- ▶ S_f : Factor de división.
- ▶ C_p : Factor de crecimiento.

Factor de división (S_F)

11

- ▶ Factor que considera la influencia del vínculo de tierra entre las diferentes instalaciones del sistema de potencia

Factor de división (S_F)

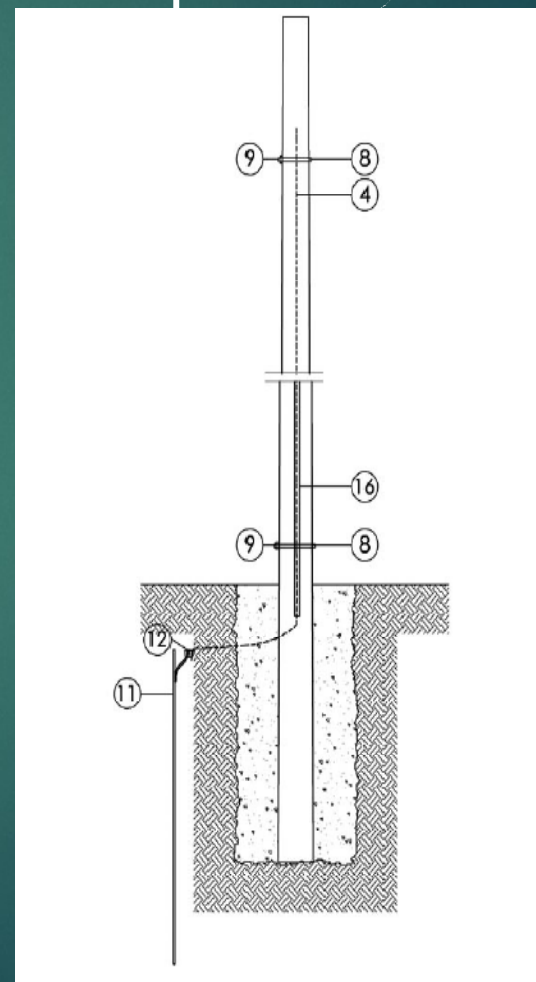
12

- ▶ Cuando hilos de guardia en líneas de transmisión o conductores neutros, se conectan a la malla de la subestación, una porción sustancial de la corriente de falta circula fuera de la malla de la subestación. En esos casos, tanto los hilos de guardia como los conductores neutros deberían tomarse en cuenta para el diseño de la malla de tierra.

Factor de división (S_F)

