

“AÑO DE LA PROMOCIÓN DE LA INDUSTRIA RESPONSABLE Y COMPROMISO CLIMÁTICO”



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

CURSO: MAQUINAS ELECTRICAS III

TITULO DEL TEMA: 2 TRABAJO DOMICILIARIO (ANALISIS DE CORTOCIRCUITO).

PROFESOR: Ing. HUBER MURILLO MANRIQUE

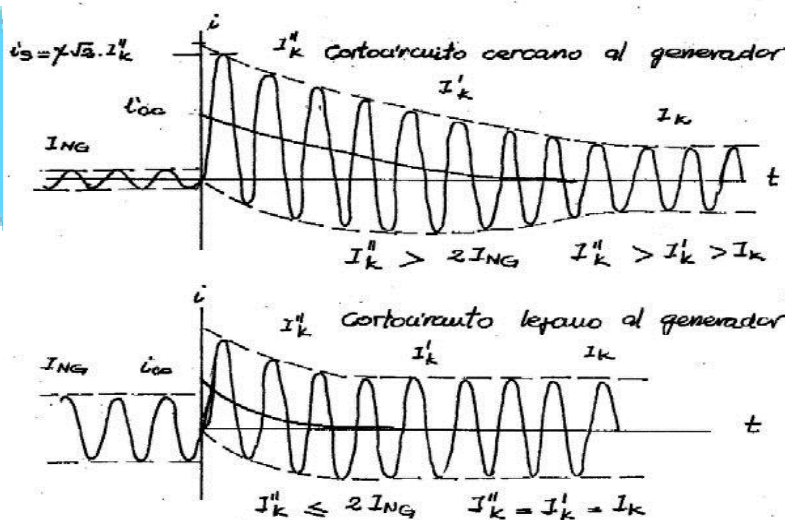
INTEGRANTES

CÓDIGO

- Alejandro Flores Álvarez 1023120103
- Valverde Amador Diego 100658i
- Siclla Luja Antero Junior 100612i
-
-
-

FECHA DE REALIZACION: 01/10/2014 AL 10/10/2014

FECHA DE ENTREGA: 13/10/2014



BELLAVISTA, 13 DE OCTUBRE DE 2014



PRESENTACIÓN

El desarrollo de este Trabajo Domiciliario "ANALISIS DE CORTOCIRCUITO" ,tiene como finalidad concientizar un mejor aprendizaje para el alumno ya que le ayuda a complementar más sus conocimientos y tener un amplio panorama de los que son estos temas, describiremos los tipos de cortocircuitos que se presentan como simétricos y asimétricos, también veremos el comportamiento de los MATAR y MATJA frente a los cortocircuitos, los Bancos de condensadores frente a estos, aprenderemos que normas internacionales se aplican en estos temas, y veremos qué medidas y que protecciones van a salvaguardar los circuitos eléctricos de las fallas de cortocircuito.

Un estudiante universitario debe estar en permanente búsqueda del perfeccionamiento en su formación académica, profesional y social; ser un apasionado por el conocimiento, buscar constantemente la excelencia y su independencia intelectual. El estudiante entonces será el principal responsable de su aprendizaje.

El Trabajo Domiciliario está dirigido en especial a los alumnos de la UNAC y a todas las personas que tienen el deseo de aprender y superarse cada día más nutriéndose de conocimiento, aquí le mostraremos resumidamente los conceptos claros del tema mencionado (ANALISIS DE CORTOCIRCUITO).

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedicamos a todas las generaciones de nuestra facultad de, ingeniería eléctrica y electrónica, que pasaron por los laureles de la misma, en especial por los maestros quienes nos imparten sus conocimientos; que gracias a muchos o pocos de ellos, hoy en día nos forjamos un porvenir verdadero de grandes éxitos, son ellos el pilar fundamental en nuestra formación como profesionales que de aquí a unos pasos lo seremos. Solo esperamos que estas acciones se sigan practicando para nuestro propio bienestar y el de futuras generaciones.



INDICE	PAG
OBJETIVOS.....	4
1.- CORTO CIRCUITOS SIMÉTRICOS Y ASIMÉTRICOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DENTRO DEL SEP. COMPONENTES SIMÉTRICAS SECUENCIAS POSITIVA, NEGATIVA Y CERO.....	5
2.- EL M.S FRENTE A UN CORTO CIRCUITO. MODELO Y OPERACIÓN DINÁMICO....	12
3.- EL MATAR Y MATJA FRENTE A UN CORTO CIRCUITO. MODELO Y OPERACIÓN DINÁMICO.....	13
4.- BANCO DE CONDENSADORES SERIE Y SHUNT FRENTE A UN CORTO CIRCUITO..	14
5.- APLICACIÓN DEL CORTO CIRCUITO (NORMA VDE, IEEE) APLICACIONES.....	16
6.- EL G.S FRENTE A UN CORTO CIRCUITO. MODELO Y OPERACIÓN DINÁMICO....	17
7.- PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS CONTRA LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.....	19
8.- DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS ITM SEGÚN CORRIENTE DE RUPTURA.....	21
9.- CONCLUSION.....	24
10.- RECOMENDACIÓN.....	26
11.- BIBLIOGRAFIA.....	27

OBJETIVOS

- Que el alumno conozca detalladamente los diferentes tipos de fallas que existen en un sistema de potencia. Que aprenda cual es de ellas es la más dañina siendo capaz de observar los fenómenos y problemas que esta causa al sistema.
- Observar cómo se comportan los sistemas antes de la falla y después de esta.
- Conocer los dos diferentes análisis que se le pueden realizar a una falla de sistema, ya sea por norma ANSI o por la norma IEEE.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del estudio de corto circuito es calcular el valor máximo de la corriente y su comportamiento durante el tiempo que permanece el mismo. Esto permite determinar el valor de la corriente que debe interrumpirse y conocer el esfuerzo al que son sometidos los equipos durante el tiempo transcurrido desde que se presenta la falla hasta que se interrumpe la circulación de la corriente.

Cortocircuitos: es la conexión accidental o intencionada, mediante una resistencia o impedancia relativamente baja, de dos o más puntos de un circuito que están normalmente a tensiones diferentes. Un cortocircuito origina aumentos bruscos en las corrientes circulantes en una instalación, pudiendo dañar al equipamiento eléctrico, equipos cercanos a la instalación y hasta personas no adecuadamente protegidas. Algunos de los incidentes más graves en la instalación eléctrica pueden ser representados por cortocircuitos: la caída de un rayo en una línea de transmisión, el incendio de un transformador, la inundación de una sub-estación, etc.



ANALOGÍA ENTRE LAS CORRIENTES DE CARGA Y CORTO CIRCUITO CON EL FLUJO DE AGUA EN UNA PLANTA HIDROELÉCTRICA.

Las corrientes de cortocircuito son muy superiores a las corrientes de carga en condiciones normales de servicio, y producen esfuerzos térmicos y electrodinámicos muy importantes sobre los distintos componentes de las instalaciones, pudiendo provocar daños irreparables sobre los componentes de las instalaciones sino son eliminadas rápidamente.



CORTÓ CIRCUITOS SIMÉTRICOS Y ASIMÉTRICOS MÁXIMOS Y MÍNIMOS DENTRO DEL SEP.

CORTOCIRCUITO

Es la conexión accidental o intencionada, mediante una resistencia o impedancia relativamente baja, de dos o más puntos de un circuito que están normalmente a tensiones diferentes

ORIGENES

- ❖ Por deterioro o perforación del aislamiento: debido a calentamientos excesivos prolongados, ambiente corrosivo o envejecimiento natural.
- ❖ Por problemas mecánicos: rotura de conductores o aisladores por objetos extraños o animales, ramas de árboles en líneas aéreas e impactos en cables subterráneos.
- ❖ Por sobretensiones debido a descargas atmosféricas, maniobras o a defectos.
- ❖ Por factores humanos: falsas maniobras, sustitución inadecuada de materiales, etc.
- ❖ Corriente de magnitud excesivamente grande, que pueden llevar a los equipos a daño o disfunción de su vida útil.
- ❖ Excesivas sobretensiones, de naturaleza transitoria o sostenida, que comprometen la integridad y confiabilidad de varias partes aisladas.
- ❖ Otras causas: vandalismos, incendios, inundaciones, etc.

