

Uso práctico de las corrientes de cortocircuito en fallas balaceadas

Prof. Francisco M. Gonzalez-Longatt

fglongatt@ieee.org

<http://www.giaelec.org/fglongatt/SP.htm>

Uso de las Corrientes de Fallas

- El cálculo de la corriente de cortocircuito es de importancia para *la especificación de los elementos del sistema de potencia* además de otras aplicaciones como estudios de armónicos, etc.
- Los disyuntores o interruptores además de algunos otros equipos del sistema de potencia, deben de poseer especificado una capacidad máxima de operación, dentro de la cual se permita un funcionamiento seguro en condiciones de falla, y es donde surge con vital importancia el cálculo de la potencia de interrupción.



Uso de las Corrientes de Fallas

- En estudios mucho más completos el cálculo de corrientes de cortocircuito es un paso preliminar, tal es el caso de la coordinación de protecciones el cual además de permitir establecer los límites de operación de los equipos.
- Los relés, fusibles y otros elementos de protección puedan discriminar las situaciones normales de operación del sistema de las de falla, es posible admitir ciertos criterios y margen de error sin que esto influya en el ajuste correcto de las protecciones.

ELC-30514
Sistemas de Potencia I

Capacidad de Cortocircuito de una Barra

Prof. Francisco M. Gonzalez-Longatt

fglongatt@ieee.org

<http://www.giaelec.org/fglongatt/SP.htm>

Capacidad de CC de una Barra

- La capacidad de cortocircuito de una barra se define como $\sqrt{3}$ veces el producto de la tensión de la línea en la barra antes de la falla por la corriente que sale del punto falla durante un cortocircuito trifásico.

$$MVA_{cc3\phi} = \sqrt{3}V_{LLPreFalla}I''_{cc3\phi}$$

- En por unidad:

$$S_{cc3\phi} = V_{LLPreFalla} [p.u] I''_{cc3\phi} [p.u]$$

Capacidad de CC de una Barra

- La capacidad de cortocircuito de una barra indica la posible corriente de cortocircuito que puede soportar la barra sin sufrir desperfectos, la fortaleza de la barra, o la *sensibilidad a cambiar en el sistema por ella alimentada*.
- Al aumentar la capacidad de cortocircuito, la tensión en la barra se deprime menos por fallas cercanas.

Efecto de la Resistencia en la Corriente de Falla

Prof. Francisco M. Gonzalez-Longatt

fglongatt@ieee.org

<http://www.giaelec.org/fglongatt/SP.htm>

Efecto de la Resistencia

- Si se considera un sistema exterior, el cual es modelado como una fuente ideal (V_{th}) de voltaje en serie con una impedancia ($Z_{th} = R_{th} + j X_{th}$), modelo de Thevenin, la corriente de cortocircuito en terminales del modelo puede ser determinada como:

$$|\bar{I}_{cc}| = \frac{|\bar{V}_{th}|}{|R_{th} + jX_{th}|} \quad \Rightarrow \quad |\bar{I}_{cc}| = \frac{|\bar{V}_{th}|}{X_{th} \sqrt{1 + \left(\frac{R_{th}}{X_{th}}\right)^2}}$$

Efecto de la Resistencia

- Por otra parte, si se realiza el cálculo de la corriente de cortocircuito en el mismo modelo, pero bajo la premisa de que se desprecia la resistencia, es decir, en forma aproximada.

$$\left| \bar{I}_{cc} \right|_{aprox} = \frac{\left| \bar{V}_{th} \right|}{X_{th}}$$

$$\left| \bar{I}_{cc} \right| = \frac{\left| \bar{V}_{th} \right|}{X_{th} \sqrt{1 + \left(\frac{R_{th}}{X_{th}} \right)^2}} \quad \Rightarrow \quad \left| \bar{I}_{cc} \right| = \frac{\left| \bar{I}_{cc} \right|_{aprox}}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_{th}}{X_{th}} \right)^2}}$$