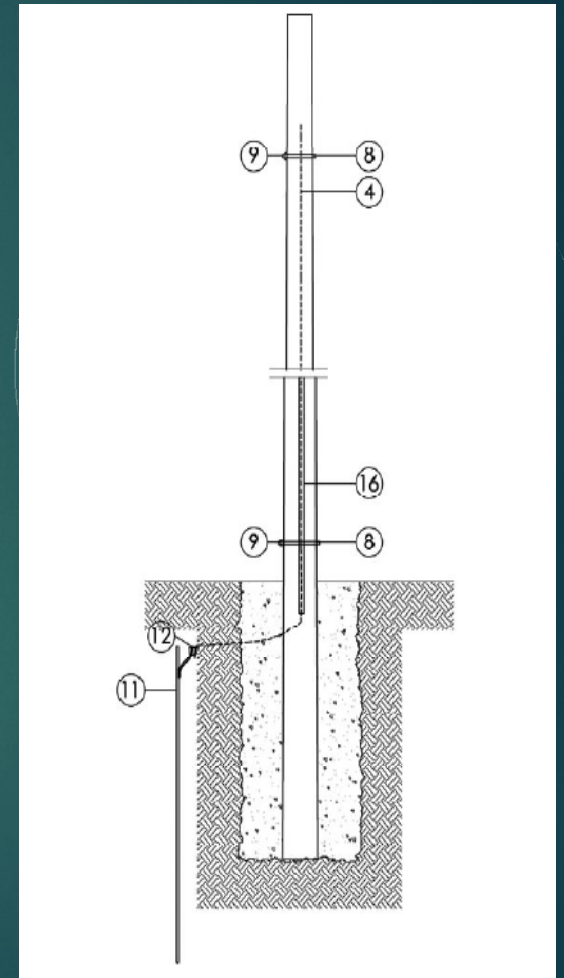
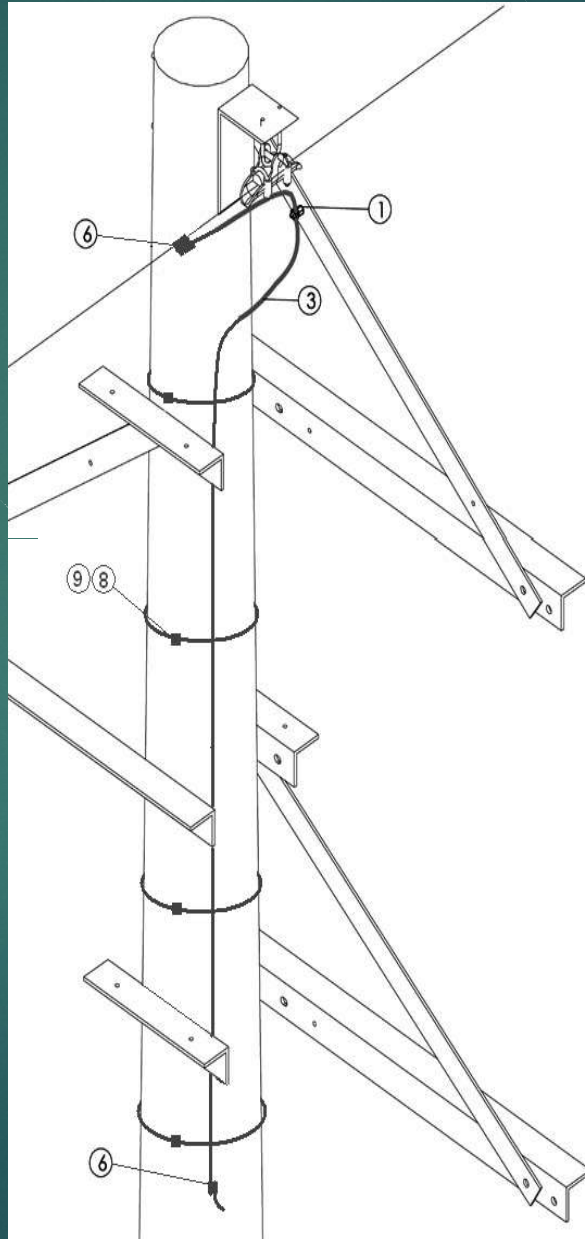
- ▶ Hilos de guardia en MT/AT.

Aterramiento postación



Factor de división (S_F)

14



Factor de división (S_F)

15

SUBESTACIONES EN MT

- ▶ El proceso del cálculo consiste en obtener una representación equivalente de los cables de guardia, neutros, etc. Esto es, conectarlos a la malla en la subestación y luego resolver el equivalente para determinar qué fracción de la corriente total de falla fluye entre la malla y la tierra circundante, y qué fracción fluye a través de los cables de guardia o neutros

Factor de división (S_F)

16

SUBESTACIONES EN MT

- ▶ S_f depende de:
- ▶ a) Localización de la falla.
- ▶ b) Magnitud de la resistencia de la malla de puesta a tierra de la subestación.
- ▶ c) Cables y tubos enterrados en las vecindades de la subestación o directamente conectados al sistema de puesta a tierra.
- ▶ d) Cables de guardia, neutros u otras trayectorias de retorno por tierra.