En general el análisis de un sistema eléctrico de potencia en condiciones de falla requiere de cierta información:

- ✓ Diagrama unifilar del sistema.
- ✓ Diagrama de impedancias (o reactancias).
- ✓ Tipo de falla.
- ✓ Ubicación de la falla.

Ya que sabemos que las corrientes de corto circuito son muy perjudiciales y teniendo conocimiento de las mismas, en los distintos puntos de la instalación, será indispensable para el diseño de los distintos componentes como ser: barras, cables, dispositivos de maniobra y protección, etc.

Para el diseño de una instalación y elegir adecuadamente los dispositivos de protección debemos conocer las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los distintos niveles.

Como también los cortocircuitos simétricos y asimétricos dentro del SEP.

Onda Simétrica.

La corriente de cortocircuito es senoidal por que el voltaje que la origina también lo es; por otro lado, en sistemas de potencia normalmente el valor de la resistencia es despreciable si se le compara con el de la reactancia. El factor de potencia es determinado por la relación que existe entre los valores de reactancia y resistencia (relación X/R) y no por la carga. Por esta razón en la mayoría de los casos la corriente de cortocircuito atrasa en aproximadamente 90° a la onda de voltaje.

Si el momento de falla se presenta en el instante en que la onda de voltaje pasa por su valor máximo, la onda de corriente será simétrica con relación al eje cero.

Por otro lado si la falla se inicia al pasar el voltaje por cero, como las dos ondas no pueden estar en fase, la onda de corriente se desplazará toda teóricamente a un lado del eje cero, llamándosele en este caso corriente asimétrica, (máximo de asimetría). Véase figura 1.

En la mayoría de los casos la iniciación de los cortos circuitos ocurren al pasar la onda de voltaje por cualquiera otro punto de los antes mencionados, con lo que se obtendrá una onda de corriente asimétrica pero no máxima; Es decir se desplazará hacia ambos lados del eje que se van volviendo simétricas gradualmente.

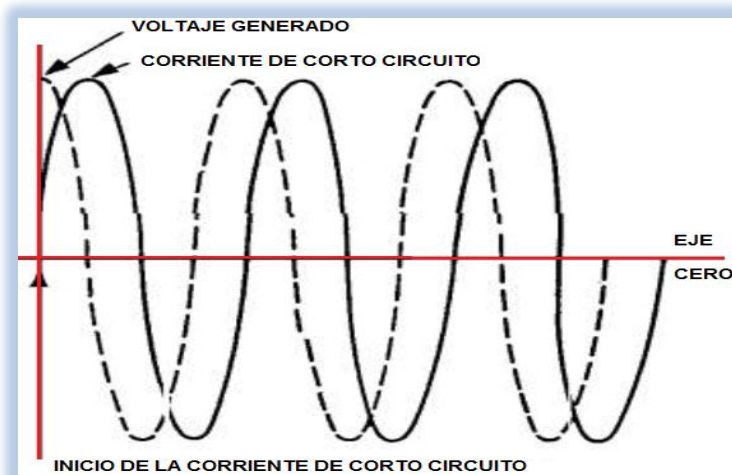


FIGURA 1.-ONDA DE CORRIENTE SIMETRICA

Onda Asimétrica

El estudio de las corrientes asimétricas se facilita, suponiéndolas una combinación de corriente alterna y otra continua, donde la magnitud de esta última es igual al valor de la componente simétrica de corriente alterna en el momento de iniciarse el corto circuito. Véase figura 2.

Debido a que la energía representada por la componente de corriente directa se debe disipar como pérdida IR^2 , en un circuito real, dicha componente tenderá al cero con lo cual la corriente inicial asimétrica de corto circuito se convierte en una corriente simétrica. Véase figura 3.

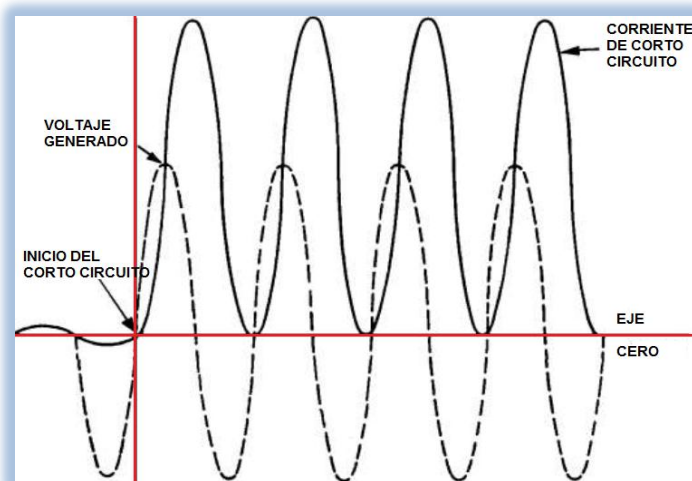


FIGURA 2

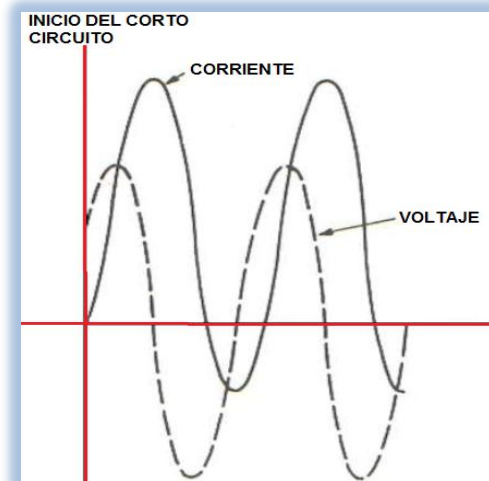


FIGURA 3

ONDAS DE CORRIENTE ASIMETRICA

Corrientes de cortocircuito máximas

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el trifásico.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- ✓ El Poder de Corte y de Cierre de los interruptores.
- ✓ Los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.

Corrientes de cortocircuito mínimas

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son el fase-neutro (circuitos con neutro) o entre dos fases (circuitos sin neutro).

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- ✓ El ajuste de los dispositivos de protección para la protección de los conductores frente a cortocircuito.

Nota:

Las corrientes de cortocircuito fase-tierra, se utilizan para elegir los dispositivos de protección contra los contactos eléctricos indirectos, y para diseñar los conductores de tierra de protección.

Fuentes de Corriente de Cortocircuito

En los grandes sistemas de potencia las fuentes de corriente de cortocircuito son mayoritariamente los generadores sincrónicos conectados a la red, pero existen una cierta cantidad de equipos eléctricos (máquinas giratorias) que en situación de falla pueden entregar, bajo ciertas condiciones y por un período de tiempo determinado, energía a la falla, y que por lo general al nivel de centrales de subtransmisión o transmisión son despreciados. Cuando se determina la magnitud de las corrientes de cortocircuito, es extremadamente importante que todas la fuentes de corriente de cortocircuito y que las impedancia característica de esas fuentes sean conocidas.