Efecto de la Resistencia

- si se conoce el valor de la relación X/R (Reactancia/Resistencia) en el punto de falla, entonces *se puede conocer la corriente de falla exacta (I_{cc}) a partir de la aproximada ($I_{cc,aprox}$)*.

$$|\bar{I}_{cc}| = \frac{|\bar{I}_{cc}|_{aprox}}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_{th}}{X_{th}}\right)^2}}$$

Efecto de la Resistencia

- En los casos en que la relación $X/R \gg 4$, el error cometido al despreciar la resistencia del *sistema de potencia* es menor al 4%.
- En los sistemas en que se cumple que $X/R \gg 4$, se puede despreciar fácilmente la resistencia.
- En los *sistemas de distribución e industriales* esto no es valido, ya que la relación X/R es completamente menor a 4.

ELC-30514
Sistemas de Potencia I

Especificación de Interruptores de Potencia

Prof. Francisco M. Gonzalez-Longatt

fglongatt@ieee.org

<http://www.giaelec.org/fglongatt/SP.htm>

Especificación de Interruptores de Potencia

- Para garantizar su correcto y seguro funcionamiento en condiciones normales y de falla, entre estos parámetros, se encuentran dos de relevante importancia:
 - *Corriente Asimétrica de Interrupción.*
 - *Corriente Asimétrica Momentánea.*

Especificación de Interruptores de Potencia

- La *corriente asimétrica de interrupción*, es el valor para el cual debe ser capaz de abrir el interruptor, $I_{asimInst}$.
- Se calcula tomando en cuenta el tiempo que ocurre la falla, hasta que empiezan a separarse los contactos del interruptor.
- La *corriente asimétrica momentánea*, $I_{asimMom}$ se puede como la máxima corriente de cortocircuito que puede soportar el interruptor.

Especificación de Interruptores de Potencia

- Para realizar la selección del interruptor un procedimiento seguro, es el considerar que la *componente de frecuencia fundamental* de la corriente de cortocircuito no se decrementa en el tiempo.
- Se mantiene constante en el tiempo, e igual a su valor inicial subtransitorio (I_{AC}), y este se utiliza para el cálculo de la corriente momentánea, pero la componente de corriente continua si se considera.

Especificación de Interruptores de Potencia

$$I_{EF}(t) = \sqrt{I_{DC}^2(t) + I_{AC}^2(t)}$$

$$I_{EF}(t) = I_{AC}(t) \sqrt{1 + \left(\frac{I_{DC}(t)}{I_{AC}(t)} \right)^2}$$

- Si se define el factor de asimetría $K(t)$, se tiene:

$$K_M(t) = \sqrt{1 + \left(\frac{I_{DCM}(t)}{I_{AC}(t)} \right)^2}$$

Especificación de Interruptores de Potencia

- Se conoce por teoría que la componente de continua que provee máxima asimetría viene dado por:

$$I_{DCM}(t) = \sqrt{2} I_{AC} e^{\frac{-t}{\tau_a}}$$

- Siendo τ_a , es la constante de tiempo del decremento de la corriente de continua:

$$\tau_a = \frac{1}{\omega} \times \frac{X}{R}$$

$$K_M(t) = \sqrt{1 + 2e^{\frac{-2t}{\tau_a}}}$$

Especificación de Interruptores de Potencia

- Máxima Corriente Asimétrica Momentánea:

$$I_{AsimMom} = K_M \left(t = \frac{1}{2} \text{Ciclo} \right) I_{ac}$$

- Máxima Corriente Asimétrica de Interrupción:

$$I_{AsimInst} = K_M \left(t = \tau_C \right) I_{ac}$$

- Siendo τ_c el tiempo en que empiezan a separarse los contactos de interruptor. El tiempo de operación o régimen de operación de los interruptores se encuentran normalizados según el ASA.

