



Calculo de corto circuito

Estándares ANSI

Desarrollado por
Curso de protecciones eléctricas

Contenido

- Introducción
 - Aspectos básicos
 - Definiciones y símbolos
 - Abreviaturas
- Normas ANSI para el calculo de corto-circuito
- Fallas
 - Voltaje de prefalla
 - Tipos de falla
- Calculo de corriente de corto-circuito
 - Tipos de cálculos
- Factores de impedancia
 - Bajo voltaje en motores
- Modelo de maquinas rotativas
- Tipos de sistemas y gravedad del cortocircuito
- Métodos de calculo
 - Método simplificado $X/R \leq 15$
 - Método simplificado $X/R \geq 15$
 - Ajustes de decremento de AC y DC
 - Falla de alimentación de las fuentes remotas
 - Falla de alimentación de las fuentes locales
 - Multiplicación por factores ponderados
- Calculo de interruptor de servicio
 - Procedimiento de calculo empírico ANSI
 - Procedimiento de calculo analítico
- Ejemplo de cálculos
 - Obtención de la impedancia equivalente
 - Corriente de cortocircuito en una red de treinta ciclos
 - Simulación dinámica

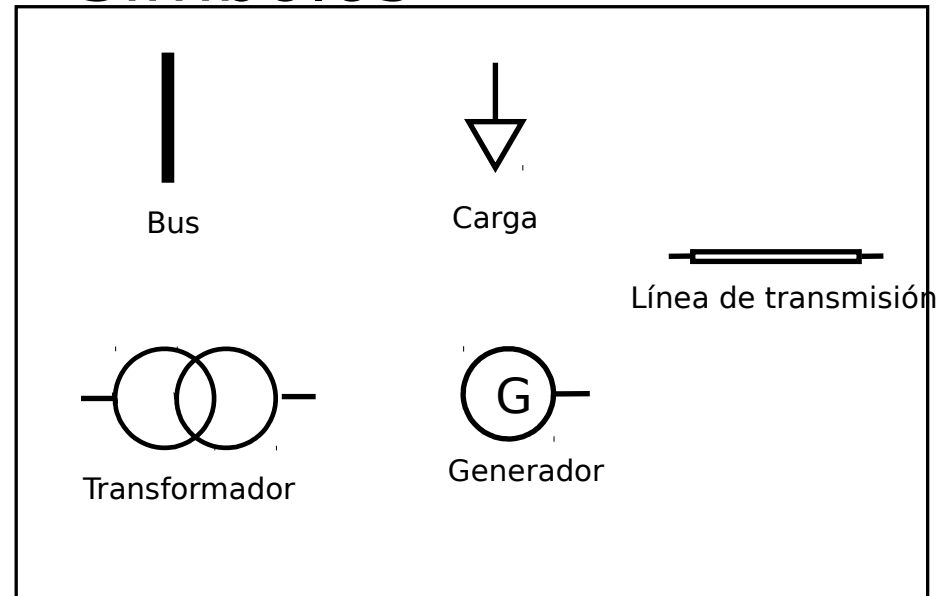
Introducción

- Aspectos Básicos

- Definiciones

- Voltaje
- Corriente
- Impedancia
- Cortocircuito
- Falla eléctrica

- Símbolos



Definiciones

- Corto Circuito

- Importancia

- Selección de equipos adecuados
 - Nivel de cortocircuito de las subestaciones
 - Elección y ajuste de las protecciones
 - Dimensionamientos de las mallas de tierra
 - Capacidad térmica de cables
 - Verificación de suficiente nivel de cortocircuito en determinados puntos del sistema eléctrico de potencia
 - Problemas de inducción producidas por fallas asimétricas
 - Localización de fallas basadas en la impedancia

Introducción

- Abreviaturas
 - AC : Corriente alterna
 - DC : Corriente directa
 - SC : Corto circuito
 - V : Voltaje
 - I : Corriente

Normas ANSI para el calculo de corto-circuito

- En función al voltaje al cual esta dirigido el calculo:
 - Medio y Alto Voltaje
 - ANSI C37.010-1979
 - Bajo voltaje (<1000V)
 - ANSI C37.13-1990



Fallas

Voltaje de prefalla

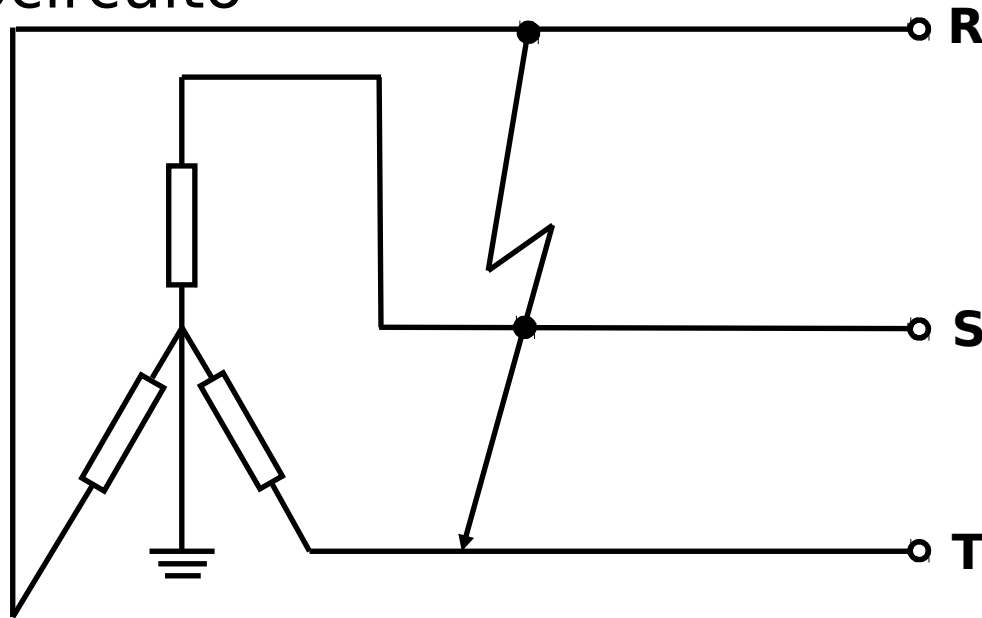
- Menor Tensión
 - Condiciones normales de operación
- Tensión Nominal del Sistema
 - Peor condición de cortocircuito
 - Cargas giratorias contribuyen a la corriente de cortocircuito
- Mayor Tensión
 - Carga Ligera
 - Menor contribución de las cargas

Tipos de Fallas

- Falla trifásica
- Falla de fase a fase
- Falla de fase a fase a tierra
- Falla de fase a tierra

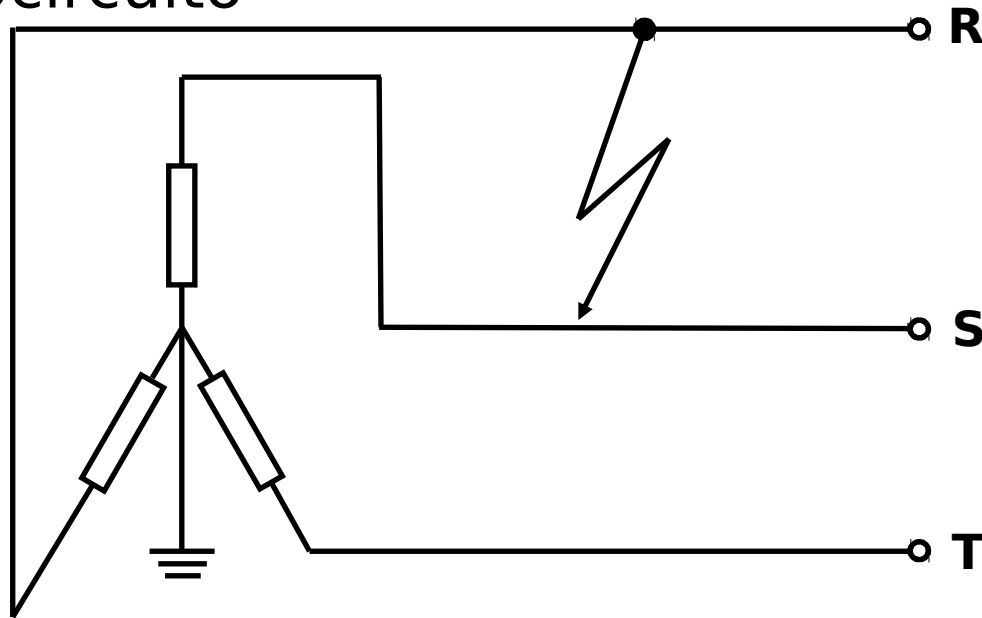
Tipos de Fallas

- Falla trifásicas
 - Los conductores trifásicos están en cortocircuito



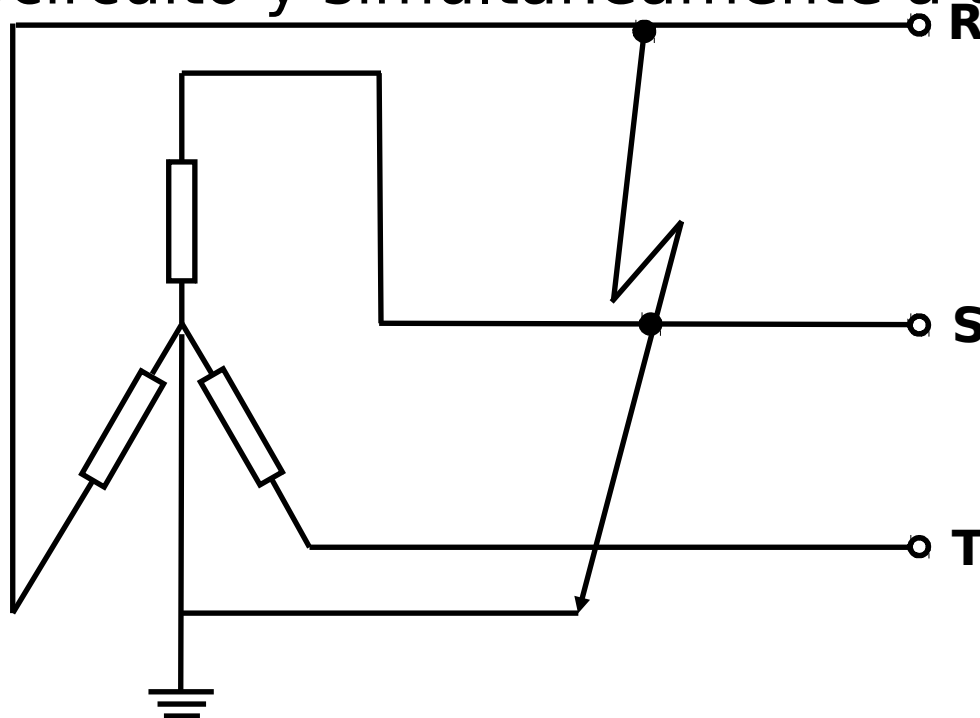
Tipos de Fallas

- Falla de fase a fase
 - Cualquier conductor de dos fases están en cortocircuito



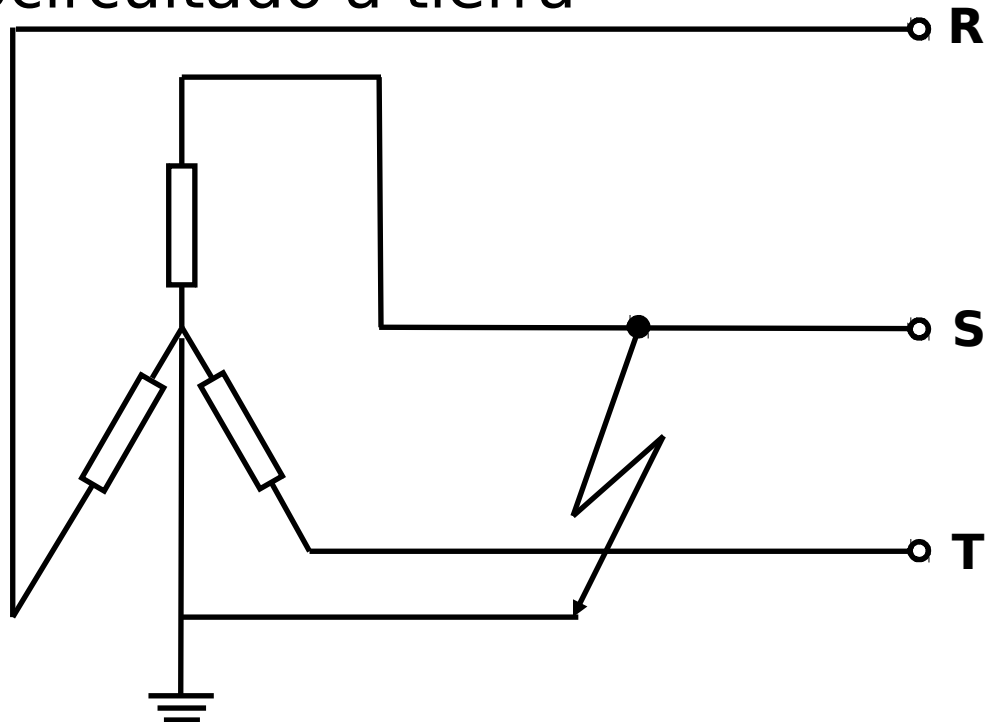
Tipos de Fallas

- Falla de fase a fase a tierra
 - Cualquier conductor de dos fases están en cortocircuito y simultáneamente a tierra.



Tipos de Fallas

- Falla de fase a tierra
 - Conductor de una sola fase está cortocircuitado a tierra



Calculo de corriente de corto circuito

Suposiciones

- La fuente de voltaje o voltaje de pre falla son el voltaje nominal del sistema.
- La peor condición de cortocircuito ocurre a máxima carga.
- Es poco probable que el voltaje de operación este por encima de del voltaje nominal a máxima carga.
- El cálculo de cortocircuito normalmente se lleva a cabo a tensión nominal.
- Los valores de voltaje no se mantiene constante, podría reducirse y variar con la carga de la maquina y al momento posterior del cortocircuito.
- La fuente de la corriente de falla se asume como sinodal y los armónicos y la saturación se desprecian.
- Todos los circuitos son lineales, los no lineales están asociados con las maquinas rotativas, el modelado de los transformadores y y reactores son despreciados.
- Al instante de la falla, el valor de la corriente dc es igual en magnitud al valor de la corriente de falla ac pero con signo opuesto

Corriente de Pico Máxima

- La corriente de pico máxima no se produce en el medio ciclo de la fase cuando se tiene la máxima componente dc , a no ser que el cortocircuito se produzca en un circuito inductivo puro, es decir con resistencia igual a cero.
- El máximo pico se produce después de medio ciclo y después del pico de corriente simétrica.