Factor de división (S_F)

17

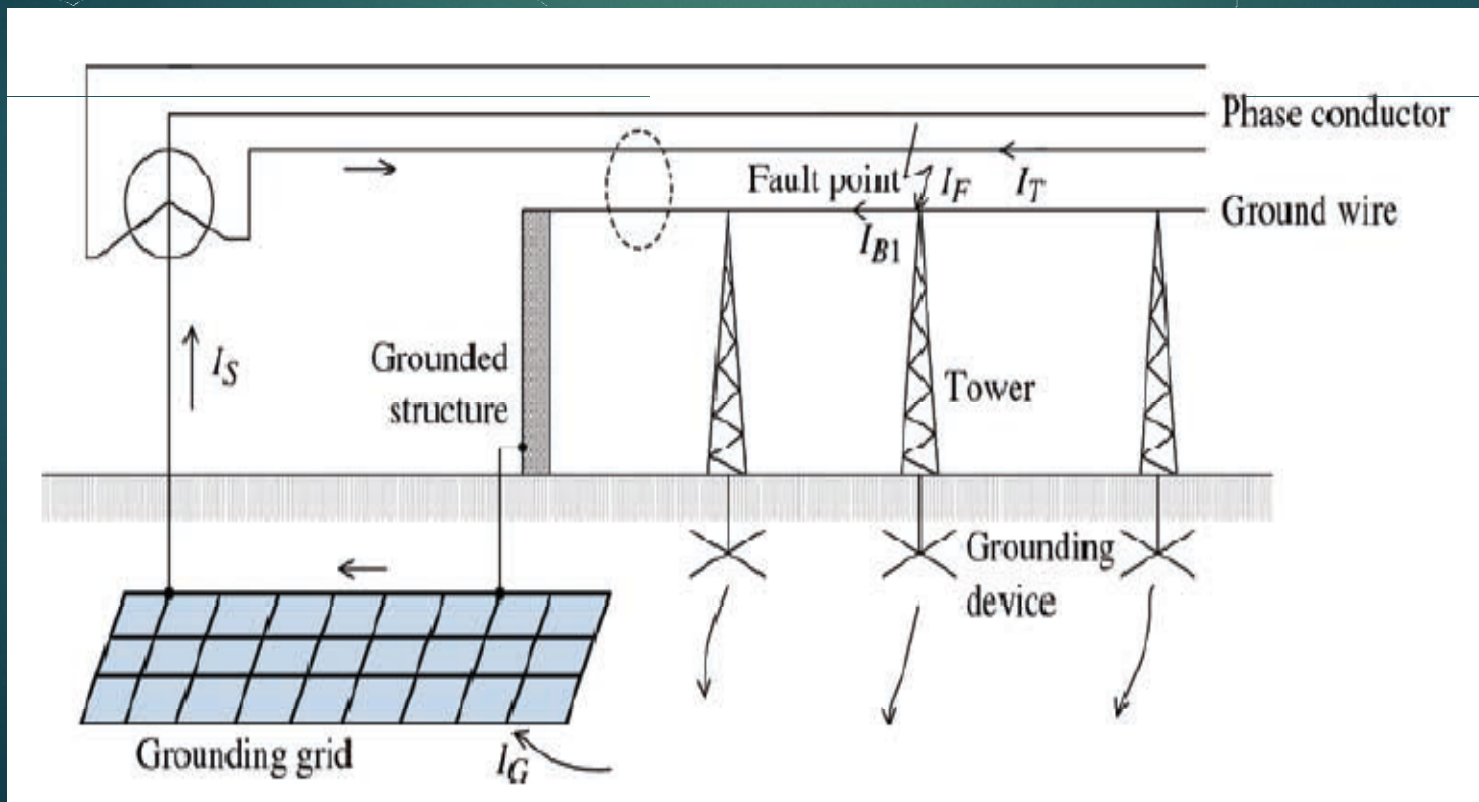
- ▶ e) Líneas de transmisión que entran y alimentadores que salen de la subestación; cantidad, número de cables de guardia y la impedancia de cada uno; cantidad y resistencia de puestas a tierra de pies de torre; longitud de líneas de transmisión y alimentadores; material y sección de cables de guardia y neutros

Factor de división (S_F)

18

- ▶ Factor que considera la influencia del vínculo de tierra entre las diferentes instalaciones del sistema de potencia.
- ▶ Su inclusión es producto de las deficiencias en el modelado del sistema eléctrico.