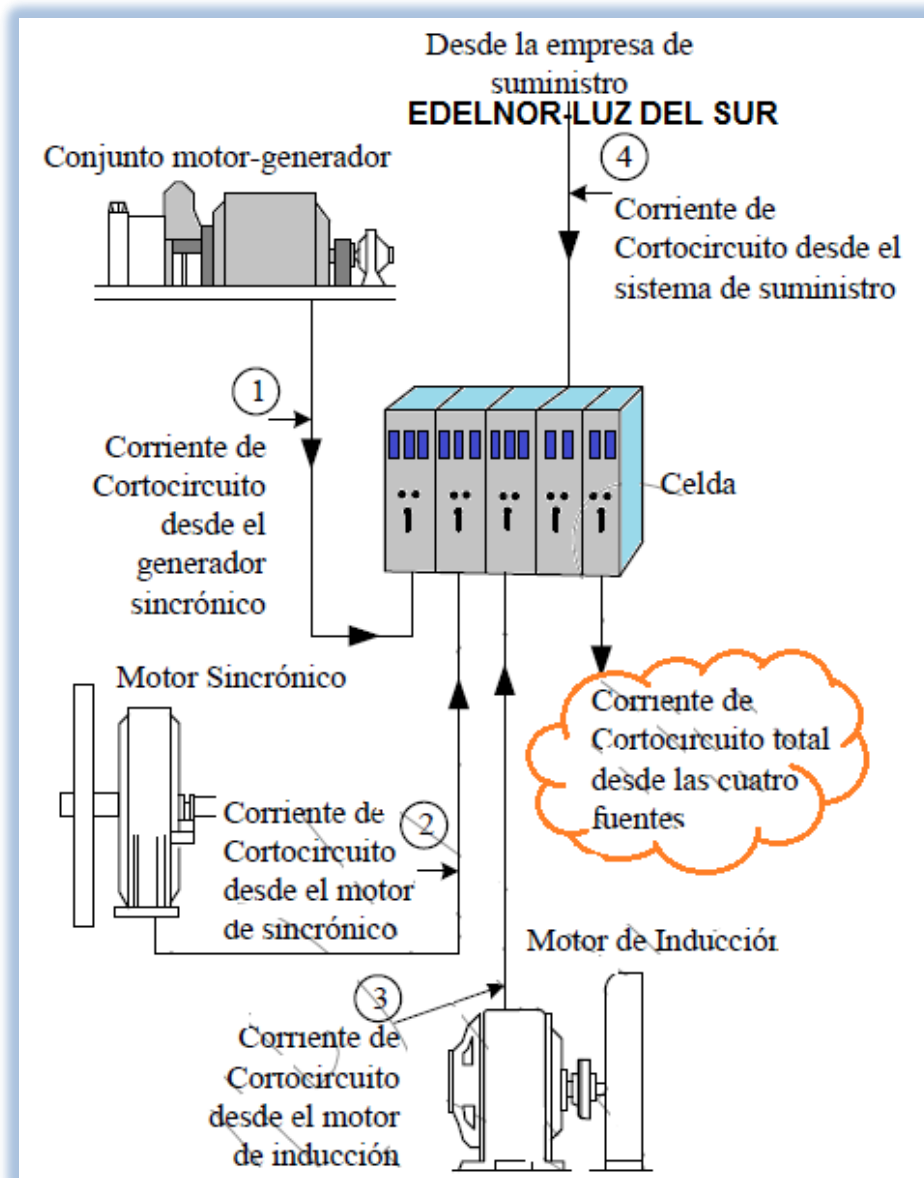


FIGURA 4.- CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO TOTAL, LA SUMA DE LAS CUATRO FUENTES

COMPONENTES SIMÉTRICAS SECUENCIAS POSITIVA, NEGATIVA Y CERO

La componente simétrica de la corriente de falla es la que resulta de restar a la corriente total de falla, la componente continua o transitoria, esta componente simétrica es igual para las tres fases y no depende del instante en que ocurre la falla.

En el momento del cortocircuito el flujo en el entrehierro es mayor que unos pocos ciclos después, la reducción en el flujo se debe a la F.M.M de reacción del inducido, pero es necesario un cierto tiempo para que se produzca esta reducción en el flujo magnético de la máquina (consecuencia directa de la ley de flujo constante) y esta disminución produce una reducción en la corriente (la F.E.M. generada por el flujo en el entrehierro determina la corriente).

El análisis de componentes simétricas es una herramienta matemática importante para calcular las corrientes y tensiones del generador bajo condiciones de desbalance.

Secuencia positiva (X1): Se usan tres valores diferentes de reactancia de secuencia positiva. En el circuito equivalente de secuencia positiva, X''_d es la reactancia subtransitoria, X'_d es la reactancia transitoria y X_d es la reactancia del generador en eje directo. Todos estos valores de eje directo son necesarios para calcular los valores de corriente de corto circuito en diferentes tiempos después de ocurrido un corto circuito. Estos valores son proporcionados por el fabricante.

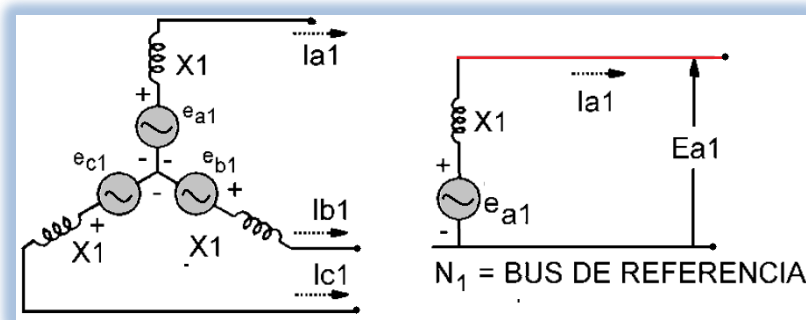


FIGURA 5.- SECUENCIA POSITIVA

Secuencia negativa (X2): El flujo de corriente de secuencia negativa es de rotación de fase opuesta a través de la máquina y aparece como una componente de doble frecuencia en el rotor. El promedio de la reactancia subtransitoria de eje directo bajo los polos y entre los polos da una buena aproximación de la reactancia de secuencia negativa. En una máquina de polos salientes, la secuencia negativa es el promedio de la reactancia subtransitoria de eje directo y eje en cuadratura [$X_2 = (X''_d + X''_q) / 2$], pero en una máquina con rotor cilíndrico, $X_2 = X''_d$.

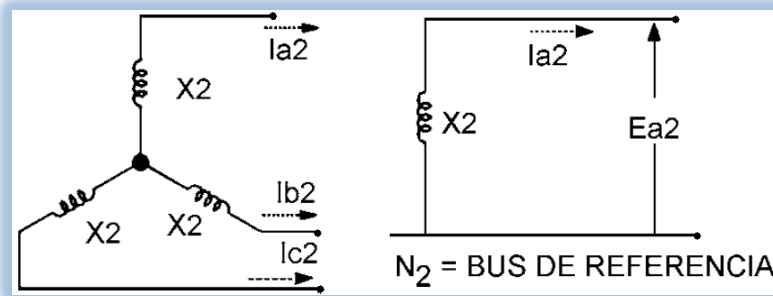


FIGURA 6.- SECUENCIA POSITIVA

Secuencia cero (X0): La reactancia de secuencia cero es menor que los valores de secuencia positiva y negativa. Debido a los altos valores de corriente de falla a tierra disponibles para una máquina sólidamente puesta a tierra, una impedancia (reactancia o resistencia) es casi siempre insertada en la trayectoria de puesta a tierra del neutro, excepto en generadores muy pequeños donde el costo de proporcionar tales puestas a tierra en relación a los costos de la máquina son significativos.

Para calcular fallas o condiciones de generación anormales desbalanceadas, las redes de secuencia positiva, negativa y cero son interconectadas. Para las condiciones de falla más comunes, éstas son conectadas como se muestra en la Tabla 1.

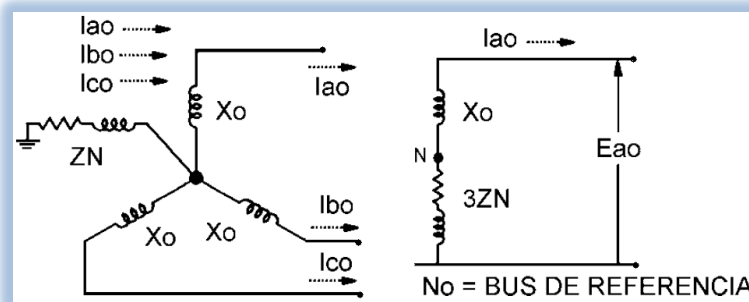
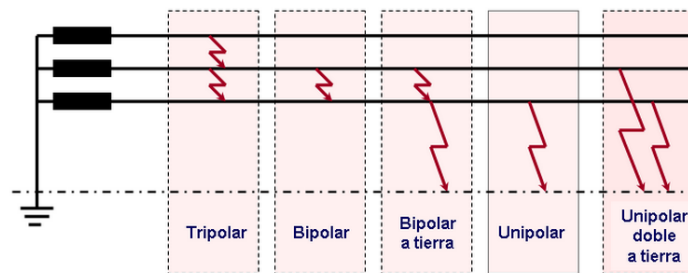


FIGURA 7.- SECUENCIA POSITIVA

TABLA 1

FALLA TRIFASICA	<p>FALLA</p>	$I_a = I_1 = \frac{V_{an}}{Z_1}$
-----------------	---------------------	----------------------------------

<p>FALLA DE FASE A FASE</p>	<p style="text-align: center;">FALLA</p> <p>En la falla: $I_{aF} = 0$ $I_{bF} = -I_{cF}$</p>	$I_1 = -I_2 = \frac{V_{an}}{Z_1 + Z_2}$
<p>FALLA DE UNA FASE A TIERRA</p>	<p style="text-align: center;">FALLA</p> <p>En la falla: $I_{bF} = I_{cF} = 0$</p>	$I_1 = I_2 = I_0 = \frac{V_{an}}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$
<p>FALLA DE DOS FASES A TIERRA</p>	<p style="text-align: center;">FALLA</p> <p>En la falla: $I_{aF} = 0, I_{bF} = I_{cF}$</p>	$I_1 = \frac{V_{an}}{Z_1 + \frac{Z_2 Z_0}{Z_0 + Z_2}}$ $I_2 = -I_1 \frac{Z_0}{Z_2 + Z_0}$ $I_0 = -I_1 \frac{Z_2}{Z_2 + Z_0}$



EL MOTOR SINCRONO FRENTE A UN CORTO CIRCUITO. MODELO Y OPERACIÓN DINÁMICO.