Corriente de Pico Máxima

- La ecuación del estándar IEEE posee una mejor aproximación de corriente de pico que la ecuación de la IEC

$$I_{peak} = I_{ac\ peak} + I_{dc} = \sqrt{2}I_{ac,rms}(1 + e^{-2\pi\tau/(X/R)}) = I_{ac\ peak}(1 + e^{-2\pi\tau/(X/R)})$$

Donde: $\tau = 0.49 - 0.1 e^{-(X/R)/3}$

- Para el primer ciclo la corriente rms es: $I_{rms} = \sqrt{I_{ac,rms}^2 + I_{dc}^2}$

- Solo es correcto si la dc es constante, pero no lo es y decae exponencialmente.
- Muchas veces la componente dc calculada a medio ciclo aunque esta no corresponde al valor pico. Entonces:

$$Half\ cycle_{rms} = I_{ac\ rms} \sqrt{1 + 2(e^{-\pi/(X/R)})^2}$$

Corriente de Pico Máxima

- Para obtener una ecuación mas exacta se puede utilizar la ecuación del estándar IEEE std 551-2006

$$I_{rms,total} = I_{ac\ rms} \sqrt{(1 + 2e^{-4\pi\tau/(X/R)})}$$

- Usualmente se usa un multiplicador de pico de 2.6 para simplificar los cálculos en la selección de interruptores de media y alta tensión por encima de los 1kv.
- Este factor corresponde para sistemas de $X/R = 17$ en 60 Hz o su equivalente en componentes dc gobernada por L/R con tiempo constante de 45ms en sistemas de 60 Hz ($X/R = 14$ para sistemas de 50 Hz).
- Cuando se encuentran proporciones grandes de X/R , el factor multiplicador resulta ser mas alto.

Corriente de Pico Máxima

- Para los viejos interruptores de alta tensiones, se calcula la corriente asimétrica rms basándose en el pico de medio ciclo.

$$I_{asym} = I_{sym} \sqrt{1 + 2e^{-2\pi/(X/R)}}$$

- En cuanto al multiplicador asimétrico se usa 1.6 el cual corresponde a $X/R = 25$.
- Sin embargo se pueden obtener factores de multiplicadores mas altos con una mayor proporción de X/R

Tipos de calculo de corriente de corto circuito

- Según el tiempo de estudio
 - Corriente de primer ciclo (Momentáneo)
 - Bajo voltaje
 - Medio y Alto Voltaje
 - Corriente de interrupción (Interrupción)
 - Corriente de tiempo retardado (30 Ciclos)



Calculo de corriente de corto circuito

- Corriente de primer ciclo
 - Se usa para calcular la corriente momentánea RMS simétrica de corto circuito y los esfuerzos de los equipos de protección en el primer ciclo después de que se ha presentado la falla.
 - Esta red se usa para determinar corrientes momentáneas de corto circuito y esfuerzos asociados para las aplicaciones

Calculo de corriente de corto circuito

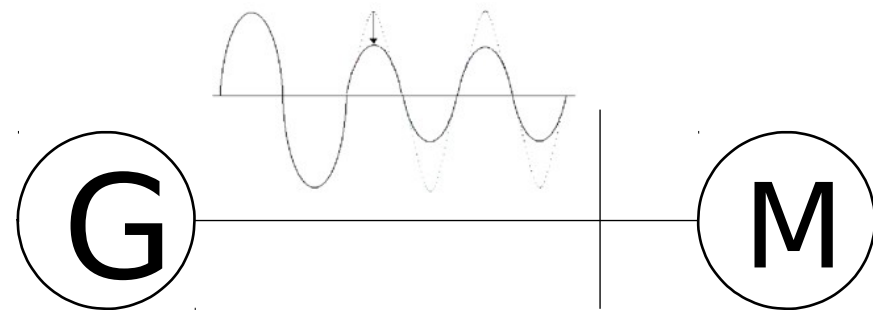
- Corriente de interrupción
 - Se usa para calcular los esfuerzos de interrupción (de apertura de contactos) de los interruptores de circuito IC de mediana y alta tensión.
 - Esta red se usa para determinar corrientes de corto circuito de interrupción para aplicaciones de interruptores de circuito de mediano y alto voltaje (arriba de 1kV). A estos interruptores de circuito (ICs) de aquí en adelante se les puede llamar también interruptores de alto voltaje

Calculo de corriente de corto circuito

- Corriente de tiempo retardado (30 ciclos)
 - Uso
 - Calcular las corrientes mínimas, o de estado permanente, que se requieren para operar los relevadores actuados por corriente
 - Impedancias para el calculo
 - Generadores
 - Reactancia transitoria.
 - Máquinas de inducción, los motores síncronos y los condensadores
 - No son considerados en el cálculo de fallas en esta red, se considera infinita
 - Premisas para el calculo
 - Las contribuciones de las fuentes de servicio se mantienen sin cambios.
 - La componente de corriente continua de la corriente de cortocircuito decae a cero.
 - La contribución de los motores síncronos y de inducción decae a cero.
 - La reactancia subtransitoria del generador se sustituye por reactancia transitoria o un valor mayor que la reactancia subtransitoria

Bajo voltaje en motores

- Motores de potencia menor a 50hp
- Motores de potencia mayor a 50hp



Bajo voltaje en motores

- Criterio de selección de protecciones

- Baja Tensión, interruptores automáticos de alimentación sin fusible

$$MF = \frac{\sqrt{2}}{2.29} \left\{ 1 + \exp \left[\frac{-\pi}{(X/R)} \right] \right\}$$

- Fusible de baja tensión disyuntores de potencia

$$MF = \frac{1}{1.25} \sqrt{1 + 2 \exp \left[\frac{-2\pi}{(X/R)} \right]}$$

- Moldeado - y aislantes de interruptores automáticos en caja

- Primer ciclo de moldeado - interruptor - carcasa aislada = MF × primer ciclo de corriente RMS o simétrica

- Los fusibles de baja tensión

- Primer ciclo de fusibles de baja tensión = MF × primer ciclo de corriente RMS simétrica

$$MF = \frac{1}{1.25} \sqrt{1 + 2 \exp \left[\frac{-2\pi}{(X/R)} \right]}$$

Bajo voltaje en motores

- Cálculo para selección de interruptor según capacidades

- 10000A simétricos o menos

$$MF = \frac{\sqrt{2}}{1.64} \left\{ 1 + \exp \left[\frac{-\pi}{(X/R)} \right] \right\}$$

- 10000A < Capacidad < 20000A simétricos

$$MF = \frac{\sqrt{2}}{1.92} \left\{ 1 + \exp \left[\frac{-\pi}{(X/R)} \right] \right\}$$

- Super

$$MF = \frac{\sqrt{2}}{2.16} \left\{ 1 + \exp \left[\frac{-\pi}{(X/R)} \right] \right\} \quad a$$

Bajo voltaje en motores

- Los fusibles de baja tensión
 - Primer ciclo de fusibles de baja tensión = MF
× primer ciclo de corriente RMS simétrica

$$MF = \frac{1}{1.25} \sqrt{1 + 2\exp\left[\frac{-2\pi}{(X/R)}\right]}$$

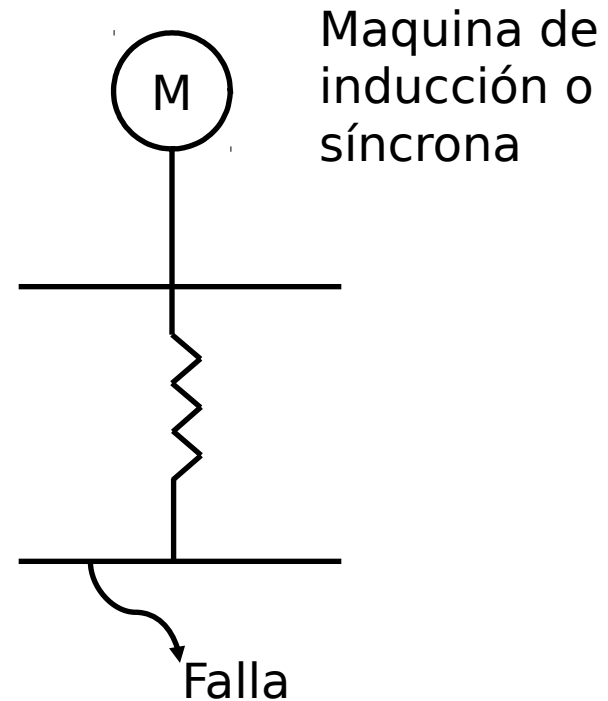
Modelo de maquinas rotativas

Modelo de maquinas rotativas

- Categorías del calculo de dispositivos en función del dispositivo
 - Generadores síncronos
 - Motores síncronos y condensadores
 - Máquinas de inducción
 - Sistemas de suministro eléctrico
 - Motores de CA de velocidad ajustable de inducción de corriente continua o con suministro de corriente CA en estado sólido

Modelo de maquinas rotativas

- Las reactancias de la máquina se modelan con factores adecuados de multiplicación aplicables a las resistencias y reactancias, de manera que la relación X/R se mantiene
- La corriente total antes y después de la transición (pre y post falla) no debería cambiar. La componente DC es igual en magnitud a la componente AC, pero de polaridad opuesta.



Modelo de maquinas rotativas

- Circuito equivalente de maquinas rotativas
 - Todos los motores y generadores de sistema conectado se supone que están operando a menos que se indique lo contrario. Esta suposición produce las corrientes de cortocircuito más alta calculados ya que los aportes de máquinas rotativas se n



Modelo de maquinas rotativas

- Circuito equivalente de maquinas rotativas

- Generador síncrono

- Para efectos de cálculos de la corriente de cortocircuito, estándares de la industria han establecido tres nombres específicos para los valores de esta reactancia variable, llamados Fase reactancia subtransitoria, reactancia transitoria, y la reactancia sincrónica.

- X_d'' : Reactancia subtransitoria
 - X_d' : Reactancia transitoria
 - X_d : Reactancia sincrónica

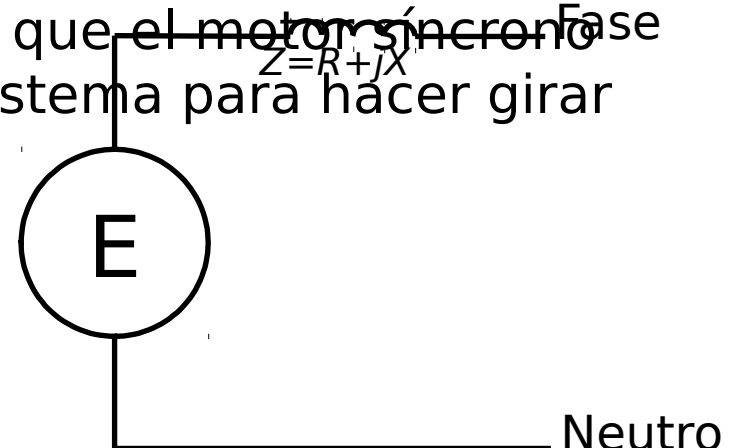


Modelo de maquinas rotativas

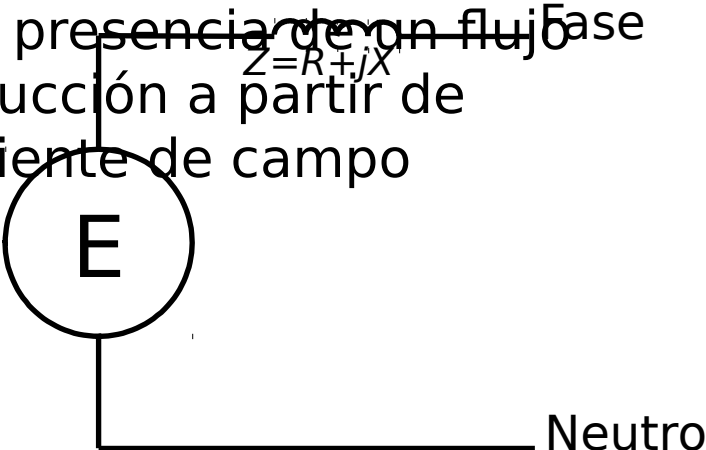
- Circuito equivalente de maquinas rotativas

- Motor síncrono

- Los motores síncronos suministran corriente a una falla tanto como generadores síncronos hacen. Cuando hay un falla esta provoca que la tensión del sistema sea baja, por lo que el motor síncrono recibe menos energía del sistema para hacer girar su carga.



Modelo de maquinas rotativas

- Circuito equivalente de maquinas rotativas
 - Maquina de inducción
 - Un motor de inducción de jaula de ardilla contribuirá a un corto circuito del sistema de alimentación, este es generado por inercia el accionamiento del motor en presencia de un flujo de campo producido por inducción a partir de estator en lugar de una corriente de campo continua del devanado
- 
- Diagrama de un circuito equivalente de una máquina de inducción. Muestra un círculo con la letra 'E' en su interior, conectado a una línea horizontal que termina en el texto 'Neutro'. Encima del círculo, se indica la impedancia $Z = R + jX$ y se menciona la 'Fase'.