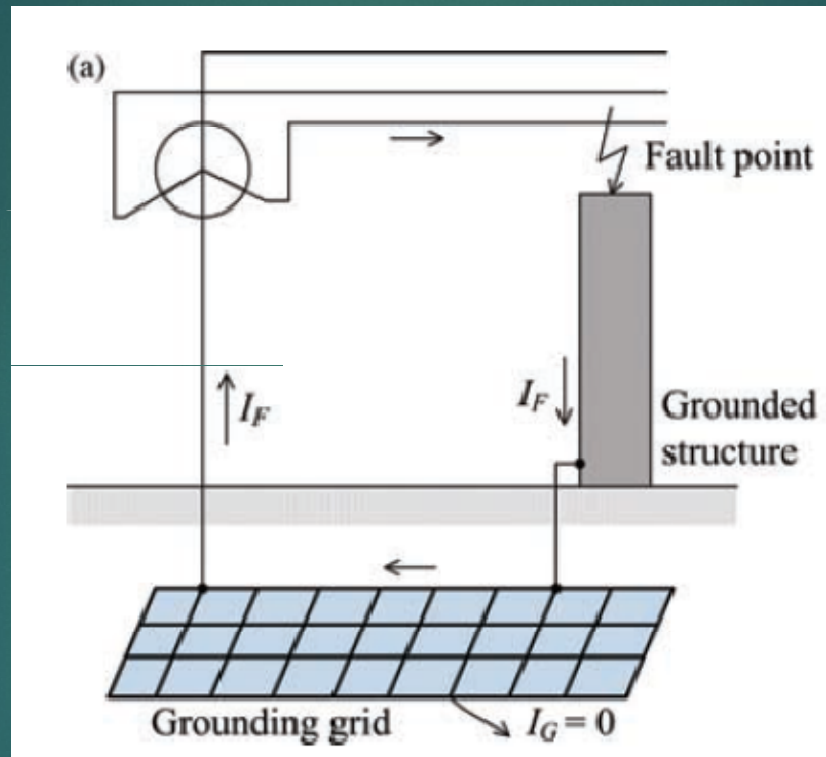
SUBESTACIONES EN MT



Factor de división (S_F)

19

EJEMPLO 1: Cortocircuito dentro de la instalación de MT/AT. Neutro aterrado.



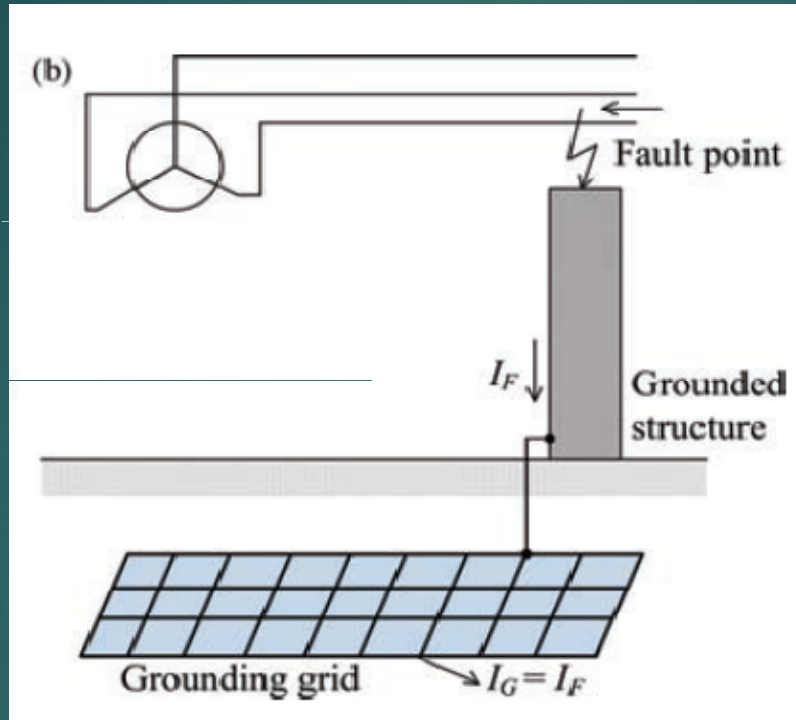
SUBESTACIONES EN MT

- Situación similar a régimen TN-S de BT, **la corriente circula por la malla**, pero no se inyecta a tierra, cerrando el bucle. $S_F = 0$

Factor de división (S_F)

20

EJEMPLO 2: Cortocircuito dentro de la instalación de MT/AT. Neutro aislado.