Los motores sincrónicos en operación, en condiciones normales de operación reciben energía eléctrica del sistema y la transforman en energía mecánica que entregan en su eje; pero al ocurrir una falla en sus terminales, su alimentación se suprime bruscamente. Si la máquina posee una alta inercia en su rotor, éste puede continuar girando un tiempo finito después de la falla, si la excitación del devanado rotórico se mantiene durante este período de tiempo, el campo giratorio induce tensiones en los arrollados del estator y el motor pasa por un período de tiempo, hasta que se detenga el rotor o se desconecte la excitación, a entregar energía a la falla. La magnitud de la corriente transitoria que entregue el motor depende de las constantes de tiempo asociados a sus devanados, características eléctricas y mecánicas de la máquina.

El modelo equivalente de un motor sincrónico, bajo estas condiciones es semejante al del generador sincrónico, con la salvedad de que en situación normal de operación la corriente entra al modelo y en el período de tiempo de la falla y bajo las condiciones impuestas, la corriente sale de él.

Los motores sincrónicos, entonces suplen corriente a una falla en la mismas manera que lo hace un generador sincrónico. La caída en el voltaje debido a la falla causa que el motor sincrónico reciba menos potencia del sistema para manejar su carga. La inercia del motor y de su carga actúa como un motor primario, y con la excitación mantenida, el motor actúa como un generador. Esta corriente de falla disminuye cuando el motor se detiene y la excitación de campo decae.

La reactancia variable de un motor sincrónico es descrita con la misma designación que un generador. Aunque los valores numéricos de las tres reactancias X''_d , X'_d , y X_d será frecuentemente diferentes para motores y generadores.

En conclusión el modelamiento del circuito equivalente del motor síncrono por fase es la misma que el generador síncrono, considerando solamente la inversión de la corriente eléctrica.



EL MATAR Y MATJA FRENTE A UN CORTO CIRCUITO. MODELO Y OPERACIÓN DINÁMICO

Cuando un motor de inducción sufre un cortocircuito en sus terminales, este deja de recibir energía del sistema, pero si la máquina posee una gran inercia asociado a sus partes giratorias, una vez que es suprimida la alimentación el rotor puede quedar girando (siempre que la carga lo permita y más aún si colabora con esto). Debido a que el flujo magnético en el rotor no puede variar instantáneamente, un flujo remanente de valor muy pequeño en el rotor inducirá una tensión en el estator, provocando en este una circulación de corriente hacia la falla, durante ese breve transitorio el motor de inducción actúa como un generador. Es importante destacar, que la corriente que provee el motor de inducciones bajo las condiciones descritas es sumamente amortiguada.

El motor de inducción, en las condiciones de falla, puede ser modelado en forma semejante que el motor sincrónico, es decir, una fuente ideal de tensión en serie con una reactancia o bien ser ignorados. La norma ANSI-IEEE, establece que en los sistemas industriales los motores individuales de potencia menor a 50 HP, pueden ser ignorados, debido a que su reactancia es de valor muy elevado y su contribución al cortocircuito es de magnitud despreciable.

La contribución de corriente de falla de un motor de inducción resulta de la acción de generación producida por la inercia manejada por el motor luego antes que la falla ocurra. En contraste al motor sincrónico, el flujo de campo del motor de inducción es producido por la inducción desde el estator como si se tratará de un devanado de corriente continua rotórico. Este flujo decae la remover la fuente de voltaje producto de la falla, y la contribución de un motor de inducción cae con una rápida exponencial que pronto desaparece. En consecuencia, el motor de inducción son solo asignados una reactancia, que es equivalente a la reactancia subtransitoria X''_d de la máquina sincrónica. Este valor será igual a la reactancia de rotor bloqueado, y define la contribución de corriente de falla inicial será igual que la corriente inicial de arranque de la máquina a pleno voltaje. En los motores de inducción pequeños la resistencia puede ser grande lo que causa un significativo decaimiento en su contribución de corriente de falla después que el primer pico de la corriente de falla es alcanzado.

Los motores de rotor devanado normalmente operan con los anillos de su rotor cortocircuitados y contribuirán con corriente de falla de la misma manera que el motor de inducción de rotor de jaula de ardilla. Ocasionalmente, los grandes motores de rotor devanado son operados con resistencias externas mantenidas en el circuito del rotor. Estas dan una constan de tiempo para cortocircuito que es tan baja que su contribución es

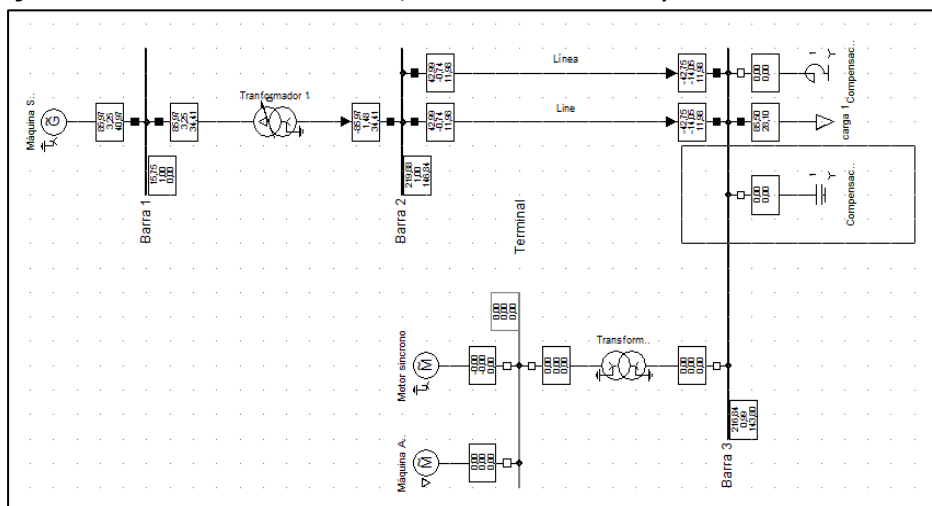
insignificante. Una investigación específica debe ser hecha antes de despreciar la contribución que da un motor de rotor devanado.

Las corrientes de descarga de capacitores, debido a que poseen una constante de tiempo muy pequeña, pueden ser despreciadas en la gran mayoría de los casos. Aunque, existen algunas aplicaciones en las cuales corrientes transitorias muy altas pueden ser desarrolladas cuando un cortocircuito ocurre cerca de una banco de capacitores energizados. Estas corrientes, generalmente son de muy alta frecuencia que la frecuencia normal de operación, pudiendo exceder en magnitud la corriente de cortocircuito de frecuencia industrial y persistir un largo tiempo, imponiendo un ciclo severo en los componentes del circuito que maneja esta corriente. Si un problema de este se presenta, las corrientes del capacitor deben ser calculadas de la misma manera que para un back-to-back interrupción y compararlos con la capacidad de cortocircuito de los dispositivos

BANCO DE CONDENSADORES SERIE Y SHUNT FRENTE A UN CORTO CIRCUITO.

Se usan capacitores en derivación para entregar potencia reactiva e incrementar las tensiones de transmisión bajo condiciones de alta carga.