Factor multiplicador de impedancias en cálculos de corto circuito

- Dependiendo del tipo de maquina rotativa
 - Se utilizan los valores de reactancias
 - Transitorias
 - Subtransitorias
 - Rotor bloqueado
- Las impedancias de equipos estáticos se suponen invariantes en el tiempo
 - Los armónicos y la saturación son despreciables

	Reactancia de secuencia positiva para el calculo	
	Interrupción del servicio	Cierre y Enclavamiento del servicio
Tipo de maquina rotativa		
Todos los turbogeneradores, todos los generadores hidroeléctricos con amortiguador de arrollamientos, y todos los condensadores	$1,0X_d''$	$1,0X_d''$
Los generadores hidroeléctricos sin amortiguador de bobinados	$0,75X_d'$	$0,75X_d'$
Todos los motores síncronos	$1,5X_d''$	$1,0X_d'$
Los motores de inducción		
Por encima de 1.000 caballos de fuerza a 1800 r / min o menos	$1,5X_d''$	$1,0X_d'$
Por encima de 250 CV a 3600 r / min	$1,5X_d''$	$1,0X_d'$
De 50 a 1000 CV a 1800 r / min o menos	$3,0X_d''$	$1,2X_d'$
De 50 a 250 caballos de fuerza a 3600 r / min	$3,0X_d''$	$1,2X_d'$
La negligencia todos los motores de inducción trifásicos de abajo 50 caballos de fuerza y todos los motores monofásicos		
los cálculos de nivel de voltaje Multi incluyendo bajo voltaje Sistemas		
X_d'' : reactancia subtransitoria de máquinas rotativas sincrónicas a la tensión nominal (saturado)-eje directo.		
X_d' : reactancia transitoria de máquinas rotativas sincrónicas a la tensión nominal y eje directo (saturado).		
Inductance of induction motor is equal to 1,00 divided by per unit of current of rotor blocked to the nominal voltage	$3,0X_d''$	$1,2X_d'$
Induction motors below 50 hp	∞	$1,67X_d'$

Fuente: Refs. 3 y 4. Derechos de autor 1993, 1999 IEEE. Todos los derechos reservados. Reproducido con fines educativos

Tipos de sistemas y gravedad de cortocircuito

Tipos de sistemas y gravedad de cortocircuito

- Criterio de selección de protecciones

Métodos de calculo de cortocircuito

Métodos de calculo

- Método E/X o E/Z simplificado
 - Relación $X/R \leq 15$
 - Relación $X/R > 15$
- Método E/X o E/Z de ajuste con decrementos para CA y CC

$$\sqrt{2} \left(1.0 + \sin \phi e^{-(\phi + 1.5708)(R/X)} \right)$$

ϕ : $\text{atan}(X/R)$ en el punto de falla



Método E/X o E/Z simplificado

- Relación $X/R \leq 15$
 - El resultado de los cálculos para E/X se puede comparar directamente con la capacidad de interrupción simétrica del breaker
 - El cortocircuito asimétrico nunca excede al simétrico en una proporción mayor a la de los rangos propios del breaker.

Método E/X o E/Z simplificado

- Relación $X/R > 15$
 - La componente DC de la I_{cc} incrementa el cortocircuito mas allá de los rangos de compensación del breaker
 - Si $E/X \leq 80\%$ de la capacidad de interrupción simétrica se puede aplicar un breaker sin hacer cálculos adicionales.

Método E/X o E/Z de ajuste con decrementos para AC y DC

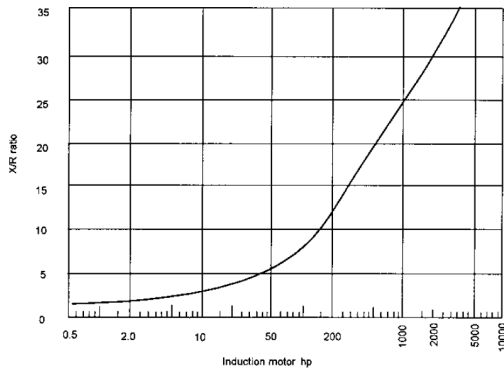
- Condiciones
 - Proporción $X/R < 45$ con 60Hz
 - Constante de tiempo $< 120\text{ms}$

Método E/X o E/Z de ajuste con decrementos para AC y DC

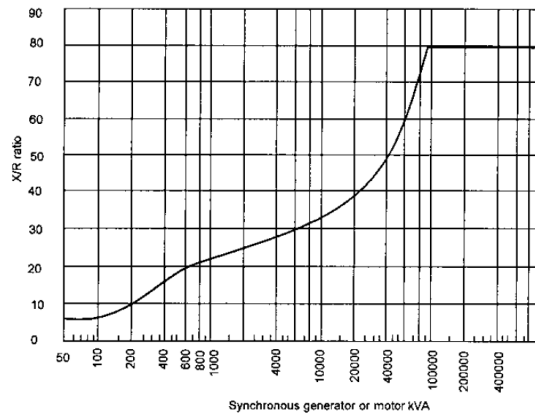
- Recomendado cuando fallas monofásicas línea-tierra son alimentadas principalmente por generadores cuando:
 - $V_g > 70\%$ de la capacidad de interrupción del breaker
- Para los cálculos se crea una red solo con las resistencias y otras solo con las admitancias
- Estas redes se reducen a un equivalente de Thevenin en el punto de falla para hallar la relación X/R
- Luego con E/X y E/R conocidos se calcula la capacidad de cortocircuito multiplicando I_{cc} por un factor de multiplicación apropiado
- Estos factores tienen tres parámetros:
 - El tiempo de respuesta del breaker
 - El X/R calculado
 - La caída de DC y AC.

Método E/X o E/Z de ajuste con decrementos para AC y DC

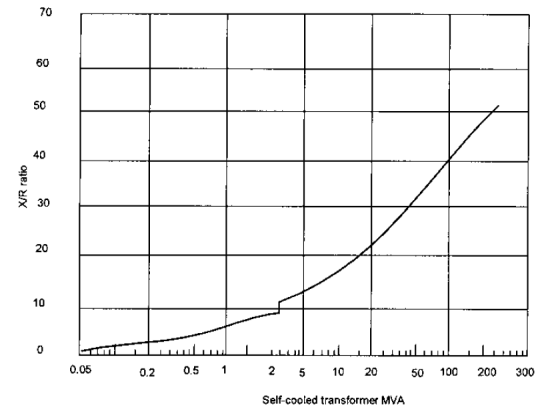
- Estos factores tienen tres parametros: el tiempo de respuesta del breaker, el X/R calculado y la caída DC y AC.



X/R vs Hp



X/R vs kVA



X/R vs MVA

Método E/X o E/Z de ajuste con decrementos para AC y DC

- Fallas Alimentadas por fuentes Remotas

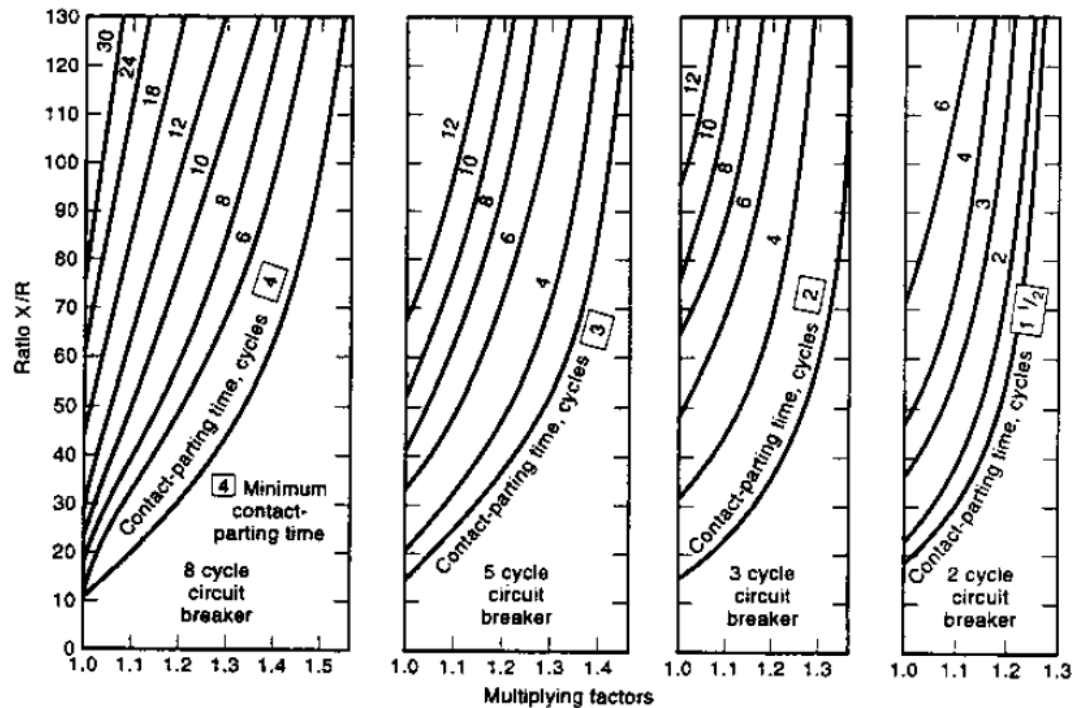
- Si el cortocircuito es alimentado por generadores a través de dos o mas transformadores
- Si es alimentado por una reactancia P.U. Externa al generador mayor a 1.5 veces la sub-transitoria del mismo
- La caída CA no es considerada y los valores de las curvas solo contienen la caída DC
- Si el cortocircuito es alimentado por generadores a través no mas de dos transformadores

Formula del factor de multiplicación para fuentes remotas:

$$MF = (1/S) \left[1 + \frac{MF}{2} e^{-4\pi C/(X/R)} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde C es el tiempo de respuesta en ciclos A 60hz y S es dada

Fallas Alimentadas por fuentes Remotas



Fallas trifásicas de línea a tierra, factores de multiplicación E/X , Decremento de DC (sólo para fuentes fuentes remotas). (De Ref. 3. Copyright 1999 IEEE. Todos los derechos reservados. Reproducido con fines educativos.)

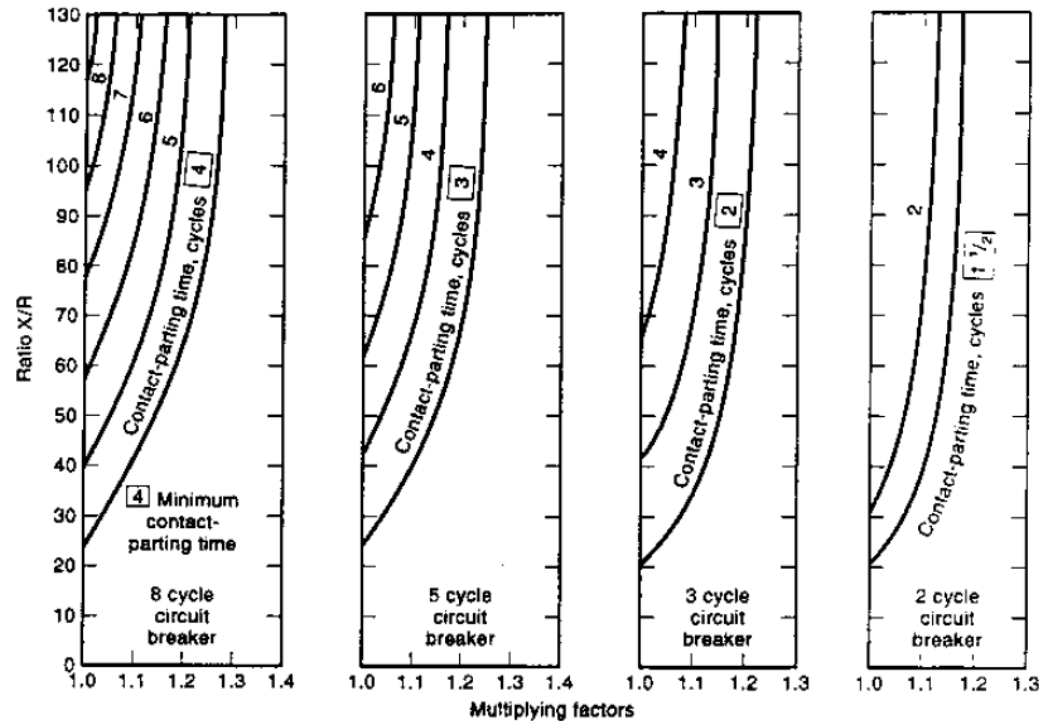
Método E/X o E/Z de ajuste con decrementos para AC y DC

- Fallas Alimentadas por fuentes Locales
 - Si el cortocircuito es alimentado por generadores a través no mas de dos transformadores
 - Si es alimentado por una reactancia P.U. Externa al generador menor a 1.5 veces la subtransitoria del mismo
 - Procedimiento
 - Conocido x/r y el tiempo de respuesta
 - Se entra a la primera curva con el valor x/r dado
 - Se corta la curva y se baja a la siguiente
 - Se corta la curva inferior con el valor del tiempo de respuesta para fallas trifásicos o de línea a tierra
 - Se corta la curva NACD en $(I_{asinc}/I_{sinc})NACD$ y esta nos va a dar el valor de reducción
 - Con este valor se entra a la grafica y se obtiene el punto de la curva de decremento y se busca E/X en las graficas.
 - Cuando existen los dos casos se deben aplicar ambos métodos y relacionarlos a través de la expresión:

Formula del factor de multiplicación para fuentes remotas:

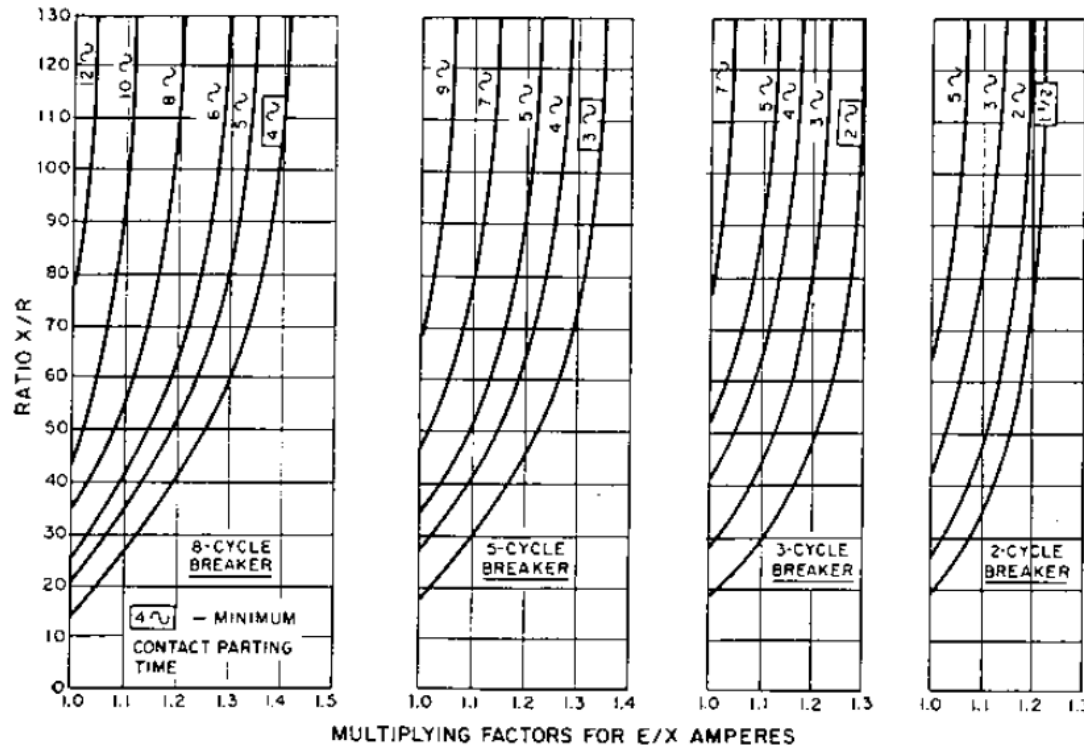
$$\text{Proporción NACD} = \frac{\sum \text{NACD de las fuentes de corriente}}{E/X \text{ para la red de interrupción}}$$

Fallas Alimentadas por fuentes Locales



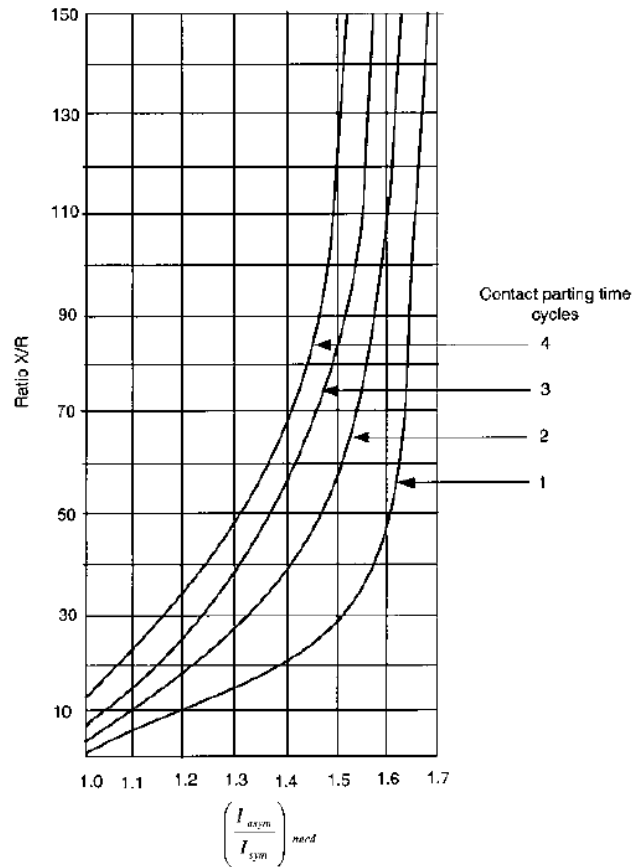
Fallas trifásicas, factores de multiplicación E/X , decrementos AC y DC (fuentes locales). (De Ref. 3. Copyright 1999 IEEE. Todos los derechos reservados. Reproducido con fines educativos.)

Fallas Alimentadas por fuentes Locales



Fallas de línea a tierra, factores de multiplicación E/X, decremento de AC y DC (fuentes locales). (De Ref. 3. Copyright 1999 IEEE. Todos los derechos reservados. Reproducido con fines educativos.)

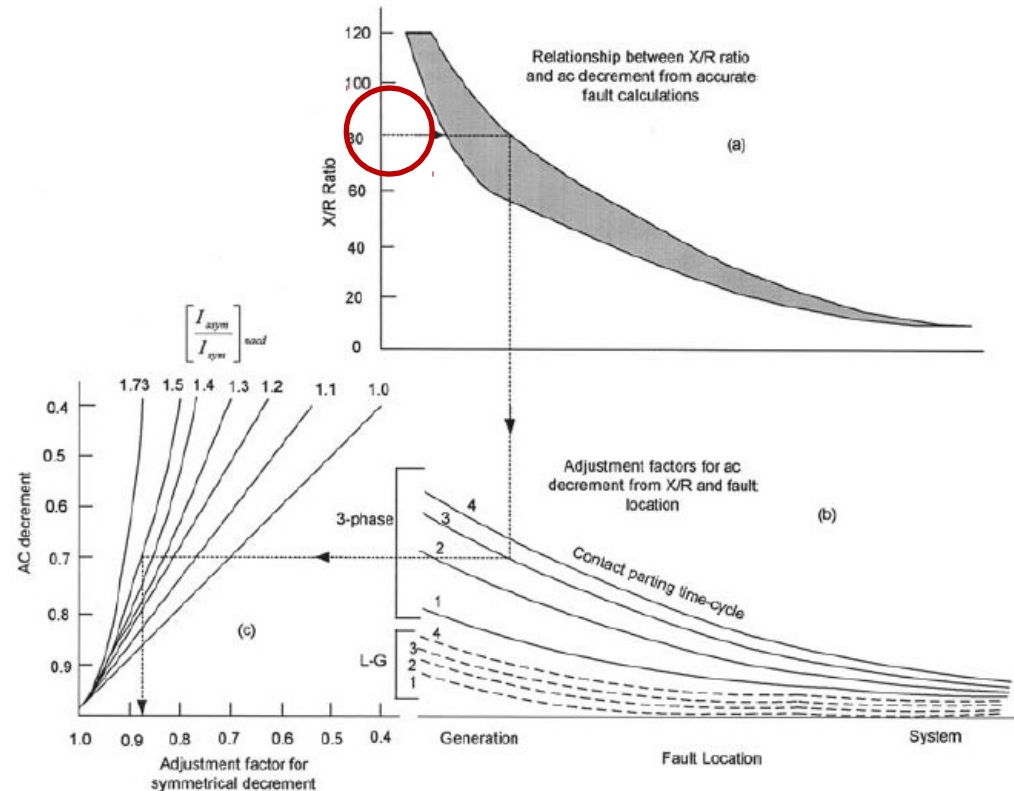
Fallas Alimentadas por fuentes Locales



Relacion I_{asym}/I_{sym} vs
Relacion X/R para contactor
(De Ref. 3. Copyright 1999
IEEE. Todos los derechos
reservados. Reproducido con
fines educativos.)

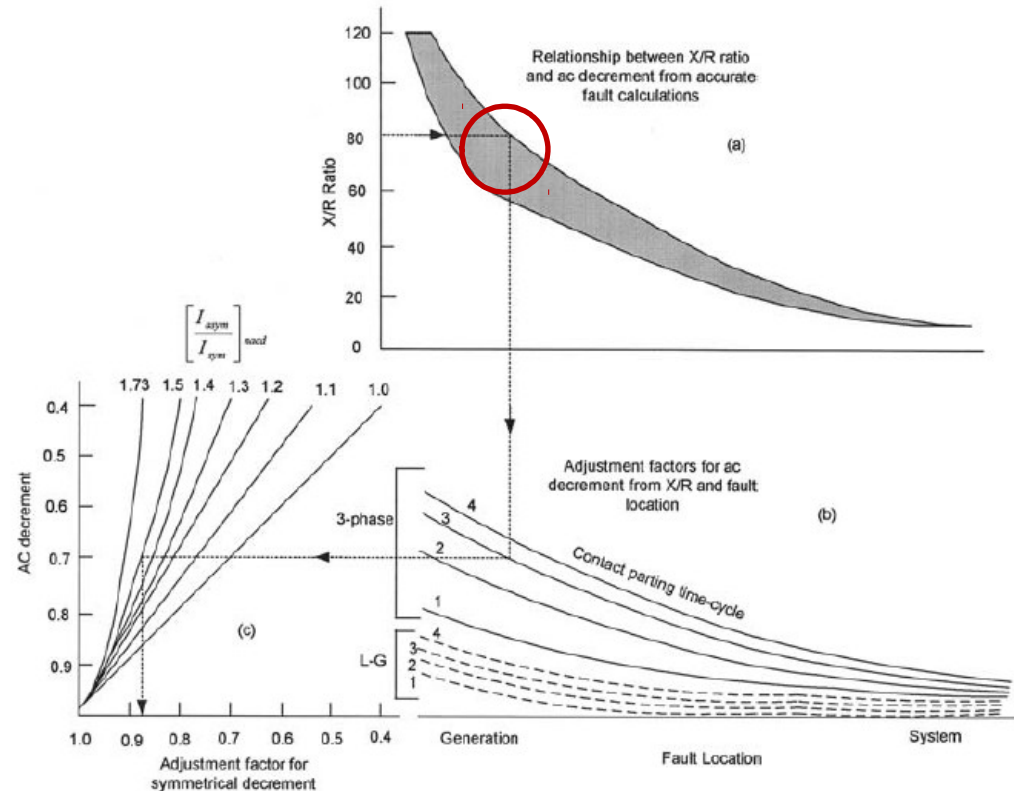
Fallas Alimentadas por fuentes Locales

Se entra a la primera curva con el valor x/r dado



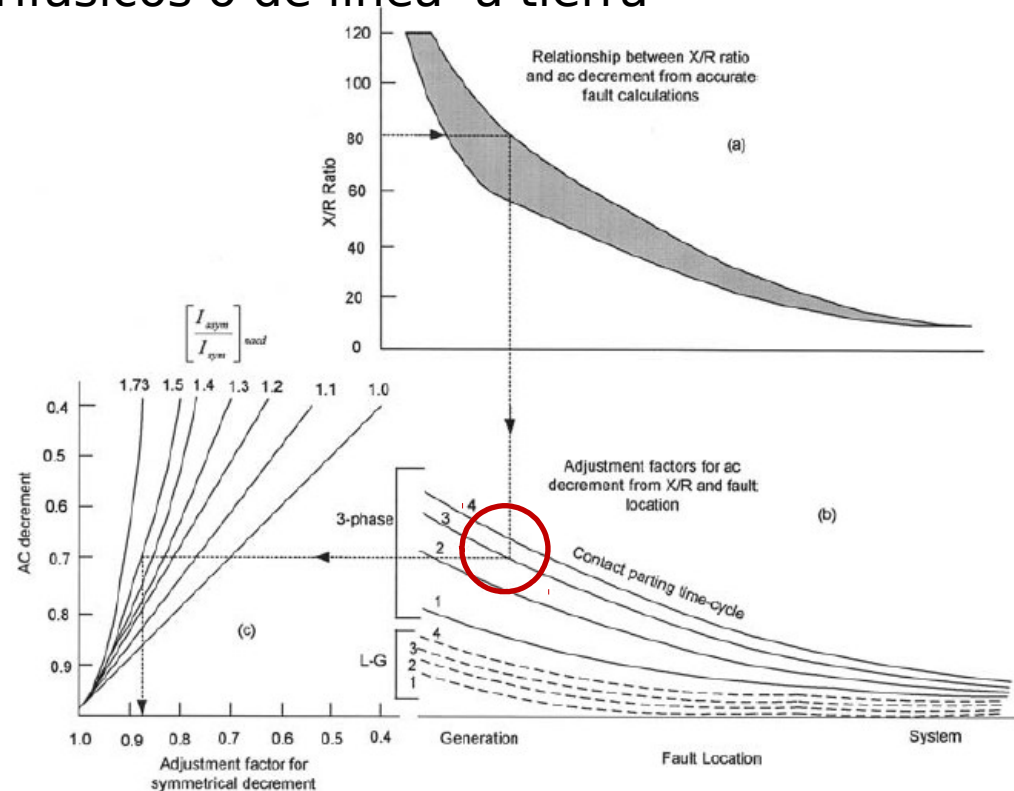
Fallas Alimentadas por fuentes Locales

Se corta la curva y se baja a la siguiente



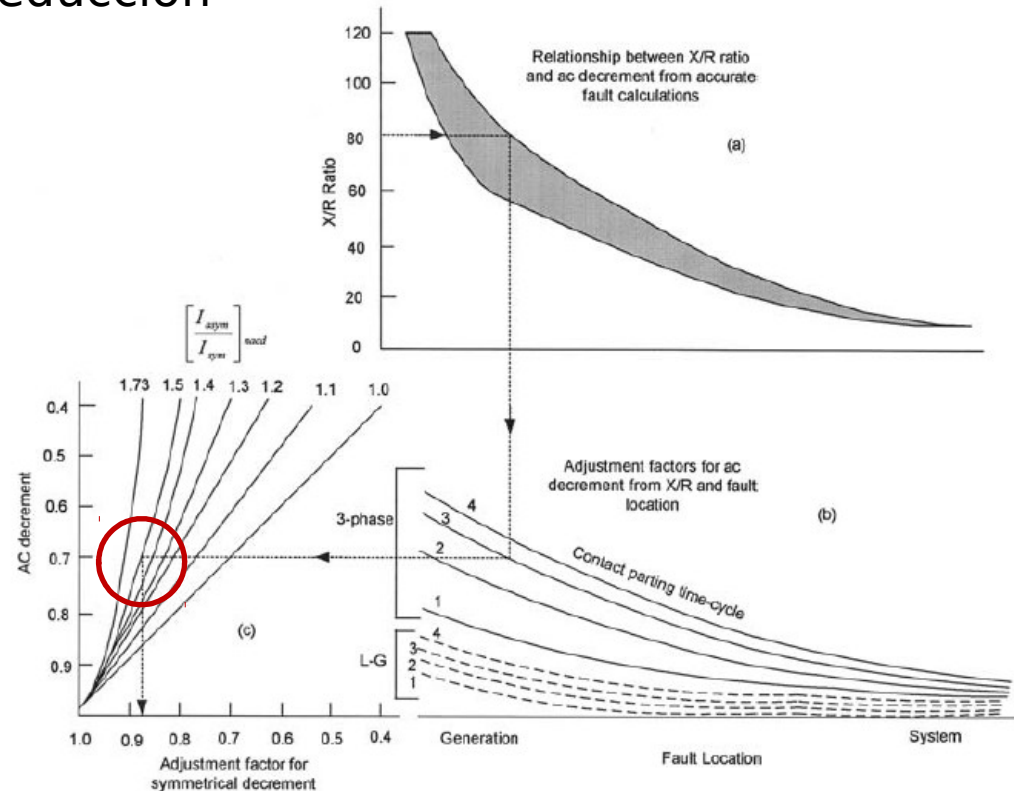
Fallas Alimentadas por fuentes Locales

Se corta la curva inferior con el valor del tiempo de respuesta para fallas trifásicos o de línea a tierra



