

APLICACIÓN DEL TEOREMA DE FONTESCUE

El cortocircuito siendo un fenómeno transitorio presenta su origen en:

La falla en el aislamiento (provocado por descargas atmosféricas, por la contaminación ambiental, o por acción de vibraciones).

Contacto accidental producidos en el mantenimiento y/o maniobras.

Fallas producidas por terceros.

Al existir contacto entre fases y/o fases a tierra.

En un cortocircuito se presentan altas corrientes en los elementos del sistema, así como efectos térmicos y magnéticos; que se manifiestan en el calentamiento excesivo de los alimentadores; como por las fuerzas desarrolladas en las barras y estructuras.

A fin de proteger al sistema ante estas fallas es de necesidad conocer la magnitud de estas corrientes altas con la finalidad de:

- . Diseñar y verificar la malla de puesta a tierra.
- . Coordinar y calibrar los equipos de protección.
- . **Elegir y verificar la capacidad interruptiva de los interruptores.**
- . **Diseñar el sistema de arranque de los equipos.**
- . **Elegir y verificar la capacidad momentánea de los equipos.**
- . Verificar los esfuerzos que se presentan en las barras y/o estructuras.
- . Parámetros equivalentes para los estudios de sobretensiones y armónicos.
- . Calidad de energía en los SEPs.

Para realizar el estudio de corto circuito utilizaremos, a continuación, herramientas muy importantes que nos facilitarán encontrar en forma rápida las magnitudes de las corrientes de cortocircuito en sus tres periodos. Los cortocircuitos más frecuentes que ocurren en los SEP se presentan en el siguiente cuadro.

METODOS DE SOLUCION DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO		
TIPO DE FALLA	TIPO DE CORTOCIRCUITO	HERRAMIENTA A UTILIZAR
SIMÉTRICAS	TRIFÁSICO	METODO COMPUTACIONAL
		UTILIZACION DE HISTOGRAMAS
		VDE 102 - 1 - 2
ASIMÉTRICAS	BIFÁSICO AISLADO	METODO DE LAS IMPEDANCIAS
	BIFÁSICO TIERRA	TEOREMA FONTESCUE
	MONOFÁSICO TIERRA	IEC 947 - 2 VDE 102 - 1 - 2

MÉTODOS COMPUTACIONALES

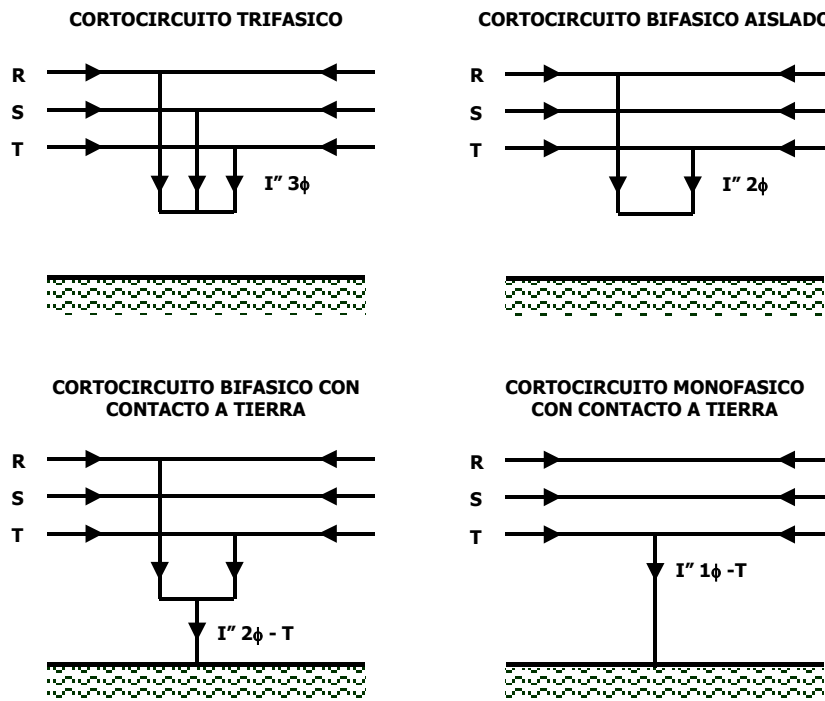
Es una metodología que se utiliza para hallar la solución de una red grande con n generadores. Estos métodos computacionales por lo general siguen los siguientes cuatro pasos:

- . Formar la matriz de tensiones durante la pre-falla.
- . Formar la matriz $[Z]$ de barra de la red pasiva considerando las reactancias de los generadores. (Inversa de $[Y]$).
- . Calcular el incremento de voltaje que se produce al excitar a la red en el punto de falla por la fuente de corriente I_f , y con los generadores reemplazados por sus reactancias.
- . Calcular las tensiones en cada barra por superposición del voltaje inicial más el incremento de voltaje del paso anterior.

ME III 14 APLICACIÓN DE LAS COMPONENTES SIMÉTRICAS

Programas computacionales utilizados para el cálculo de las corrientes de cortocircuito

Nombre Programa	País de procedencia
CESI	Italia
DIGSILENG	Alemania
CYME	Canadá
ETAP	USA
PTI	USA
ASPEN	USA
ATP	USA
MATLAB	USA



Cortocircuitos más relevantes normalizados

Los métodos computacionales nombrados son muy utilizados desde hace varios años por algunas empresas eléctricas peruanas, pero en las universidades nacionales no disponemos de esta herramienta dado su elevado costo de adquisición. Con los resultados obtenidos utilizando cualquiera de estos programas computacionales podemos seleccionar rápidamente los interruptores automáticos

APLICACIÓN DEL TEOREMA DE FONTESCUE

Para presentar esta aplicación lo haremos con un ejemplo.

Un generador síncrono de polos lisos de 30 MVA, 13.8 KV, 60 Hz, se halla entregando su potencia nominal a una carga resistiva. Las reactancias son las siguientes: $X_1 = 0.2$, $X_2 = 0.25$, $X_0 = 0.16$ y $Z_n = 0.09$ pu respectivamente. Súbitamente se presentan varios cortocircuitos en

ME III 14 APLICACIÓN DE LAS COMPONENTES SIMÉTRICAS

bornes del generador en estas circunstancias se les solicita hallar los cortocircuitos que se indican a continuación. Previamente calcularemos las condiciones previas (antes de CC).

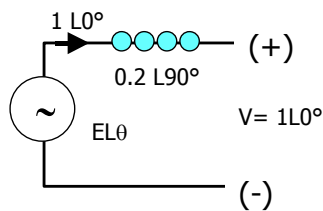
$$I_n = 30 \text{ MVA} / \sqrt{3} \cdot 13.8 \text{ KV} = 1255 \text{ Amperios.}$$

$$E = 1L0^\circ + 1L0^\circ \cdot 0.2L90^\circ = 1.0198 L11.31^\circ \text{ pu.}$$

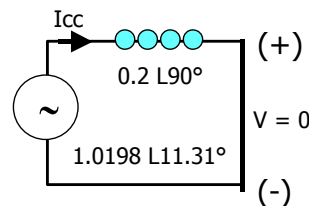
Corto circuito trifásico (3φ).- En el circuito de la figura siguiente hallar la corriente de cortocircuito trifásico I_{cc} .

$$V_{a1} = E_{a1} - jX_1 I_{a1} = 0$$

$$I_{cc} = 1.0198 L11.31^\circ / 0.2L90^\circ = 5.099 L - 78.69^\circ \text{ pu.}$$

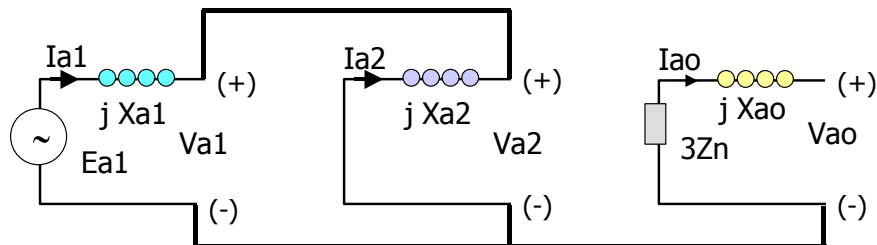


Modelo instantes antes del cortocircuito



Corto circuito trifásico

Corto circuitos bifásicos (2φ).- Utilizando el modelo siguiente tenemos:

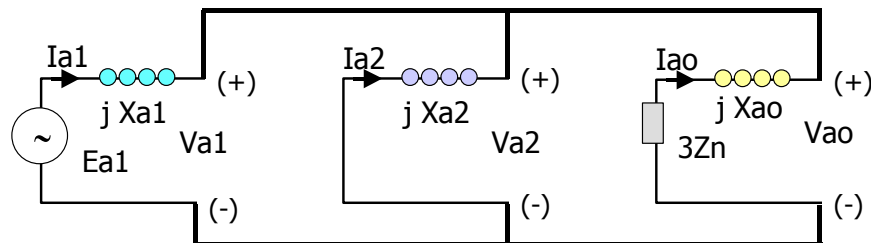


Modelo para hallar la corriente de cortocircuito bifásico aislado

$$E_{a1} = I_{cc} 2\phi [0.2L90^\circ + 0.25L90^\circ] = 1.0198 L11.31^\circ \text{ pu}$$

$$I_{cc} 2\phi = 2.2662 L - 78.69^\circ \text{ pu.}$$

Corto circuitos bifásico a tierra (2φ-t).- Del circuito siguiente tenemos:



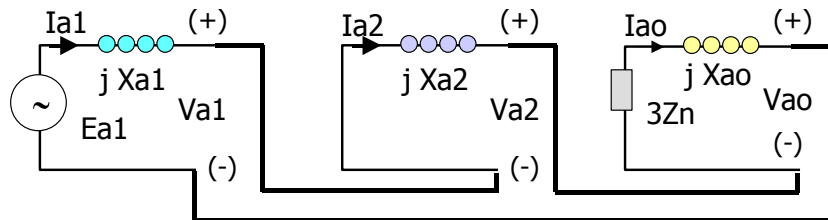
Modelo para hallar la corriente de cortocircuito bifásico - tierra

ME III 14 APLICACIÓN DE LAS COMPONENTES SIMÉTRICAS

$$E_{a1} = I_{cc} 2\phi - t [0.2L90^\circ + 0.1581L90^\circ] = 1.0198 L11.31^\circ \text{ pu}$$

$$I_{cc} 2\phi = 2.8478 L - 78.69^\circ \text{ pu.}$$

Cortocircuitos monofásicos a tierra (1φ - t).- Para este caso tenemos:



Modelo para hallar la corriente de cortocircuito monofásico - tierra

$$1.0198 L11.31^\circ = I_{cc} 1\phi - t [0.2L90^\circ + 0.25L90^\circ + 0.16L90^\circ + 0.27L90^\circ]$$

$$I_{cc} 1\phi - t = 1.1587 L - 78.69^\circ \text{ pu.}$$

Para facilitar la selección del interruptor automático presentamos un resumen de los valores antes encontrados.

RESUMEN DE LOS CALCULOS DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO			
TIPO DE	Pu	KA	Observ.
Inominal	1	1.255	(1)
I _{cc} (3φ)	5.099	6.399	(2)
I _{cc} (2φ)	2.2662	2.844	
I _{cc} (2φ - t)	2.8478	3.578	
I _{cc} (1φ - t)	11.1587	1.454	

Utilizando (1) y (2) del resumen hallamos el interruptor automático:

$$I_{\text{diseño}} = 1.2 \text{ ING} = 1.2 \times 1255 = 1506 \text{ Amperios.}$$

Elegimos del catálogo del fabricante : $I_{\text{elegido}} = 1600 \text{ Amperios.}$

$$\text{Regulación térmica} = \text{ING} / I_{\text{elegido}} = 1255/1600 = 0.78$$

$$\text{Regulación magnética} = I_{cc}(3\phi) / I_{\text{elegido}} = 6399 / 1600 \cong 4$$

$$\text{Potencia inicial de CC} = 152.95 \text{ MVA}$$

Falta calcular los parámetros siguientes muy importantes.

Capacidad de impulso (MVA).

Capacidad de ruptura (MVA).

Poder de corte (MVA).