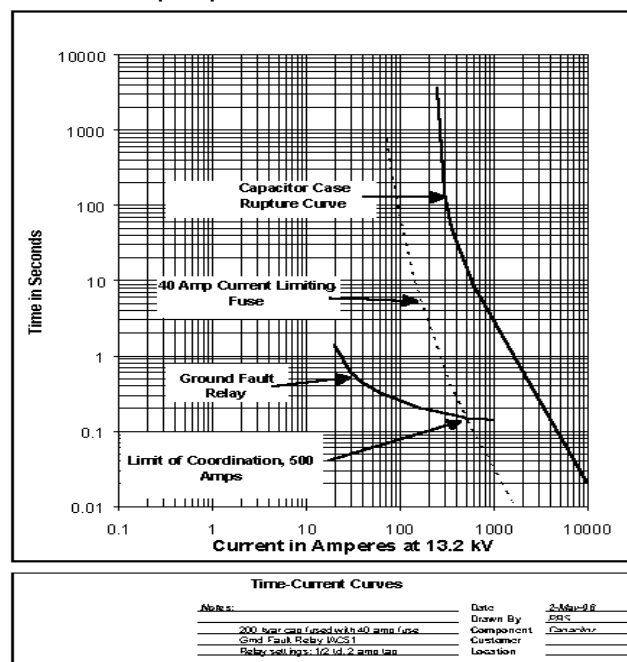
Se usan los capacitores en serie en líneas largas para aumentar la capacidad de transmisión de potencia. En la red encontramos capacitores, su función es ayudar a un mejor comportamiento de la red o de la carga, pero en principio se puede concebir la red y las cargas sin capacitores, estos parecen necesarios y convenientes para reducir las pérdidas, mejorar los valores de tensión, filtrar armónicos y otros efectos.



Banco de Condensadores Shunt en Condiciones de Falla (Cortocircuito)

Antecedentes, Generalmente, la mayoría de las instalaciones industriales con distribuciones de 2,4kV hasta 13,8kV son a tierra resistivas a través de resistentes de puesta a tierra. Los sistemas son de puesta a tierra resistivos para reducir la corriente de falla y el daño del arco durante las falla de fase a tierra. Esto es verdad ara los sistemas con motores conectados de forma directa. La resistencia normalmente tiene una

clasificación de amperes de 10 segundos (continuos y clasificaciones de 60 segundos también están disponibles, pero no son típicas) que es aproximadamente igual a la corriente a tierra que fluiría si ocurre una fase a tierra. La clasificación continua de corriente de una resistencia de 10 segundos es mucho menor que la clasificación de 10 segundos. Por ejemplo, una resistencia de 10 segundos y 200 amps puede tener una clasificación continua de 50 amps. Por esta razón, el relé de falla a tierra, mecanismo 51G, es normalmente ajustado para levantar aproximadamente 10% de la clasificación de resistencia o 20 amps. Esto protege la resistencia de las fallas no claras del alimentador y otras anomalías del sistema que puedan dañar la resistencia.

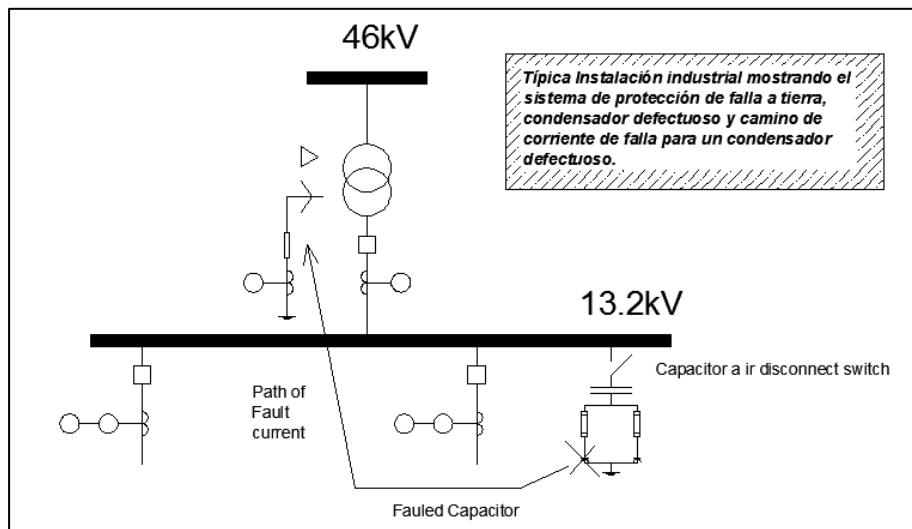


¿Deberían los bancos de condensadores de media tensión en sistemas de energía comercial e industrial estar aislados? Esta pregunta aparece normalmente y la respuesta no es normalmente por las siguientes razones:

- Los bancos de condensadores aislados pueden interferir con el sistema de protección de falla a tierra de las instalaciones y pueden causar que toda la instalación pierda energía (disparo del disyuntor principal).
- Las corrientes armónicas en el camino a tierra pueden causar una interferencia armónica con los sistemas de comunicación y control.
- Las corrientes de descarga del condensador pueden dañar los relés de sobretensión cercanos.
- La interferencia con el sistema de protección de falla a tierra de las instalaciones es la razón principal para no aislar un banco de condensadores y la serie de filtro armónico. Aunque esta interferencia se puede reducir o eliminar a través de la modificación del sistema, puede necesitar un análisis de coordinación de protección, los cambios de relé y/o cambios de

resistencia a tierra. Esto agrega costos y complejidad a la instalación y puede degradar la sensibilidad del sistema existente de protección de falla a tierra.

- El banco de condensadores aislada puede interferir con el sistema de protección de falla a tierra de las instalaciones y puede sugerir que todas los bancos aplicadas en los sistemas de energía comercial e industrial queden aisladas



APLICACIÓN DEL CORTO CIRCUITO (NORMA VDE, IEEE) APLICACIONES.

En la actualidad dos son las normas aplicadas que tienen procedimientos para el cálculo de corto circuito: la IEC y la ANSI/IEEE.

Existen diferencias entre ellas que ocasionan, al aplicarlas a un estudio de fallas sobre el mismo sistema eléctrico, que los resultados obtenidos sean diferentes. Estas diferencias deberán de entenderse cabalmente para evaluar el impacto técnico-económico en sus aplicaciones.

La norma IEC 60865 (VDE 0103) que se basa en el cálculo de la corriente de cortocircuito térmicamente equivalente.

La norma IEC 60909 (VDE 0102) se aplica a todas las redes, radiales o malladas, hasta 230 kV.

La norma IEC 60909 define y presenta un procedimiento, que pueden usar los ingenieros no especializados, que utiliza las componentes simétricas.

IEC 60909: Cálculos de las corrientes de cortocircuito en redes trifásicas de corriente alterna.

IEC 60781: Guía de aplicación para el cálculo de corrientes de cortocircuito en la redes BT radiales.

Cuando se calculan las corrientes simétricas de interrupción, ANSI/IEEE recomienda factores multiplicadores para las reactancias subtransitorias y transitorias del equipo rotativo.

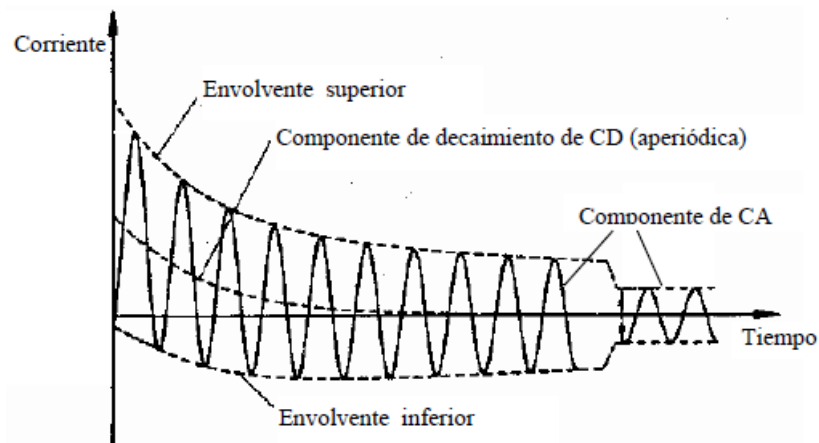
La norma ANSI/IEEE recomienda un voltaje de prefalla de 1.0 p.u. en el bus fallado.

El ANSI/IEEE 141 es la norma, de origen americano, que determina el procedimiento a seguir en los cálculos de corrientes de corto circuito en Estados Unidos y en los países, que por influencia tecnológica de aquel país, han adoptado esta norma.