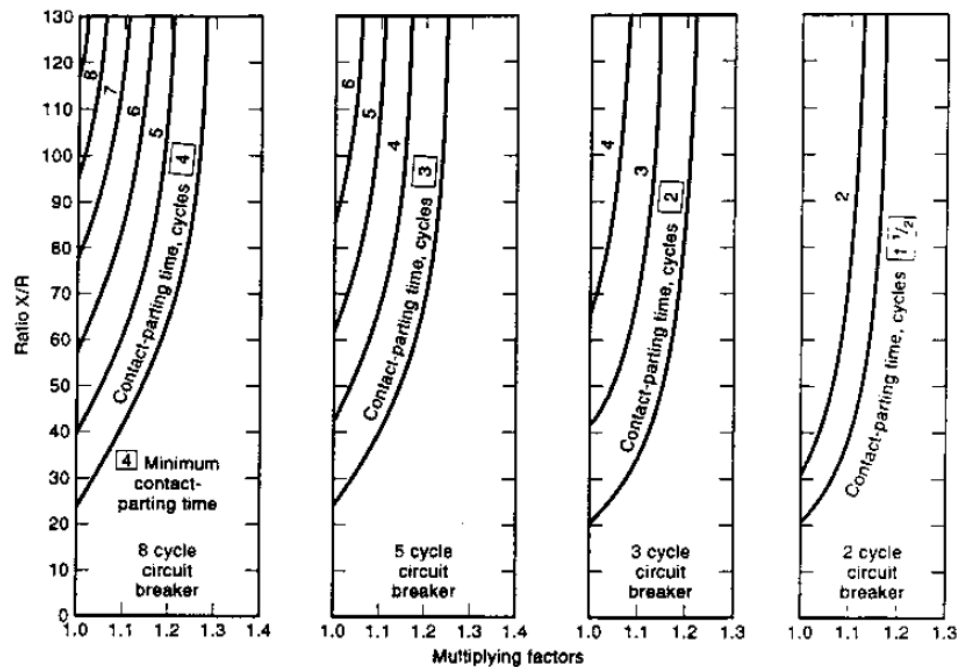
Fallas Alimentadas por fuentes Locales

Se corta la curva n_{acd} en $(I_{asym}/I_{sym})_{nacd}$ y esta nos va a dar el valor de reduccion



Fallas Alimentadas por fuentes Locales

Con este valor se entra a la grafica y se obtiene el punto de la curva de decremento y se busca E/X en las grafica 7.6.



Caso de aplicación

Selección de interruptores

Interrupidores de alta tensión – Aplicados a generadores

- Criterios

- Ambientales

- Deben de tener unos límites: que son cuando operan sobre las condiciones de los estándares, el sonido del pico instantáneo del mismo debe ser menor a 140 decibeles .
 - Tener en cuenta los campos magnéticos inducido por las corrientes circulando constantemente

- Tensión máxima nominal de un interruptor aplicado a un generador

- Es el la tensión mas alta para el cual el interruptor esta designado
 - Es el límite mas alto para su operación
 - Esta tensión debe ser 1.05 veces la tensión de operación del generador

- Requerimientos

- Tienen cierto límites y característica de operación que están basado en algunas condiciones que se debe tener en cuenta
 - La tensión máxima pico
 - La frecuencia
 - La corriente continua
 - El ciclo continuo
 - El tiempo de cierre del interrupción
 - Corriente de corto circuito

Interrupidores de alta tensión – Aplicados a generadores

- Criterios

- Ambientales

- Deben de tener unos límites: que son cuando operan sobre las condiciones de los estándares, el sonido del pico instantáneo del mismo debe ser menor a 140 decibeles .
 - Tener en cuenta los campos magnéticos inducido por las corrientes circulando constantemente

- Tensión máxima nominal de un interruptor aplicado a un generador

- Es el la tensión mas alta para el cual el interruptor esta designado
 - Es el límite mas alto para su operación
 - Esta tensión debe ser 1.05 veces la tensión de operación del generador

- Requerimientos

- Tienen cierto límites y característica de operación que están basado en algunas condiciones que se debe tener en cuenta
 - La tensión máxima pico
 - La frecuencia
 - La corriente continua
 - El ciclo continuo
 - El tiempo de cierre del interrupción
 - Corriente de corto circuito

Interrupidores de alta tensión – Aplicados a generadores

- Corriente continua del interruptor
 - Limites designado
 - Corrientes RMS. Estas corrientes a la hora de ser utilizada continuamente no debe violar ninguna de las limitaciones asignada
 - Valores típico. 6.3, 8, 10, 12, 16, 20kA y así sucesivamente, hay unos valores estipulados para estas corrientes continua para que se puedan evaluar a la hora de seleccionar un interruptor
- Interruptores diseñado para estar en confinamiento
 - Deben tener una ventilación adicional
 - Debe estar a una temperatura menor de 40°C

Interruptores de alta tensión – Aplicados a generadores

- Tiempo de reacción de los interruptores
 - Se conoce como el intervalo máximo admisible
 - Los interruptores equipados con resistencias, el tiempo de acción del interruptor puede ser un poco mas largo
 - El tiempo de cierre automático del interruptor. Es el intervalo entre la energización del circuito comparado con la presión del fluido, el mecanismo y el cierre definitivo del circuito

Interruptores de alta tensión – Aplicados a generadores

- Criterio necesario con los cuales deben cumplir

A la hora que se presente un corto circuito

- Cierre para cualquier tipo de frecuencia
- Soportar la corriente de corto circuito por un tiempo igual o superior a 0.25s
- Seleccionado para soportar la corriente de corto circuito durante ese tiempo

Cálculo del interruptor de servicio

La adecuación del circuito interruptor del servicio viene dada por:

MF x E/X(E/Z) (red de interrupción)

Estimación del breaker de interrupción en kA.



Cálculo del interruptor de servicio

Los interruptores de alta tensión están estimados a:

1,6k veces la
corriente nominal
de cortocircuito



En RMS (Asimétrica)



2.7k veces la
corriente de
cortocircuito



En valor pico.

Cálculo del interruptor de servicio

El factor de multiplicación pico basado en X/R está dado por:

$$\sqrt{2} \left(1.0 + \sin \phi e^{-(\phi + 1.5708)(R/X)} \right)$$

ϕ : $\text{atan}(X/R)$ en el punto de falla



Cálculo del interruptor de servicio

Luego la adecuación del interruptor de la red del primer ciclo o su capacidad de cierre y retención está dada por:

MF pico x E/X(E/Z) red del primer ciclo
Capacidad de cierre y retención del interruptor en kA pico (asimétrica).



Cálculo del interruptor de servicio

Según

ANSI/IEEE C37.010

Método de calculo de E/X con ajustes AC y DC

Se puede aplicar siempre que:

$X/R \leq 45$, Con 60 Hz

Es decir:

$T_a < 120$ ms, en DC



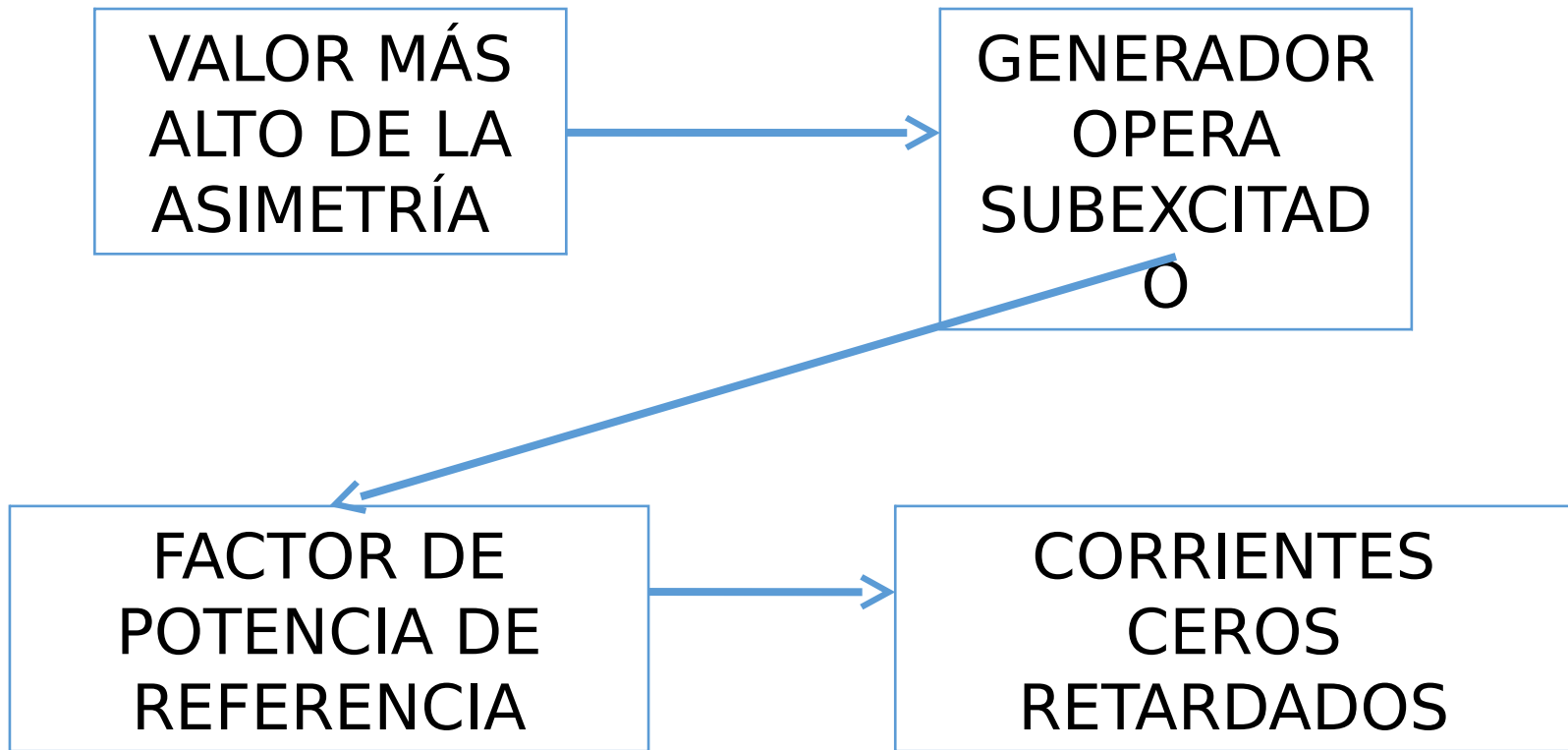
Cálculo del interruptor de servicio

El proceso o la ventana de interrupción puede verse afectado debido a un retraso de la corriente cero, la cual puede faltar para un numero de ciclos.



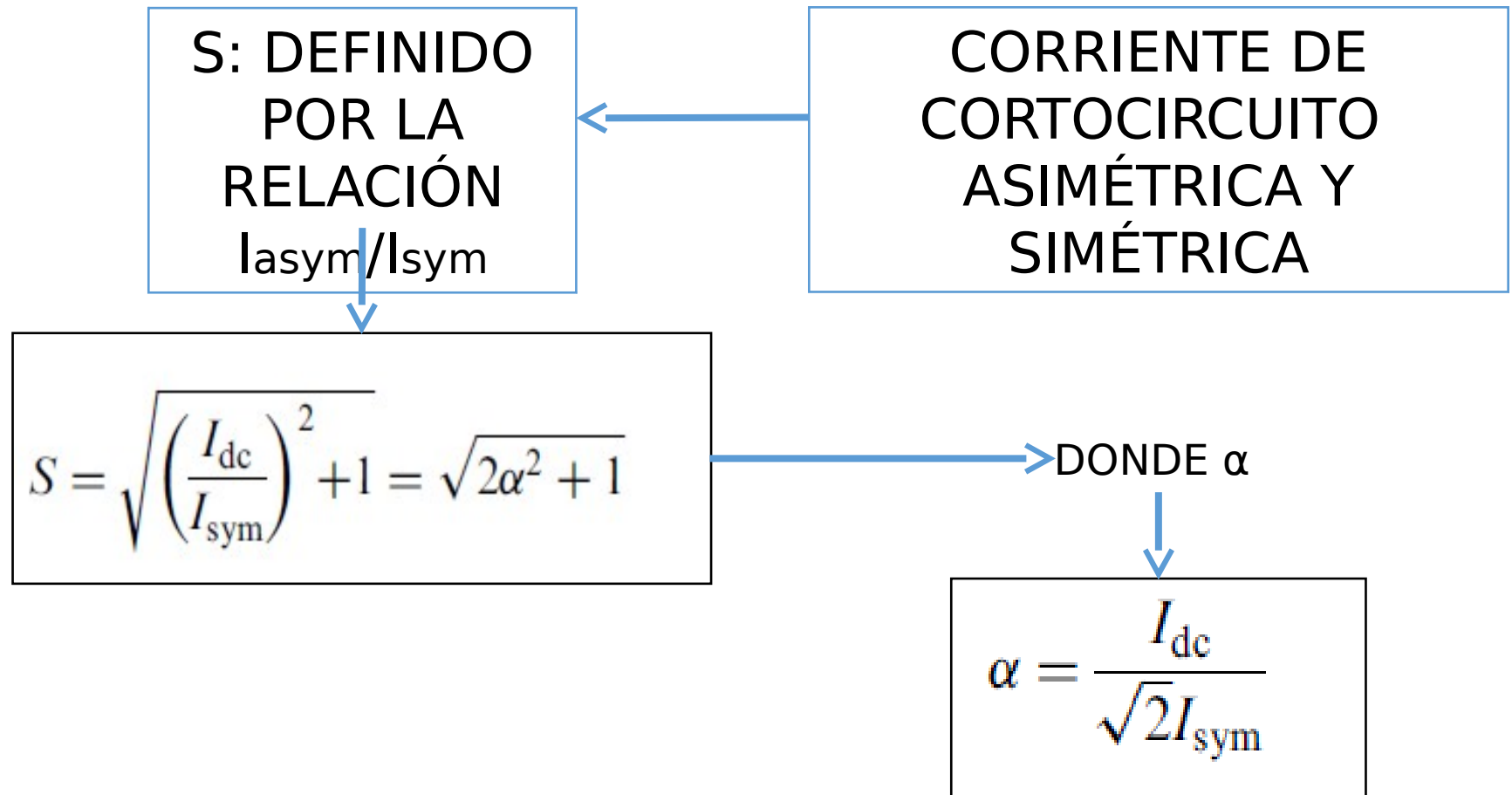
Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R



Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R



Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R

RELACIONES X/R ALTAS

COMPONENTE DC
>> TIEMPO DE APERTURA
DE LOS CONTACTOS

CORRIENTE SIMÉTRICA NO
EXCEDA DE LA CC NOMINAL

SIMETRÍA NO SUPERE EL 100%

CC NO SEA SUPERIOR A
LA CAPACIDAD DE
INTERRUPCIÓN
ASIMÉTRICA

Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R

EL GRADO
DE
ASIMETRÍA

RELACIÓN X/R

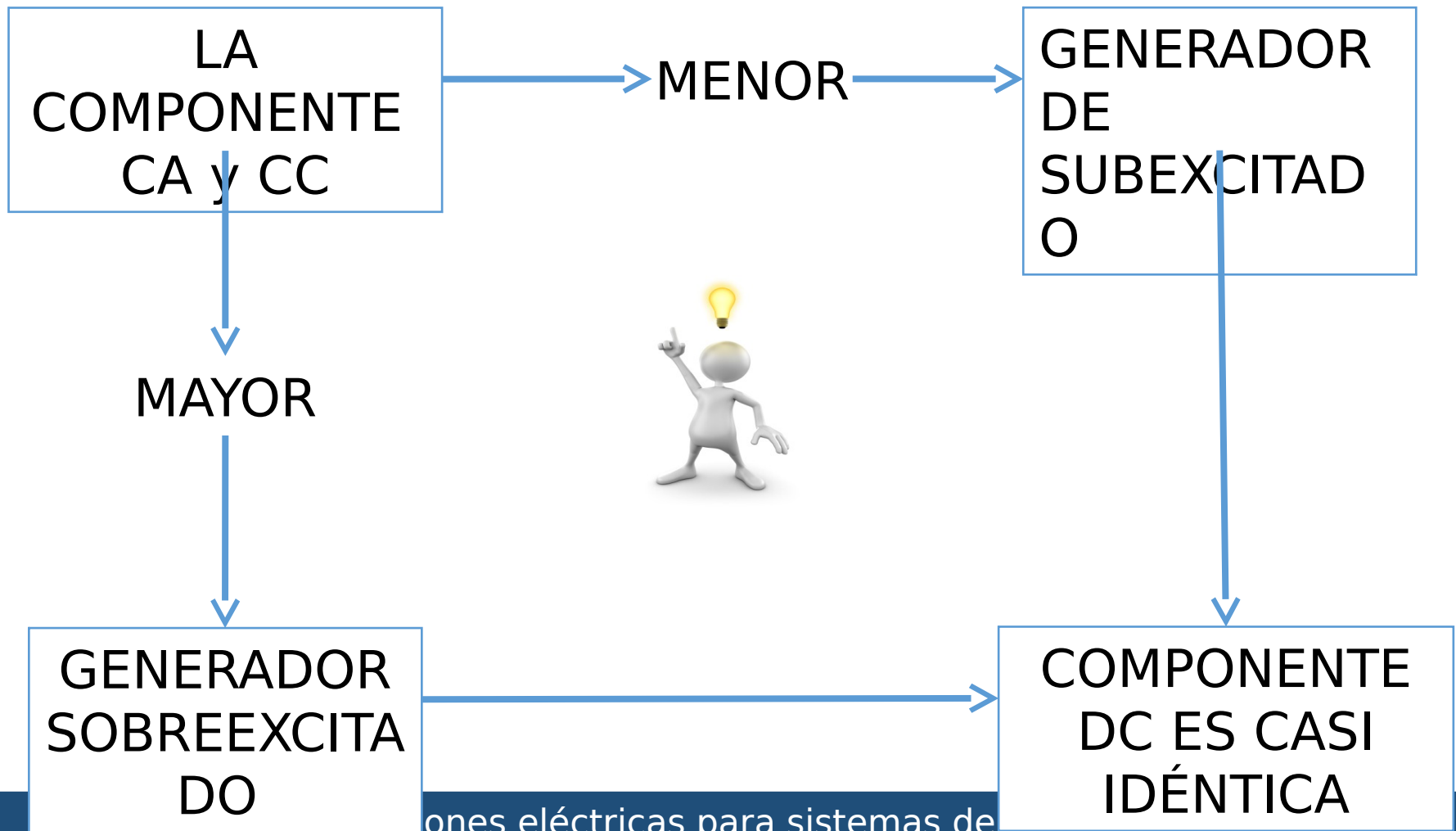
CARACTERÍSTICAS
DEL GENERADOR

CONSTANTES DE
TIEMPO Y LA
COMPONENTE
SUBTRANSITORIA

CONDICIONES
INICIALES DE
CARGA

Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R



Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R

INTERRUPCIÓN DE
CORRIENTE ALTERNA SIN
CORRIENTE CERO



INTERRUPCIÓN DE
CORRIENTE CONTINUA



INTERRUPTORES DE ALTA
TENSIÓN TIENEN
CAPACIDADES MUY
LIMITADAS PARA
INTERRUMPIR LA CD



Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R

INTERRUPTORES DE GENERADOR

CORRIENTES DE
ALTA ASIMETRÍA

DISPOSITIVOS DE CONTROL
ARCO, ROTACIÓN DE ARCO

RESISTENCIA DE ARCO
PARA FORZAR LA
CORRIENTE CERO



Cálculo del interruptor de servicio

Alto valor de X/R

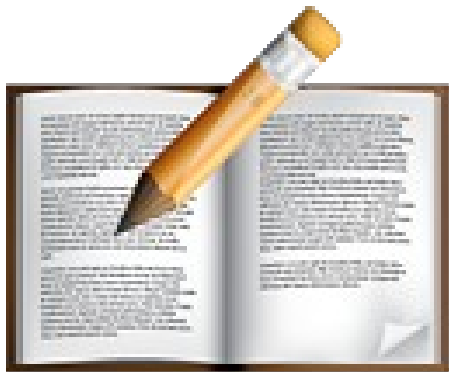
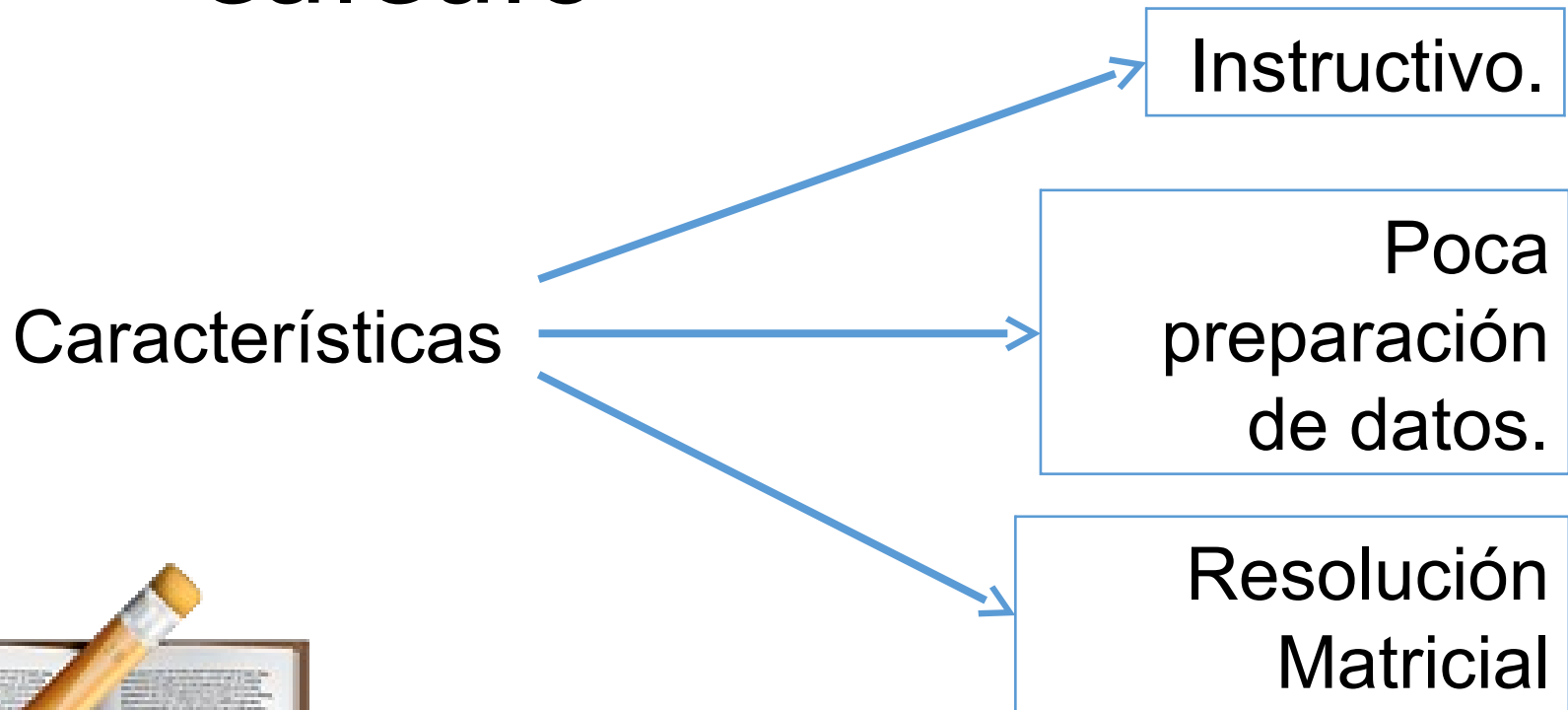
GRANDES GENERADORES
Y TRANSFORMADORES
ESTÁN PROTEGIDOS

```
graph TD; A[GRANDES GENERADORES Y TRANSFORMADORES ESTÁN PROTEGIDOS] --> B[ANALÍTICAMENTE CALCULADA Y VARÍA CON LAS CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR]; B --> C[CUIDADOSAMENTE SELECCIONADOS Y APLICADOS];
```

ANALÍTICAMENTE
CALCULADA Y VARÍA CON
LAS CARACTERÍSTICAS DEL
GENERADOR

CUIDADOSAMENTE
SELECCIONADOS Y
APLICADOS

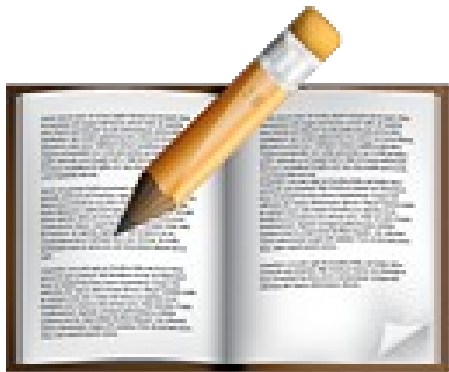
Cálculo del interruptor de ~~servicio~~ mantenimiento de cálculo



Cálculo del interruptor de ~~servicio~~ mantenimiento de cálculo

Características →

Los algoritmos de cálculo aplican factores de multiplicación de impedancias ya que dependen del tipo de fuente de cortocircuito.



Cálculo del interruptor de servicio de cálculo

Descripción de resultados:

Los
resultados
Incluyen:

Impedancia Compleja.

Relación X/R.

Magnitud y Ángulos de Fase.

Cálculo del interruptor de servicio de cálculo

Descripción de resultados:

Los
resultados
Incluyen:

Componentes remotas y locales
de las corrientes.

Tensiones de Falla.

Relación de NACD.

Cálculo del interruptor de servicio de cálculo

Interrupción de servicios.

Factores de multiplicación asimétricos.

Datos de entrada de los dispositivos de conmutación.

Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO EMPIRICO DE CÁLCULO ANSI

- Esto se puede resumir en los siguientes pasos:

- 1) Se requiere un diagrama de una sola línea del sistema que se estudiará.

Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO EMPIRICO DE CÁLCULO ANSI

- Esto se puede resumir en los siguientes pasos:

2) Se aplican los factores de multiplicación de impedancia apropiados en función del tipo de cálculo.

Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO EMPIRICO DE CÁLCULO ANSI

- Esto se puede resumir en los siguientes pasos:

3) Se construye el punto de falla de la impedancia de una red de secuencia positiva, dependiendo de la ubicación de la falla.

Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO EMPIRICO DE CÁLCULO ANSI

- Esto se puede resumir en los siguientes pasos:

4) Se calcula E/Z complejo, reduciendo el punto de falla en la red de secuencia positiva a una sola impedancia.

Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO EMPIRICO DE CÁLCULO ANSI

- Esto se puede resumir en los siguientes pasos:

5) Si hay muchas fuentes en la red, se requiere que se calcule NACD.

Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO EMPIRICO DE CÁLCULO ANSI

- Esto se puede resumir en los siguientes pasos:

6) Se utilizan los cálculos de las corrientes ajustadas para comparar con las especificaciones de cortocircuito del equipo existente o para selección de nuevos equipos.

Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO DE CÁLCULO

Las corrientes de las diversas fuentes se pueden sumar vectorialmente en el punto de falla.



Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO DE CÁLCULO

No se requiere factores de multiplicación de preimpedancia ni de postmultiplicación de servicio.



Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

PROCEDIMIENTO ANALÍTICO DE CÁLCULO

Las constantes de tiempo asociadas con la caída de las componentes AC y DC, son requeridas.