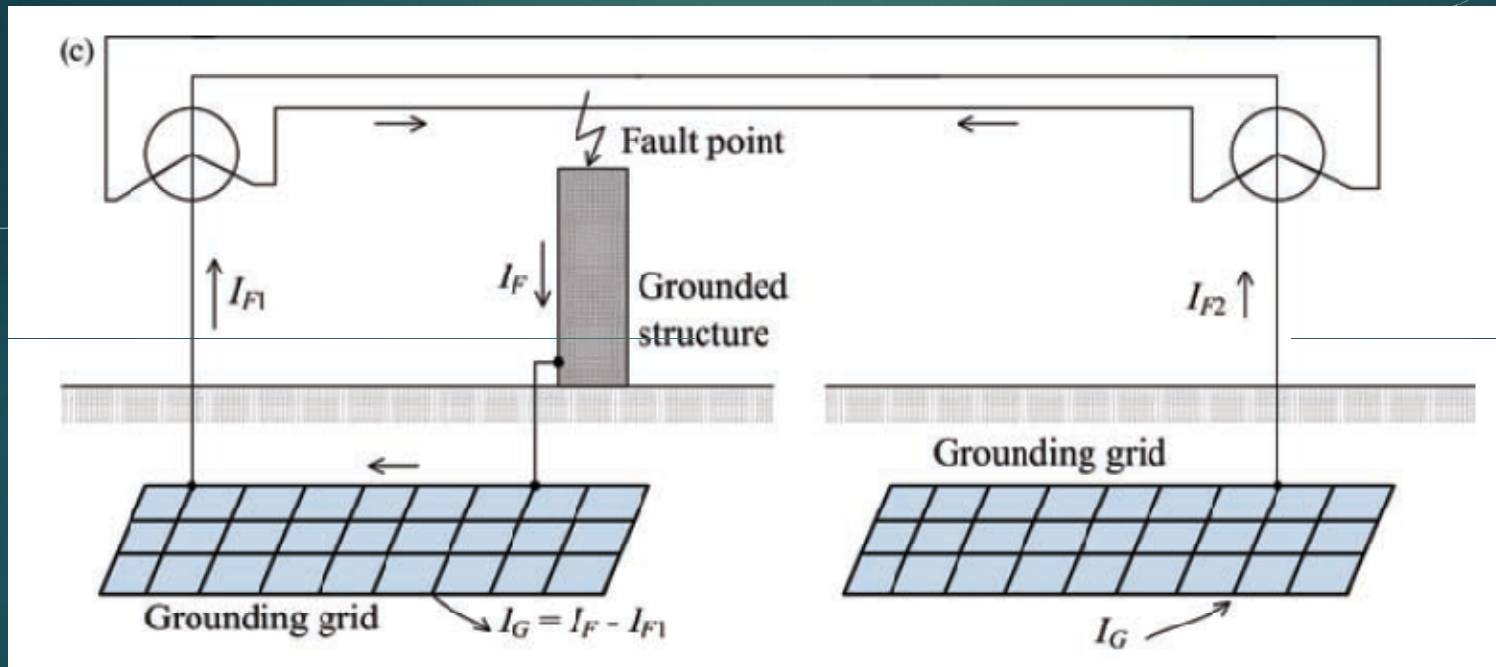


- Para el caso de la figura $S_F = 1$ e implícitamente se supone la existencia de un neutro aterrado en el extremo remoto.

Factor de división (S_F)

21

EJEMPLO 3: Cortocircuito dentro de la instalación en redes de neutro aterrado.