La norma IEC 909 define la corriente inicial de falla como la corriente esperada que se presentará en el punto de falla al inicio de la misma (tiempo cero) con la impedancia constante. ANSI define la corriente simétrica momentánea o de primera red como la corriente de corto circuito que se presenta inmediatamente después del inicio de la falla.

EL G.S FRENTE A UN CORTO CIRCUITO. MODELO Y OPERACIÓN DINÁMICO.

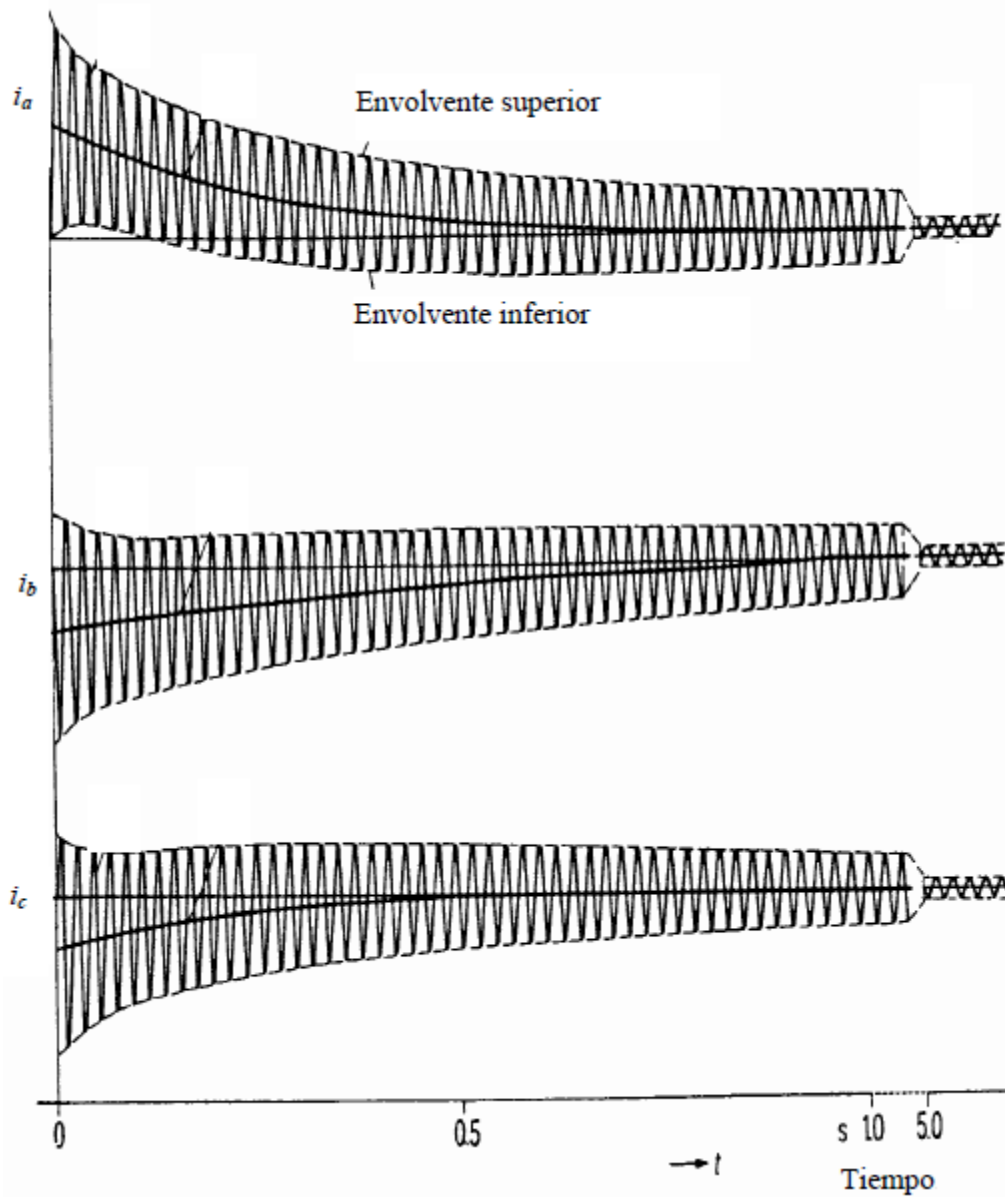
De la teoría de máquinas síncronas, en particular de un generador de CA, se sabe que un campo magnético genera una tensión en el devanado del inductor que contiene resistencia e inductancia. Cuando se presenta una falla en las terminales de un generador de CA la corriente de falla que circula es muy alta, existen diferencias importantes toda vez que en un alternador la corriente afecta al campo giratorio mismo. Ante una falla de corto circuito trifásico en las terminales de un alternador en vacío, se producirá una corriente de corto circuito cuyo oscilograma se puede ver en la Figura siguiente.



Corriente de corto circuito de un alternador con falla trifásica en sus terminales. El alternador opera sin carga.

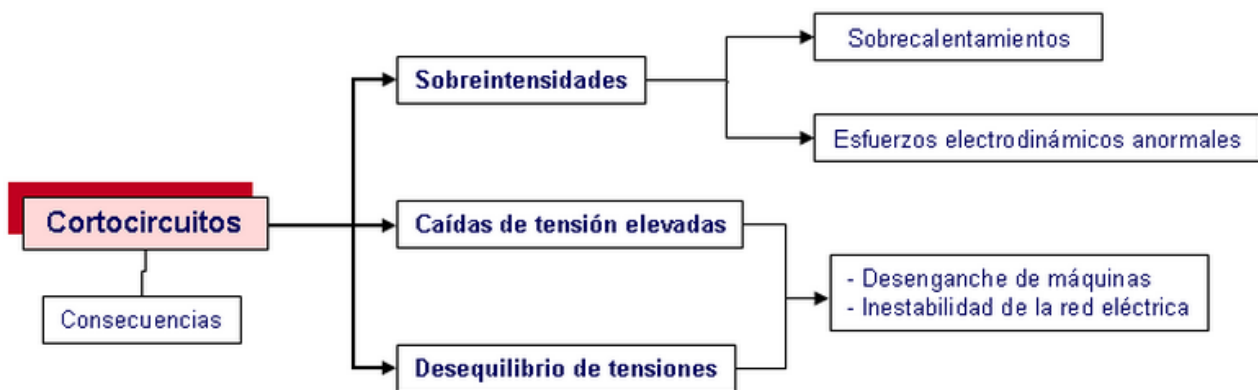
El generador al presentar una falla en sus terminales. Como las tensiones generadas en las fases de una máquina trifásica están desfasadas una de otras en 120° eléctricos, el

corto circuito se aplica en puntos diferentes de la onda de tensión en cada fase. Esto puede observarse en la Figura siguiente



Corrientes de corto circuito debidas a una falla en las terminales de un turbogenerador en vacío a voltaje y frecuencia nominal (Voltaje = 0, en el instante $t = 0$ en la fase a)

En el siguiente grafico describimos que pueden generar los cortocircuitos en un generador.



PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS CONTRA LOS EFECTOS DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.

El cableado y su protección en cada nivel deben cumplir varias condiciones simultáneamente, para garantizar una instalación segura y fiable, es decir, deben:

- ✓ Soportar la corriente a plena carga permanente y las sobreintensidades normales de corta duración.
- ✓ No provocar caídas de tensión que pudieran perjudicar el rendimiento de ciertas cargas, por ejemplo: un período de aceleración demasiado largo al arrancar un motor, etc.

Asimismo, los dispositivos de protección (interruptores automáticos o fusibles) deben:

- ✓ Proteger el cableado y las barras conductoras para cualquier nivel de sobreintensidad, hasta las corrientes de cortocircuito (inclusive).
- ✓ Garantizar la protección de personas contra el riesgo de contacto indirecto, sobre todo en los sistemas con puesta a tierra TN e IT, donde la longitud de los circuitos puede limitar la magnitud de las corrientes de cortocircuito y, en consecuencia, retrasar la desconexión automática (recuerde que las instalaciones con puesta a tierra TT están protegidas necesariamente en el origen con un DDR, normalmente ajustado en una sensibilidad de 300 mA).