Cálculo del interruptor de servicio

Procedimiento de cálculo

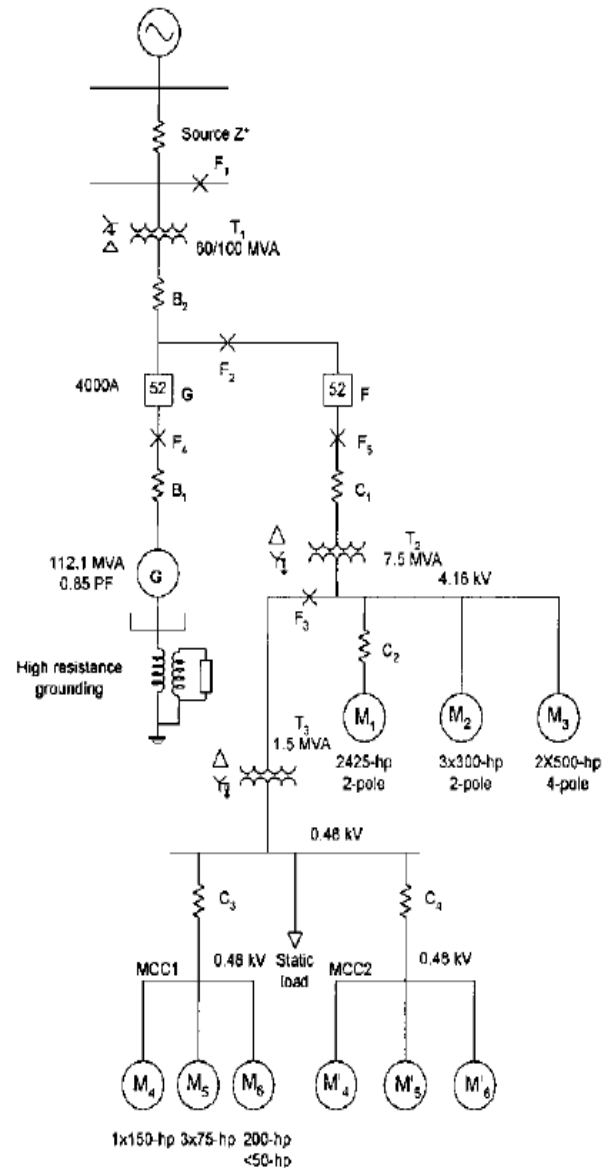
PROCEDIMIENTO ANALÍTICO DE CÁLCULO

El teorema de superposición se aplica y las corrientes totales se pueden calcular para funciones del interruptor de servicio.



Caso de aplicación

Ejemplo de Cortocircuito por ANSI



Cálculo para los Puntos F1, F2 y F3

- T1: 60/100MVA, 138-13.8kV
 - T2: 7.5 MVA, 13.8-4.16kV y
 - T3: 1.5 MVA, 4.16-0.48kV.
- Es requerido calcular las fallas para los siguientes casos:
- Falla momentánea:
 - ✓ **F1(138kV)**
 - ✓ **F2(13.8kV) y**
 - ✓ **F3(4.16kV)**

Datos y Cálculo de la Impedancia Efectiva

Description of equipment	Per unit resistance on a 100-MVA base	Per unit reactance on a 100-MVA base
Utility's 138-kV source, three-phase fault level = 4556 MVA, X/R ratio = 13.4	0.00163	0.02195
112.1-MVA generator, saturated subtransient = 16.4% data in Table 6.1	0.001133	0.14630
Transformer T1, 60/100 MVA, $Z = 7.74\%$, $X/R = 32$	0.00404	0.12894
Transformer T2, 7.5 MVA, $Z = 6.75\%$, $X/R = 14.1$	0.06349	0.89776
Transformer T3, 1.5 MVA, $Z = 5.75\%$, $X/R = 5.9\%$	0.63909	3.77968
13.8-kV cable C1, 2-1/C per phase, 1000 KCMIL, in steel conduit, 80ft	0.00038	0.00101
4.16-kV cable C2, 1-1/C per phase, 500 KCMIL, in steel conduit, 400ft	0.06800	0.10393
0.48-kV cables C3 and C4, 3-1/C per phase, 750 KCMIL, in steel conduit, 150ft	0.46132	0.85993
M1, 2425-hp, 2-pole induction motor	0.23485	7.6517
M2, 300-hp, 2-pole induction motors, 3 each	1.2997	19.532
M3, 500-hp, 2-pole induction motors, 2 each	0.90995	17.578
M4 and M4', 150-hp, 4-pole induction motor	11.714	117.19
M5 and M5', 75-hp, 4-pole, induction motor, 3 each	10.362	74.222
M6 and M6', 200-hp induction motors, lumped, < 50 hp	20.355	83.458
B1, 5-kA bus duct, phase-segrated, 40ft	0.00005	0.00004
B2, 5-kA bus duct, phase-segrated, 80ft	0.00011	0.00008

Tabla tomada del libro: Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics

La Resistencia Efectiva del Generador se calcula de la siguiente manera:

Fórmula tomada del libro: Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics

Factores de Multiplicación para Generadores y Motores

Type of rotating machine	Positive sequence reactance for calculating	
	Interrupting duty (per unit)	Closing and latching duty (per unit)
All turbogenerators, all hydrogenerators with amortisseur windings, and all condensers	$1.0X_d''$	$1.0X_d''$
Hydrogenerators without amortisseur windings	$0.75X_d'$	$0.75X_d'$
All synchronous motors	$1.5X_d''$	$1.0X_d''$
Induction motors		
Above 1000 hp at 1800 r/min or less	$1.5X_d''$	$1.0X_d''$
Above 250 hp at 3600 r/min	$1.5X_d''$	$1.0X_d''$
From 50 to 1000 hp at 1800 r/min or less	$3.0X_d''$	$1.2X_d''$
From 50 to 250 hp at 3600 r/min	$3.0X_d''$	$1.2X_d''$
Neglect all three-phase induction motors below 50 hp and all single-phase motors.		
Multivoltage level calculations including low-voltage systems		
Induction motors of above 50 hp	$3.0X_d''$	$1.2X_d''$
Induction motors below 50 hp	∞	$1.67X_d''$

X_d'' of synchronous rotating machines is the rated voltage (saturated) direct-axis subtransient reactance.

X_d' of synchronous rotating machines is rated-voltage (saturated) direct-axis transient reactance.

X_d'' of induction motors equals 1.00 divided by per unit locked rotor current at rated voltage.

Source: Refs. 3 and 4. Copyright 1993, 1999 IEEE. All rights reserved. Reproduced with permission.

Motor ID	Quantity	Interrupting duty MF	First-cycle MF	Interrupting duty Z per unit, 100-MVA base	First-cycle Z, per unit 100-MVA base
M1	1	1.5	1.0	$0.352 + j11.477$	$0.2348 + j7.6517$
M2	3	1.5	1.0	$1.949 + j29.298$	$1.2997 + j19.532$
M3	2	3.0	1.2	$2.7298 + j52.734$	$1.0919 + j21.094$
M4, M4'	1	3.0	1.2	$35.142 + j140.628$	$14.057 + j140.628$
M5, M5'	3	3.0	1.2	$31.086 + j89.066$	$12.2134 + j89.066$
M6, M6'	Group < 50 hp	∞	1.67	∞	$33.99 + j139.380$

Tablas tomadas del libro: Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics

Gráficas nacd vs relación x/r

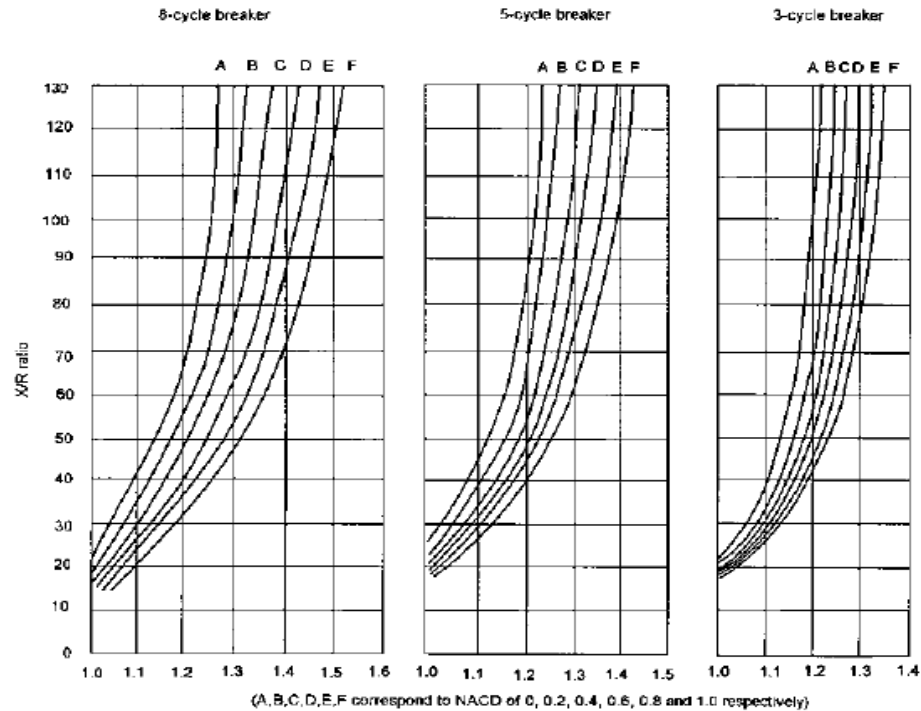
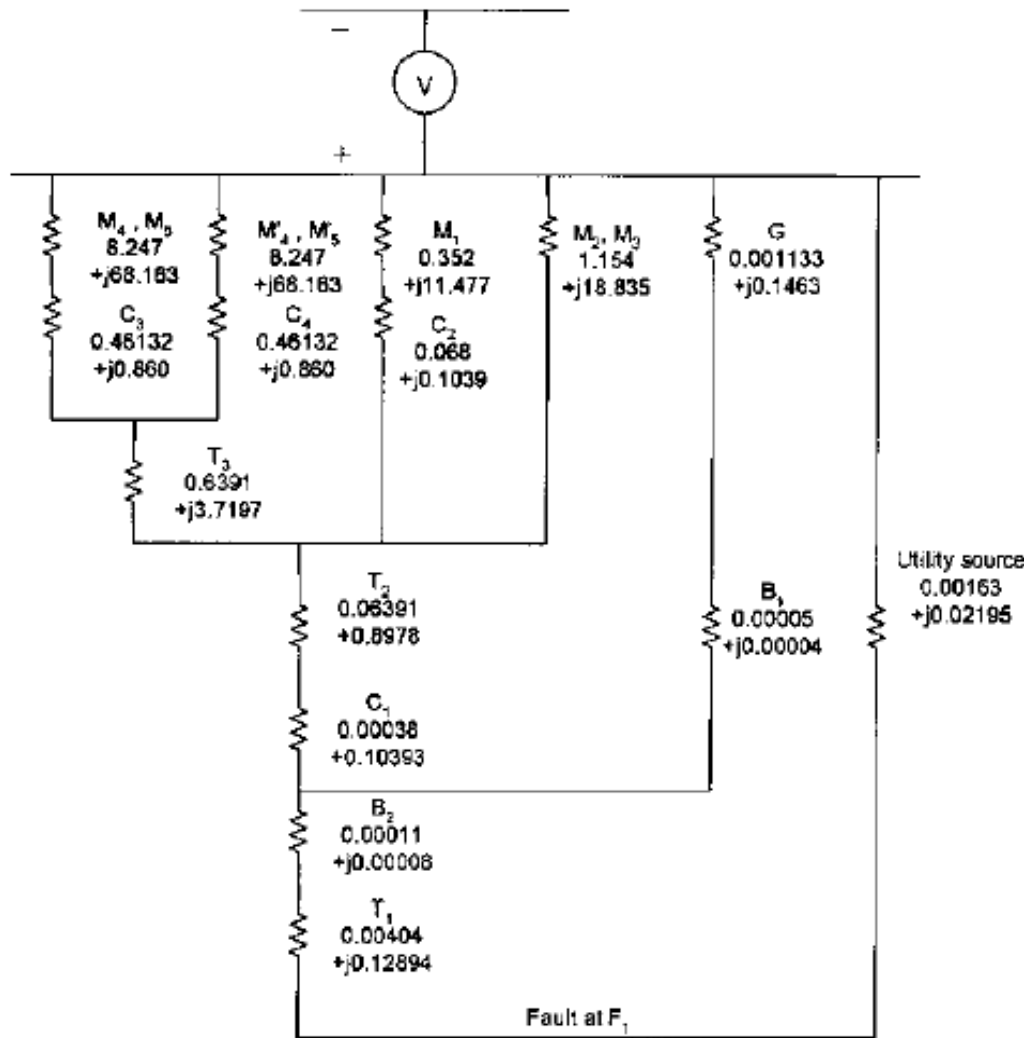


Figure 7-11 Multiplying factors for E/X amperes, three-phase faults, for various NACD ratios and breaker interrupting times. (From Ref. 6.)

Gráfica tomada del libro: Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics

Red del Sistema para Falla en F1



Impedancia vista desde el punto de Falla: $Z = 0.001426 + j0.020318$ por unidad.

Figura tomada del libro: **Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics**

Cálculo para la Red de Primer Ciclo

La red de primer ciclo será similar a la mostrada, excepto que las impedancias del motor cambiarían. Esto da una $Z = 0.001426 + j0.020309$; $X/R = 16.27$ y la corriente simétrica del primer ciclo es de 20.55kA La corriente pico asimétrica se calcula a partir de la Ec. (7.5) y es igual a 51.66kA.

$$\sqrt{2}(1.0 + \sin \phi e^{-(\phi+1.5708)(R/X)}) \quad (7.5)$$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

Efecto de los Motores

- El efecto de las cargas, en este caso es pequeño.
- Si se eliminan las cargas de motor y los cálculos repetidos, las corrientes de primer ciclo y de interrupción serían iguales.
- Aportes en Motores Síncronos y de Inducción pueden ser ignorados.
- Las contribuciones de los motores aumentan la corriente de medio ciclo más que la corriente de interrupción en el tiempo de despeje de contacto.