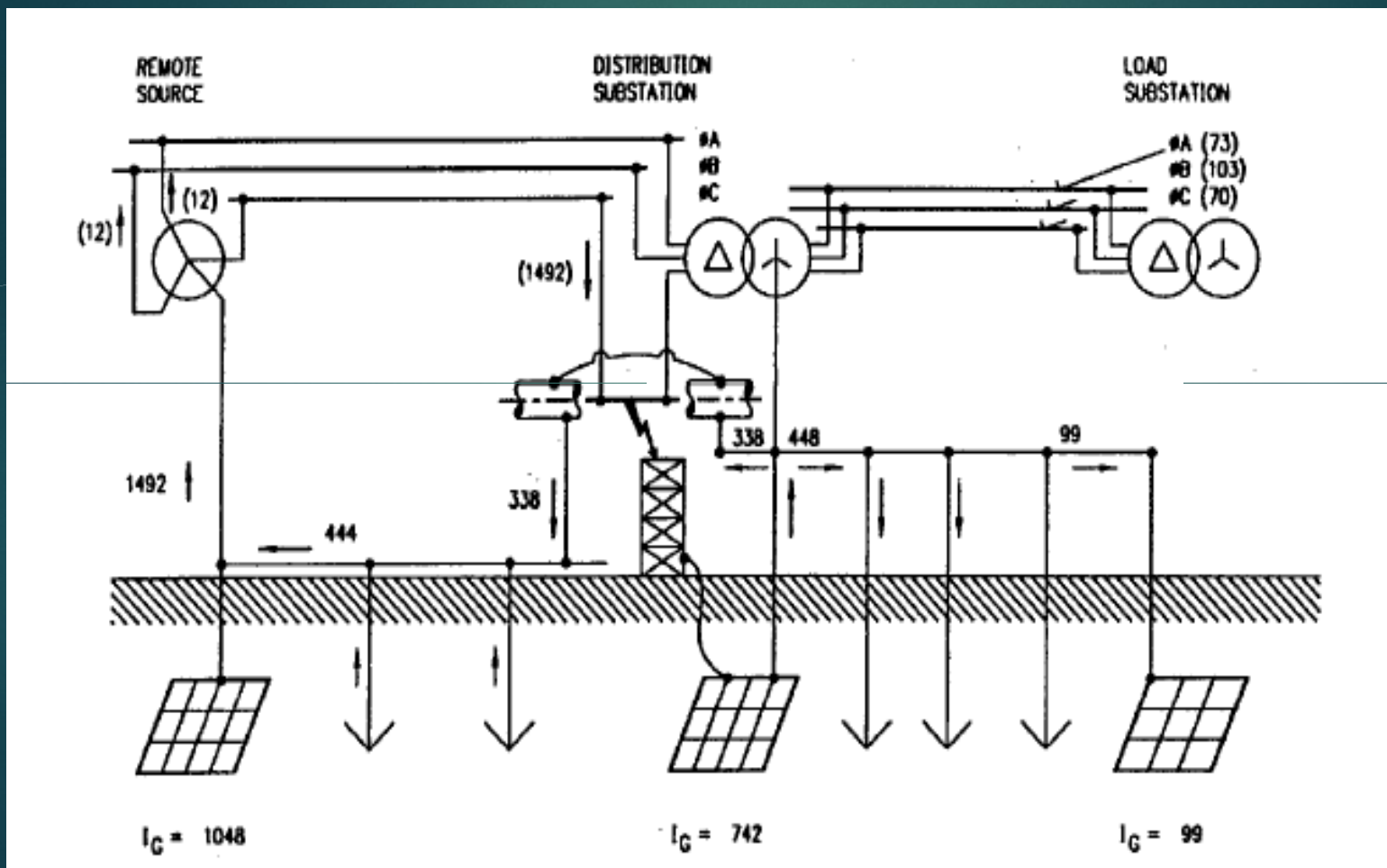
- ▶ Contribución de dos fuentes provoca la circulación de corriente.

Observar cómo se puede afectar una instalación que opere sin fallas debido al vínculo de tierras.

Factor de división (S_F)

22

EJEMPLO 4:



SUBESTACIONES EN MT

- ▶ Importa conocer físicamente la red para determinar cómo se distribuye la corriente.