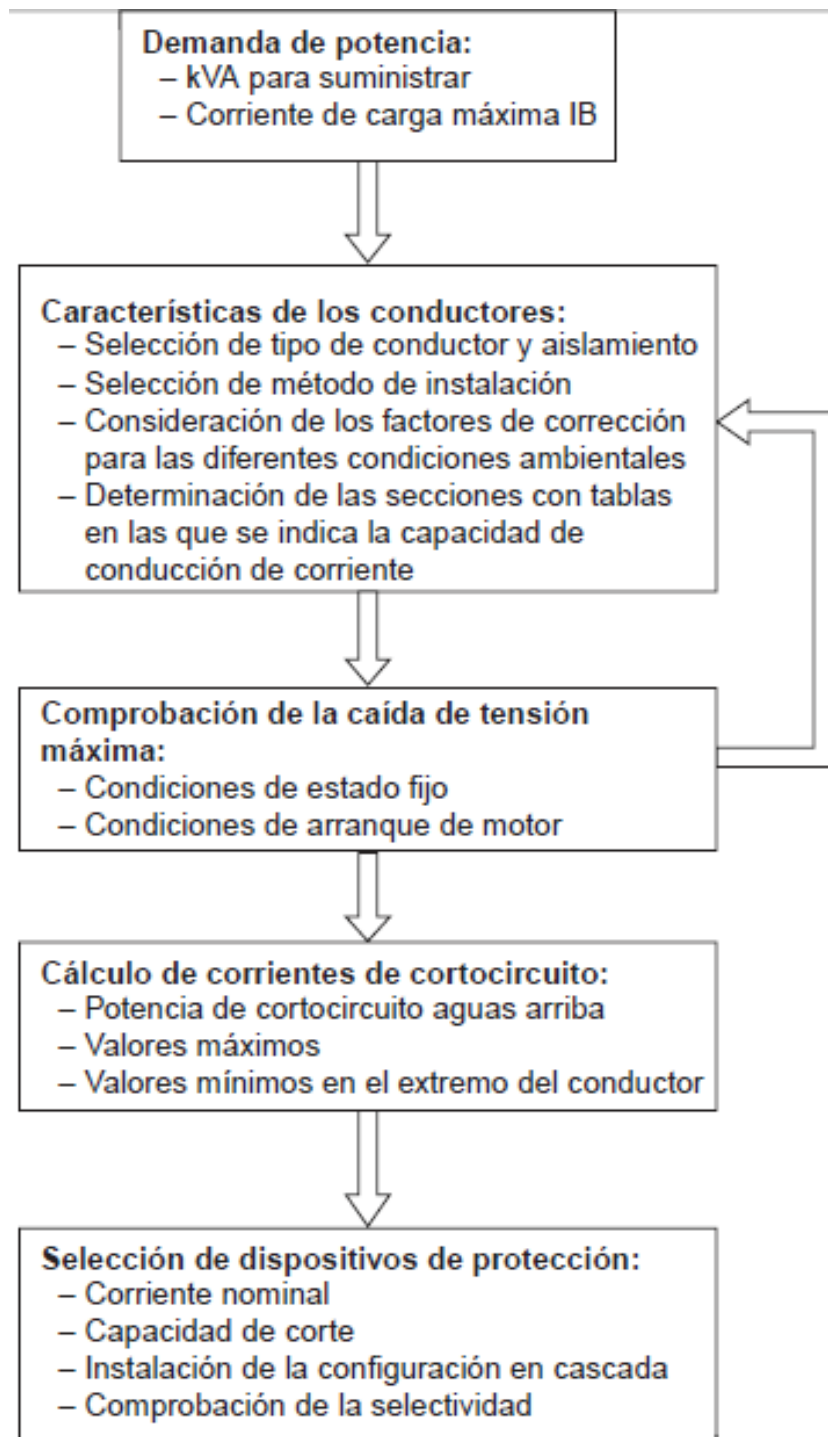


Gráfico de flujo para la selección del tamaño de cable y especificación del dispositivo de protección para un circuito en concreto.



DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS ITM SEGÚN CORRIENTE DE RUPTURA

Los ITM se emplean para proteger cables y conductores en instalaciones y equipos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor se utiliza en todas las redes de distribución, tanto en viviendas, instalaciones domiciliarias y comerciales, como en las industriales. Sus principales características son la curva de característica de disparo y la capacidad de ruptura de cortocircuito.

Los interruptores termomagnéticos se emplean para proteger cables y conductores en instalaciones y equipos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos.

De esta manera, asume la protección de equipos eléctricos contra sobrecalentamiento inadmisibles, según la norma DIN VDE 0100.

Los interruptores se utilizan en todas las redes de distribución, tanto en viviendas, instalaciones domiciliarias y comerciales, como en las industriales.

Las principales características que se deben tener en cuenta al seleccionar un interruptor termomagnético son:

- ✓ La curva de característica de disparo, para proteger los conductores de acuerdo al tipo de corrientes de inserción que presentan los equipos conectados en el circuito; y
- ✓ La capacidad de ruptura de cortocircuito, que debe ser mayor o igual a la corriente de cortocircuito presunta que puede ocurrir en el lugar donde el interruptor termomagnético se encuentra instalado.

Los tamaños constructivos se fijan en la norma DIN 43 880. Mientras que las exigencias constructivas y los ensayos se determinan en las normas EN 60 898, DIN VDE 0641, Parte 11 y en la IEC 60 898.

Las clases de capacidades asignadas de ruptura de interruptores cortocircuitos automáticos, según la norma DIN VDE 0641, Parte 11 son: 3000 A, 4500 A, 6000 A, 10000 A, 15000 A y 25000 A.

El instalador debe tener en cuenta la capacidad de ruptura de cortocircuito, indicado en el frente del interruptor, según la norma IEC 60898.

El ensayo para IEC 60898 es más riguroso, por lo que el valor de la capacidad de ruptura de cortocircuito, bajo la norma IEC 60947-2 será aproximadamente un 50 por ciento mayor.

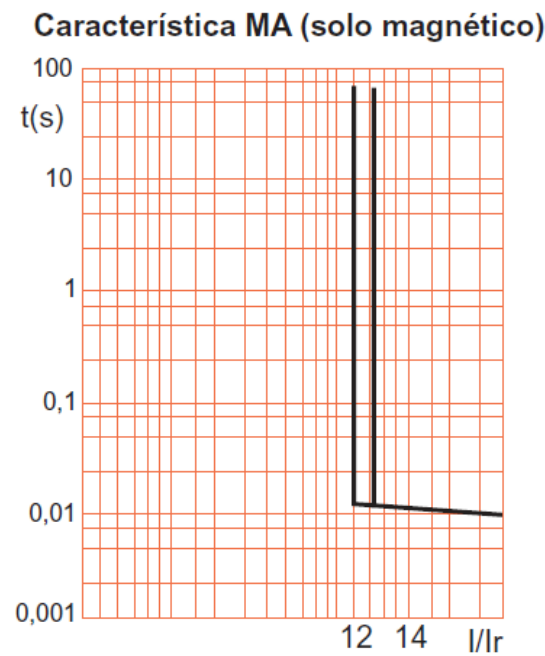
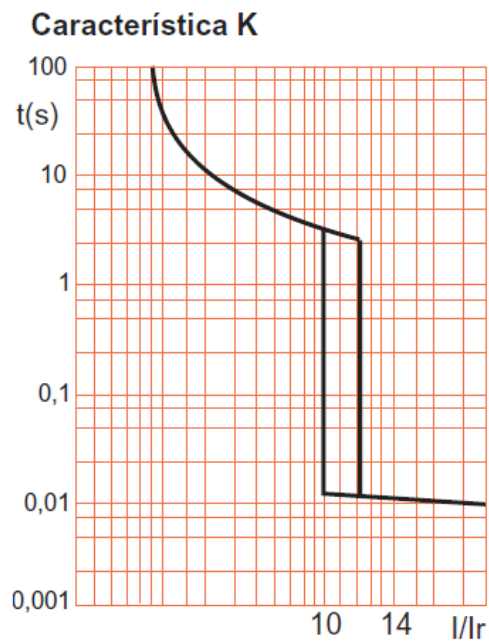
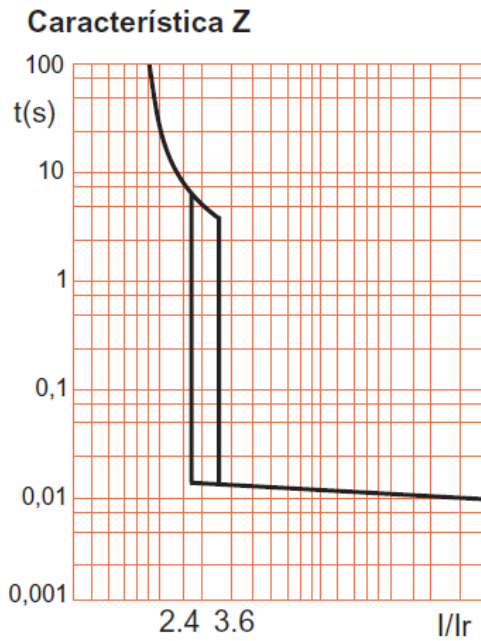
Curvas características de los interruptores automáticos

Características de operación magnética K-Z-MA:

Tienen todo lo indicado en el punto anterior, aunque estas características vienen definidas por el fabricante en base a la norma IEC 947-2 y representan los rangos de operación magnética, los interruptores con estas características pueden emplearse como se indica en la tabla siguiente.