Especificación de Interruptores de Potencia

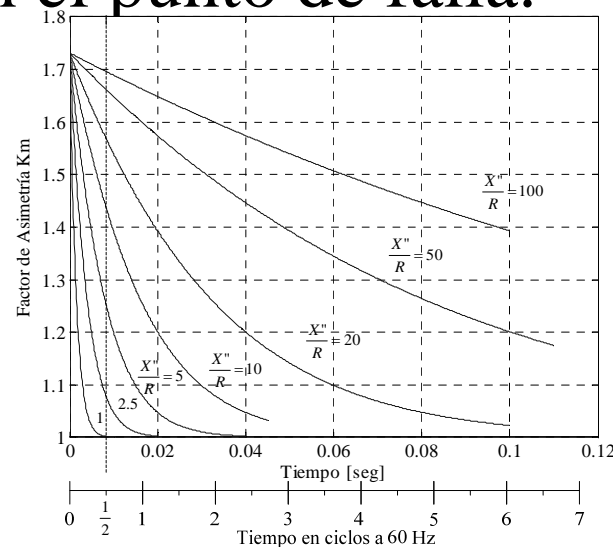
Régimen de operación de los interruptores

<i>Régimen del Interruptor</i>	<i>Tiempo que tardan en empezar a separarse los contactos</i>	<i>Tiempo mínimo de partida de los contactos τ_c</i>	<i>Tiempo que tardan en extinguirse el arco</i>
8 ciclos	3.5	4	4
5 ciclos	2.5	3	2
3 ciclos	1.5	2	1
2 ciclos	1	1.5	0.5

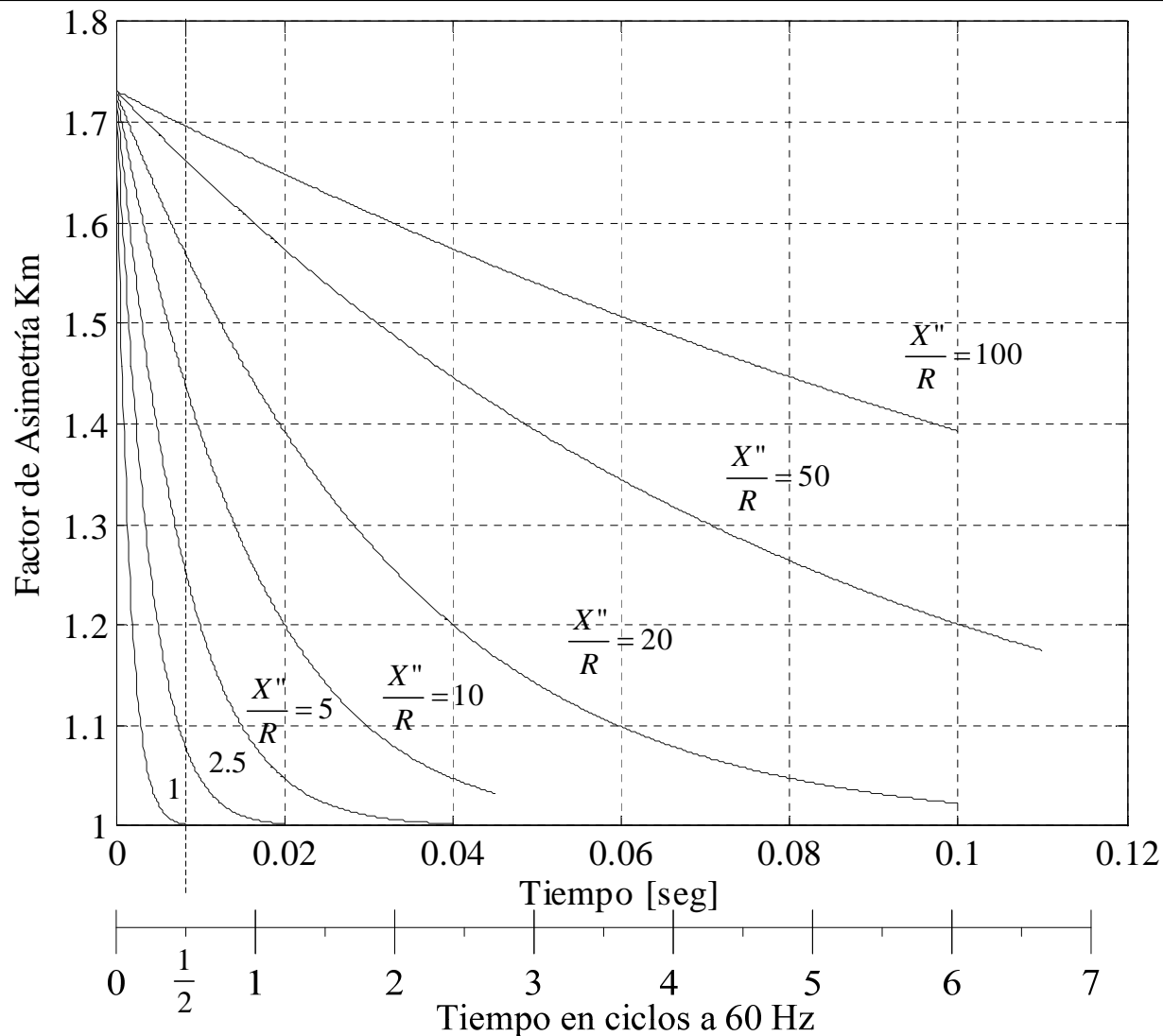
[1] Asumiendo que el relé tarda medio ciclo en operar a un frecuencia de 60 Hz.