Cálculo de cortocircuitos

Mallas de Tierra

$$I_G = C_P \times S_f \times D_f \times I_f$$

- ▶ I_G : Corriente de diseño de la malla.
- ▶ I_f : Corriente de cortocircuito simétrica.
- ▶ D_f : Factor de decremento.
- ▶ S_f : Factor de división.
- ▶ C_p : Factor de crecimiento.

Factor de crecimiento (C_p)

24

SUBESTACIONES EN MT

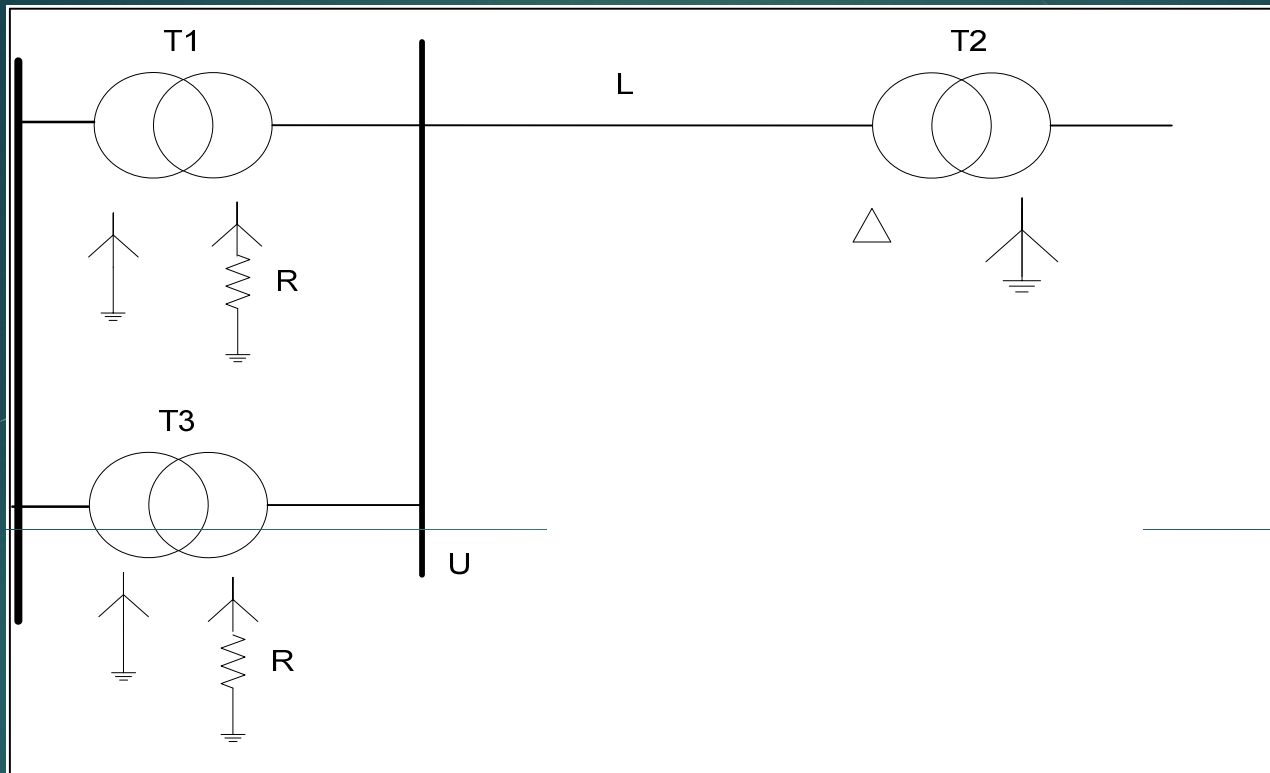
- ▶ Una instalación de MT/AT tiene una vida útil mayor a 20 años, por tanto se utiliza un factor de cobertura, previendo que durante el ciclo de vida pueda suceder lo siguiente:
 - 1) Ampliación de potencia de transformación.
 - 2) Ampliación del parque generador.
 - 3) Mallado de la red.

Valores típicos: $1 < C_p < 5$

- ▶ $C_p=1$, si no habrán aumentos futuros de carga ni alimentadores.
- ▶ $C_p=1.5$, si incrementan un 50%.