Puntos de Falla F2 y F3

- Corrientes de Cortocircuito en F2 y F3

Las corrientes de cortocircuito en F2 y F3 se calculan de manera similar. Los cálculos para el interruptor en la falla F2 son:

$$Z = 0.001708 + j0.07359, X/R = 75.26, E/Z = 56.836\text{kA} < 88.678^\circ$$

- Contribución a distancia (a través del transformador T1 y la impedancia del bus B2) = 27.69kA.
- Contribución local del generador a través del Bus B1 = 28.59kA.

Por lo tanto $\frac{27.69}{28.59} = 0.487$;
ponderados por el factor = 1.272.

Figuras tomadas del libro: Power System Analysis Short Circuit
Load Flow and Harmonics

Cálculos de Primer Ciclo y de Interrupción

Table 7-5 Example 7.1: First-Cycle Duty Calculations; Faults at F1, F2, and F3

Fault location	Fault point complex Z	Fault current (kA sym. rms)	X/R	Asymmetrical multiplying factor (rms)	Asymmetrical multiplying factor (peak)	Asymmetrical current (kA rms)	Asymmetrical current (kA peak)
F1	$0.001426 + j0.020309$	20.550	16.27	1.487	2.514	31.56	51.66
F2	$0.001725 + j0.073150$	57.177	74.89	1.685	2.768	96.34	158.27
F3	$0.051672 + j0.771249$	17.955	15.94	1.532	2.575	27.52	46.23

Table 7-6 Example 7.1: Interrupting Duty Calculations; Faults at F1, F2, and F3

Fault location	Fault point Z from complex network reduction	Fault current (kA sym.)	X/R	NACD	Weighted MF	Interrupting duty current, 5-cycle sym. rated breaker
F1	$0.001426 + j0.020318$	20.540	16.28	0.925	1.00	20.54
F2	$0.001708 + j0.073590$	56.836	75.26	0.487	1.272	72.30
F3	$0.055477 + j0.846903$	16.352	15.91	0.786	1.00	16.35

La impedancia en el punto de falla F2, la contribución del generador solo es:

$$Z=0.001183 + j0.14634 \text{ pu.}$$

$I_f=28.588\text{kA}$ simétrica a $< -89.543^\circ$ para cálculos de interrupción o de primer ciclo.

El generador aporta directamente a la falla. Las curvas para los decrementos de AC y DC son utilizadas. Considerando un interruptor de cinco ciclos, el contacto de despeje es de tres ciclos, con punto de falla $X/R = 123$, lo que da un factor de multiplicación de 1.234. El disyuntor requerido para la interrupción es de $= 28.588 \times 1.234 = 35.28\text{kA}$ simétrico.

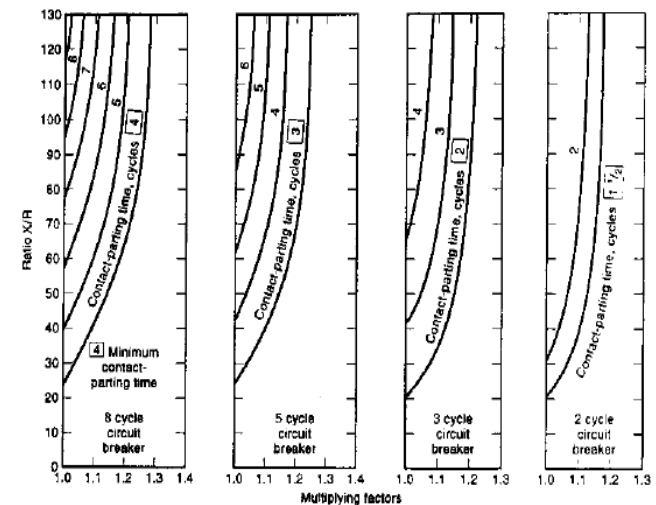


Figure 7-6 Three-phase faults, E/X multiplying factors, ac and dc decrement (local sources). (From Ref. 3. Copyright 1999 IEEE. All rights reserved. Reproduced with permission.)

Gráfica tomada del libro: Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics

Cálculos para la Capacidad de Primer Ciclo

- La contribución del generador permanece inalterada.
- $I_{f1ciclo} = 28.588 \text{ kA rms}$;
- $I_{f_{asym}} = 48.60 \text{ kA}$.
- El factor $M_{f_{asym}} = 1.70$ que es mayor al MF estándar de 1.6 según ANSI/IEEE.
- El factor calculado es el utilizado para el interruptor.
- Dicho factor es 2.789 (Ec. 7.5), lo cual da una $I_f = 79.73 \text{ kA}$ pico como capacidad de primer ciclo.

Falla en F2

El cálculo debe tener en cuenta la reducción de la corriente de cortocircuito en el tiempo de despeje de contacto. La corriente simétrica en el tiempo de despeje (tres ciclos de tiempo de despeje). Cuando una reactancia es añadida al circuito del generador la componente subtransitoria de la corriente está dada por:

$$i_d'' = \frac{e''}{X_d'' + X_e} \quad (7.13)$$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

Donde X_e es la reactancia externa. Las constantes de tiempo también cambian, es decir, la constante de cortocircuito en tiempo transitorio se convierte en:

$$T_d' = T_{do}' \frac{X_d' + X_e}{X_d + X_e} \quad (7.14)$$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

Tiempo y Corriente Subtransitoria

- Los cálculos utilizan los datos del generador.
- De la Tabla de reactancias, el bus B1 es 0.00004 por unidad. Su efecto sobre la constante de tiempo subtransitorio es:

$$T_d'' = T_{do}'' \frac{X_d'' + X_e}{X_d' + X_e} = (0.22) \left(\frac{0.193 + 0.00004}{0.278 + 0.00004} \right) = 0.015$$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

- La constante de tiempo transitorio queda prácticamente sin cambios (0.597 segundos).
- El generador es considerado sin carga y con excitación constante. La corriente subtransitoria es:

$$i_d'' = \frac{E''}{X_d'' + X_e} = \frac{1}{0.14630 + 0.00004} \text{ pu} = 28.59 \text{ kA}$$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

Las componentes transitorias y de estado estacionario de las corrientes son 20.17 y 2.15kA, respectivamente. La siguiente ecuación puede ser escrita para la corriente simétrica en kA: $i_{ac} = 6.44e^{-t/0.015} + 18.02e^{-t/0.597} + 2.15$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

- La corriente simétrica de despeje es = 18.95kA.
- Comparando los resultados de los dos cálculos, se observa una amplia divergencia, 18.95kA simétricos. Por cálculo analítico 28.588kA (sin tomar en cuenta la asimetría) por métodos ANSI.

Ejemplo de Cortocircuito por ANSI

La descomposición de la componente de corriente continua está dada por

$$i_{dc} = \sqrt{2}i_d'' e^{-t/T_a} = 40.43 e^{-t/T_a}$$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

El efecto de la resistencia externa T_a debe ser considerado de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$T_a = X_d'' / [2\pi f(r + R_c)] \quad (7.11)$$

**Fórmula tomada del libro: Power
System Analysis Short Circuit Load
Flow and Harmonics**

Ejemplo de Cortocircuito por ANSI

La Tabla 6-1 muestra una constante de tiempo de armadura de 0.33seg; teniendo de B1 una resistencia de 0.00005 por unidad, la constante de tiempo se reduce aproximadamente 0.32seg. En el tiempo de despeje de contacto, la componente de corriente continua ha decaído a 34.58kA. El factor α de tiempo de despeje asimétrico

Asymmetrical ac current at contact parting time = $\sqrt{2}(18.95) = 26.80 \text{ kA}$
 Dc current at contact parting = 34.58 kA

**Datos y Tablas tomadas del libro: Power System Analysis
 Short Circuit Load Flow and Harmonics**

Table 6-1 Generator Data

Description	Symbol	Data
<i>Generator</i>		
112.1 MVA, 2-pole, 13.8 kV, 0.85 PF, 95.285 MW, 4690 A, 0.56 SCR, 235 field V, wye connected		
<i>Per unit reactance data, direct axis</i>		
Saturated synchronous	X_{dv}	1.949
Unsaturated synchronous	X_d	1.949
Saturated transient	X'_{dv}	0.207
Unsaturated transient	X'_d	0.278
Saturated subtransient	X''_{dv}	0.164
Unsaturated subtransient	X''_d	0.193
Saturated negative sequence	X_{2v}	0.137
Unsaturated negative sequence	X_{2l}	0.185
Saturated zero sequence	X_{0v}	0.092
Leakage reactance, overexcited	X_{0l}	0.111
Leakage reactance, underexcited	$X_{LM,OXE}$	0.164
	$X_{LM,UEX}$	0.164
<i>Per unit reactance data, quadrature axis</i>		
Saturated synchronous	X_{qv}	1.858
Unsaturated synchronous	X_q	1.858
Unsaturated transient	X'_q	0.434
Saturated subtransient	X''_{qv}	0.140
Unsaturated subtransient	X''_q	0.192
<i>Field time constant data, direct axis</i>		
Open circuit	T'_{d0}	5.615
Three-phase short-circuit transient	T'_{d3}	0.597
Line-to-line short-circuit transient	T'_{d2}	0.927
Line-to-neutral short-circuit transient	T'_{d1}	1.124
Short-circuit subtransient	T''_d	0.015
Open circuit subtransient	T''_{d0}	0.022
<i>Field time constant data quadrature axis</i>		
Open circuit	T'_{q0}	0.451
Three-phase short-circuit transient	T'_q	0.451
Short-circuit subtransient	T''_q	0.015
Open circuit subtransient	T''_{q0}	0.046
<i>Armature dc component time constant data</i>		
Three-phase short-circuit	T_{a3}	0.330
Line-to-line short-circuit	T_{a2}	0.330
Line-to-neutral short-circuit	T_{a1}	0.294

Ejemplo de Cortocircuito por ANSI

- Factor $\alpha = (34.58/26.80) = 1.29$, es decir, la asimetría en el tiempo de despeje del contacto es aproximadamente 129% y la corriente cero no es obtenida.
- La corriente rms asimétrica de paso en el tiempo de despeje del contacto es, por lo tanto:

$$\sqrt{18.95^2 + (34.58)^2} = 39.43 \text{ kA}$$

Fórmula tomada del libro: **Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics**

La relación S para asimétrico a simétrico es $39.43/18.95 = 2.08$. Esto es mucho mayor que el estándar $S = 1.39$ para un interruptor de tres ciclos de un generador con tiempo de despeje para $X/R = 50$.

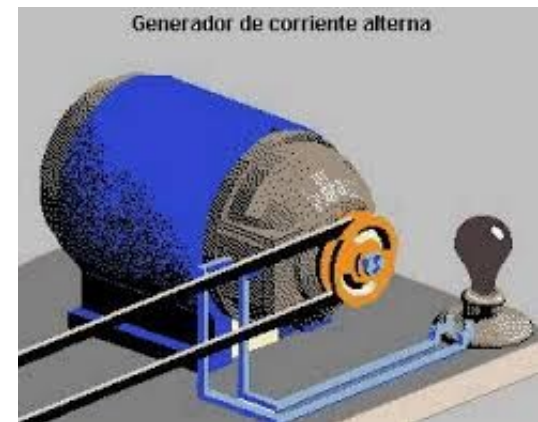
$S = 1.6, 1.54, 1.49, 1.39, 1.32$, or 1.25 for primary arcing contact parting times of 1, 1.5, 2, 3, 4, and 5 cycles, respectively, for an X/R of 50

(7.10)

Figura tomada del libro: **Power System Analysis Short Circuit Load Flow and Harmonics**

Requerimientos Asimétricos de Interrupción

- Para conocer dichos requerimientos del generador se debe tener un rango simétrico de interrupción de $(18.95) (2.08) / 1.39 = 28.36 \text{ kA rms}$.
- Los cálculos son basados en $S = 1.1$. El propósito general del interruptor es tener un rango simétrico de interrupción de $39.11 / 1.1 = 35.84 \text{ kA}$. Ahora, se está mas cerca del resultado previamente calculado de 35.28 kA .



Componentes de la Corriente

- La componente simétrica de la corriente continua se calcula a medio ciclo.
- La componente de la corriente alterna es entonces 33.41kA pico y la componente dc es 39.39kA.
- La corriente asimétrica total a medio ciclo es, por lo tanto, 72.80kA pico.
- Se calculó 79.73kA por métodos empí

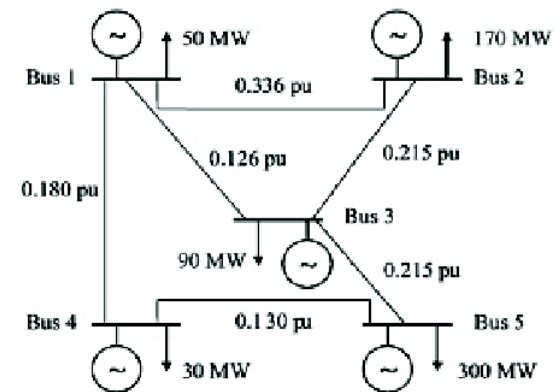


Figura 1. Caso de Estudio. Sistema de 5 barras

Selección de Interruptores del Generador

La selección para el interruptor 52G debería estar basado en los valores de falla en F2, es decir:

- 35.28kA rms para la interrupción y
- 79.73kA pico, para cierre y traba.



*La ciencia puede divertirnos y fascinarnos,
pero es la Ingeniería la que cambia el mundo*

Isaac Asimov

Referencias

- ANSI/IEEE. Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers. Rated on a Symmetrical Current Basis. 1999 (revision of 1979 standard), Standard C37.010.
- ANSI/IEEE. Standard for Low-Voltage AC Power Circuit Breakers in Enclosures, 1997. Standard C37.13.
- IEEE Standard for AC High-Voltage Generator Breakers Rated on Symmetrical Current Basis, 1997. Standard C37-013.
- Short-Circuit Calculations According to ANSI Standards. Marcel Decker 2002

Integrantes

- Ávila Mary
- Marcano Jesus
- Ramos Dinaly
- Cordero William
- Pérez Neila
- Faria Graciela
- Meléndez Pamela
- Sepúlveda Freddy
- Piña Jaliesis
- Arriechi David
- Jaramillo Luis
- Rincón Samuel
- Villalobos Herman
- Sánchez Irwin
- García Andrés
- Gutiérrez Maykel
- Pereira Adrian
- Guerra Yesenia
- Urdaneta Nixon
- Gabriel