Especificación de Interruptores de Potencia

- Como ya se ha mencionado, el factor de máxima asimetría $K_m(t)$, depende de la constante de tiempo τ_a , y esta a su vez de la relación X/R , en el punto de falla.
- Se han construido gráficas, en las que se traza el factor de asimetría en función del tiempo y de la relación X/R en el punto de falla.



Especificación de Interruptores de Potencia



Especificación de Interruptores de Potencia

- Si se desconoce por algún motivo la relación X/R en el punto de falla, puede emplearse un método alternativo de cálculo menos exacto, realizado ciertas suposiciones.
- Máxima Corriente Asimétrica Momentánea:

$$I_{AsimMom} = 1.6I_{ac}$$

- Máxima Corriente Asimétrica de Interrupción:

$$I_{AsimInst} = K_M (Tabla) I_{ac}$$

Especificación de Interruptores de Potencia

$$I_{AsimInst} = K_M (Tabla) I_{ac}$$

<i>Régimen de interrupción o localización de la falla</i>	$K_m(TABLA)$
8 ciclos	1.0
5 ciclos	1.1
3 ciclos	1.2
2 ciclos	1.4
Falla en la barra de generación	Agregue K_m
Capacidad de cortocircuito con I_{AC}	Agregue K_m

Especificación de Interruptores de Potencia

- Otro método alternativo para estimar el factor de asimetría en aquellos casos en que se desconoce el valor de la relación X/R en el punto de falla es asumir un valor para ella, en función de los equipos que constituyen el sistema de potencia y el punto en que ocurre la falla.

Especificación de Interruptores de Potencia

<i>Tipo de circuito y localización de la falla</i>	<i>Rango de X/R</i>
Estación de generación, falla a tensión de la maquina directamente en los terminales a través de reactores	40-120
Estación de generación. Falla justo en lado de alta de transformadores elevadores de 100 o más MVA	40-60
Idéntico al anterior solo que son transformadores elevadores de 100 MVA	30-50
Secundario de transformadores en Subestaciones de reducción o acoplamiento, de 100 MVA o más, cuando el transformador representa el 90% o más de la impedancia equivalente de la falla.	30-50
Igual al anterior, pero transformadores de 100 MVA	15-40
Fallas en sitios remotos de las estaciones de generación, alimentados por transformadores menores de 25 MVA, reactores, líneas, alimentadores de distribución	15 o menos