Factor de crecimiento (C_P)

25



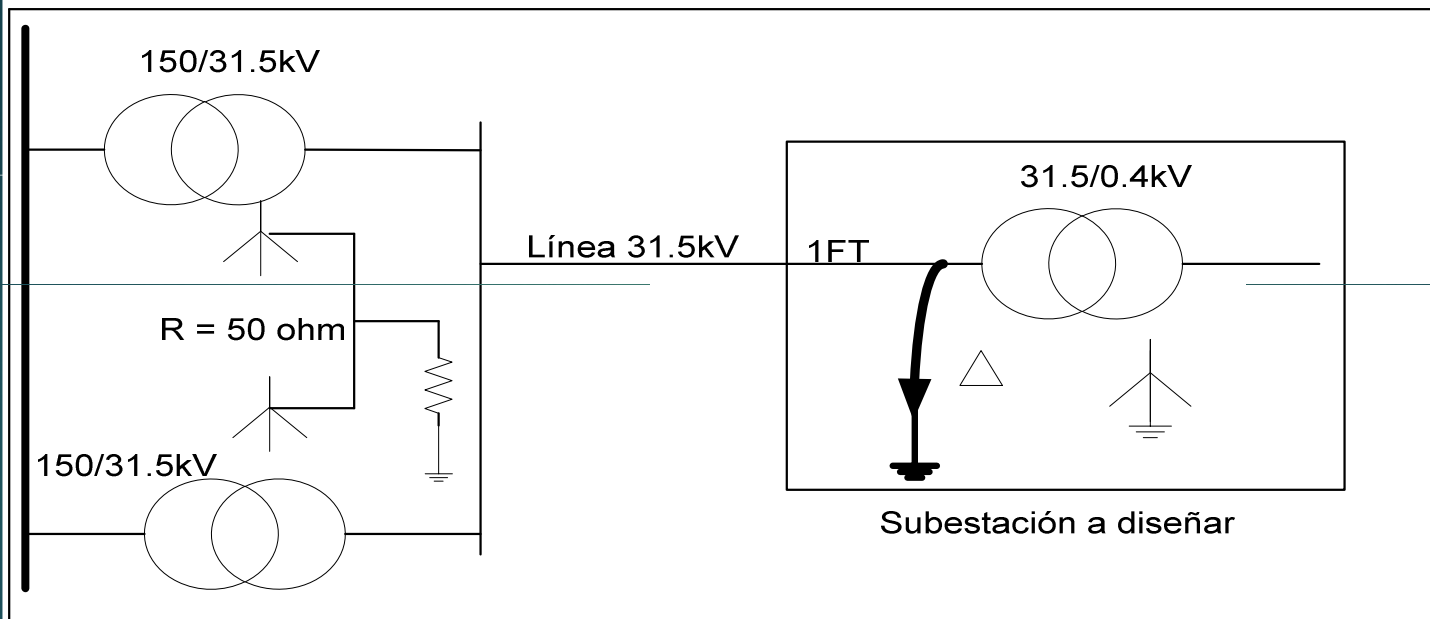
SUBESTACIONES EN MT

- ▶ ¿Cómo evoluciona la corriente de cortocircuito en bornes del triángulo de T2, cuando se instala T1 en primera instancia, y luego T3 en paralelo?

Factor de crecimiento (C_P)

26

SUBESTACIONES EN MT



- ¿Y si se colocan n transformadores en paralelo compartiendo resistencia de neutro?

Cálculo de cortocircuitos

Mallas de Tierra

$$I_G = C_P \times S_f \times D_f \times I_f$$

Recordar:

- ▶ El cálculo debe efectuarse para todos los niveles de tensión que intervienen en la instalación.

Cálculo de cortocircuitos

28

SUBESTACIONES ENMT

- ▶ Conocida la máxima corriente de cortocircuito en una instalación...
 - 1) ¿Qué fracción de esta corriente puede tolerar un ser humano si forma parte de un circuito accidental de tierra?
 - 2) ¿Cómo podría controlarse esta fracción de corriente?

Cálculo de cortocircuitos

29

- Conocida la máxima corriente de cortocircuito en una instalación...