Característica	Rango del disparo magnético	Aplicación
Z	2, 3 - 3, 6 In	Protección de circuitos electrónicos.
K	10-14 In	Protección de cables que alimentan cargas con altas corrientes de arranque.
MA	12-14 In	Protección de cables que alimentan motores (sin protección térmica).





CONCLUSION

- ☞ La corriente de cortocircuito máxima se utiliza para seleccionar los Poderes de Corte y Cierre de los interruptores y verificar el esfuerzo térmico y dinámico en barras, cables, etc. La corriente de cortocircuito mínima se utiliza para verificar la apertura de las protecciones en el extremo de los circuitos protegidos.
- ☞ La corriente de cortocircuito entre fase y tierra depende del sistema de distribución y se utiliza para elegir la protección adecuada de las personas contra los contactos eléctricos y diseñar los conductores de protección del sistema de puesta a tierra.
- ☞ Debido a que los cortocircuitos no pueden ser siempre prevenidos, solo se puede tratar de mitigar y para ciertos casos tratar de disminuir sus efectos potencialmente peligrosos. Lo primero que se quiere en el diseño de un sistema de potencia, es disminuir lo más posible la ocurrencia de la falla. Si el cortocircuito ocurre, la mitigación con sus efectos consiste:
 - (a) Manipular la magnitud de las corrientes de falla indeseables.
 - (b) Aislar la parte más pequeña del sistema de potencia alrededor del área de la falla, a fin de mantenerse el servicio en el resto del sistema.

Las principales razones para realizar un estudio de cortocircuito se tienen:

- ☞ Verificación de la adecuada capacidad de interrupción de los equipos instalados. El mismo tipo de estudio formará las bases de la selección de los equipos de interrupción para propósitos de planificación de sistemas.
- ☞ Determinación de los ajustes de los dispositivos de protección, tal cual es hecho primariamente por las cantidades que caracterizan el sistema bajo las condiciones de falla. Esas cantidades también referidas protección handles, típicamente incluyen corrientes de fase y secuencia o voltajes y ratas de cambio de voltajes o corrientes en el sistema.
- ☞ Determinación de los efectos de las corrientes de falla en varios componentes del sistema tales como: cables, líneas de transmisión, sistemas de barras (busways), transformadores, y reactores, durante el tiempo en que la falla persista.
- ☞ El cortocircuito mínimo será el fase-neutro (circuitos con neutro) o el bifásico (circuitos sin neutro).
- ☞ Los cortocircuitos trifásicos frecuentemente resulta ser el más severo de todos. Es entonces muy común que se realice solo la simulación de la falla trifásica cuando se busca las máximas magnitudes posibles de corrientes de falla. Sin embargo, importantes excepciones existen.

Por ejemplo, la corriente de falla de un simple cortocircuito a monofásico puede exceder la corriente de falla trifásica cuando ocurren en las vecindades de:



- ☞ Una máquina sincrónica sólidamente puesta a tierra.
 - ☞ El lado de estrella sólidamente puesto a tierra de una transformador delta estrella con núcleo trifásico (tres columnas three-leg).
 - ☞ El lado de estrella aterrado sólidamente de un autotransformador.
 - ☞ En el devanado en estrella o estrella aterrada de un transformador de tres devanados con delta terciaria.
- ☞ Los porcentajes promedios de ocurrencia de cada tipo de cortocircuito en una instalación, se indican en la tabla siguiente:

TIPOS DE CORTOCIRCUITO	INCIDENCIA (%)
Monofásicos	80%
Bifásicos	15%
Trifásicos	5%

Las consecuencias de los cortocircuitos son variables dependiendo de la naturaleza y duración de los defectos, el punto de la instalación afectado y la magnitud de las corrientes.

En general podemos considerar algunos de los siguientes efectos:

- ☞ En el punto de defecto:
 - ☞ La presencia de arcos con deterioro de los aislantes, fusión de los conductores, principio de incendio y riesgo para las personas.
- ☞ Para el circuito o equipo defectuoso:
 - ☞ Esfuerzos electrodinámicos, con deformación de los juegos de barras, deslambamiento de los cables, rotura de aisladores, averías en bobinados de transformadores o máquinas eléctricas rotativas.
 - ☞ Esfuerzo térmicos, con sobrecalentamientos con riesgo de deterioros de los aislantes.
- ☞ Para el resto de la instalación:
 - ☞ Disminución de la tensión durante el tiempo de eliminación del defecto (en BT 10 a 100 ms), puesta fuera de servicio de una parte de la instalación, perturbaciones en los circuitos de control y comunicaciones.
- ☞ Los interruptores automáticos de baja tensión, operan frente a cortocircuitos en tiempos de decenas a centenas de ms, por lo que la apertura será durante el transitorio de la componente de continua si el defecto es próximo al transformador de potencia.



RECOMENDACIÓN

- ☞ Se recomienda estudiar los temas de cortocircuitos ya que son necesarios para cualquier sistema de potencia en otros estudios fundamentales como; estudios de flujo de carga, estudios de estabilidad transitoria, estudio de análisis de armónicos, etc.



BIBLIOGRAFÍAS

- ❖ Máquinas Eléctricas Autor; Stephen J. Chapman Editorial; Mc Graw Hill Edición; 4.
- ❖ Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia Autor; Theodore Wildi Editorial; Pearson, Prentice Hall Edición; 6.
- ❖ Máquinas Eléctricas Autor; A. E. Fitzgerald Charles Kingsley, Jr. Stephen D. Umans Editorial; Mc Graw Hill Edición; 5.
- ❖ ACOSTA M, Alvaro, GRANADA G, David, LÓPEZ V, Ricardo. Impedancias de secuencia de la máquina síncrona. Pereira, 1979, 50 p. Trabajo de grado (Ingeniería Eléctrica). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Eléctrica.
- ❖ ORTIZ M, Gustavo Alberto, PIRAQUIVE M, José Fernando. Elementos de diseño de una máquina síncrona, Pereira, 1980, 337 p. Trabajo de grado (ingeniería Eléctrica). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ingeniería Eléctrica.
- ❖ ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. Curso de máquinas síncronas: la construcción de las máquinas síncronas, los devanados y el voltaje inducido en los generadores síncronos, el generador trifásico, el motor síncrono, operación en paralelo de generadores. Primera Edición.
- ❖ IEC 60909. International standard: short-circuit current calculation in three-phase a.c. systems. 1st Edition. 1988.
- ❖ Mercede, J. Frank. How To Perform Short-Circuit Calculations- Part 1. EC&M, June, pp 46-50, 1995.
- ❖ Kasikci Ismail. Short Circuits in Power Systems. A practical Guide to IEC 60909. Germany 2002. Wiley-Vch.
- ❖ Roeper Richard. Short-circuit Currents in Three-phase Systems. 2nd. Edition. Wiley. 1985. Fleck Herbert A., Mercede Frank J. Using Short-Circuit Currents to Perform a Protective Device Coordination Study. IEEE Industry Applications Magazine. March/April 2000.
- ❖ Ruiz Daniel, Asiain Tomas, Olguin Daniel. Teaching and Research Laboratory Simulator of Electric Power Systems. 29th. ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. San Juan, Puerto Rico.