

ESTUDIO DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO

OBJETIVOS

- El presente informe tiene como propósito analizar los conceptos fundamentales requeridos para el análisis de fallas en los sistemas eléctricos de potencia.
- Estudiar el Corto circuito simétrico máximo dentro del SEP.
- Revisar la normatividad respecto al Corto circuito simétrico máximo dentro del SEP.
- Aplicaciones importantes respecto al Corto circuito simétrico máximo dentro del SEP.

ESTADÍSTICA DE EMERGENCIAS (2009-2013)

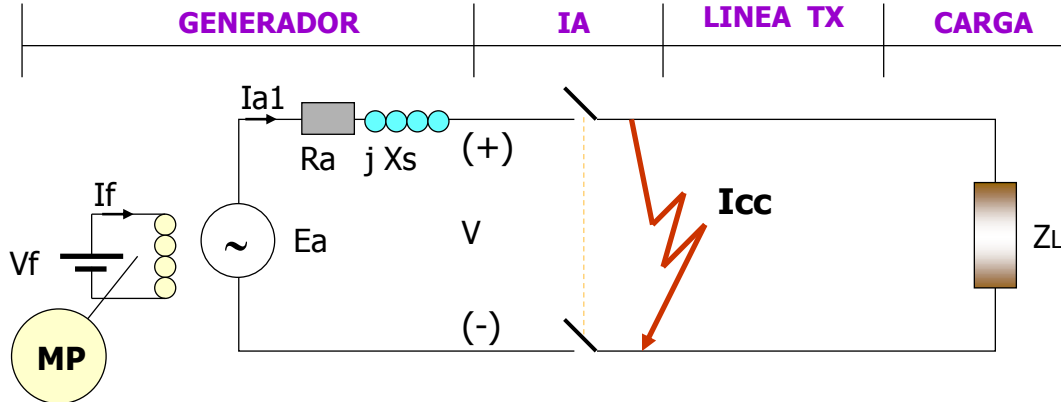
Tipo de emergencia	2009	2010	2011	2012	2013
Incendios	10,137	11,646	11,088	11,329	9,998
Fuga de gas licuado	4,697	5,349	4,783	4,951	4,139
Emergencias médicas	79,139	78,130	62,085	61,322	62,379
Rescates	2,986	3,432	3,141	3,321	2,837
Derrame de productos	264	161	84	67	76
Corto circuito	1,246	1,347	1,118	1,237	856
Servicios especiales	6,390	6,406	6,359	6,439	6,854
Accidentes vehiculares	9,084	10,445	10,371	10,680	10,372
Falsa alarma	3,463	2,825	2,653	2,220	1,656
Otros	2,822	3,122	3,077	3,584	2,553
Total	120,228	122,863	104,759	105,150	101,720



CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.- Es el abundante flujo de electrones que fluye por un punto defectuoso mientras dura la falla.

MODELO.- Es la representación física de un sistema eléctrico para lo cual se utilizan elementos pasivos (R, L y C) y elementos activos (fuentes AC).

INTERRUPTOR.- Equipos diseñados para despejar, en forma rápida, las fallas de sobrecorriente y corto circuito ocurridos en un sistema eléctrico.



Cuando se producen los cortocircuitos trifásicos simétricos sucede:

- Hay un cambio abrupto de la configuración del sistema.
- El Generador ve que Z_{total} cae bruscamente.
- En consecuencia el generador inyecta una alta corriente llamado corriente de cortocircuito I_{cc} .
- El IA debe despejar la falla de inmediato.
- Se modifican las tensiones E_a y V .
- La frecuencia de la fuente aumenta, pues el generador se acelera al perder la potencia activa debido al cortocircuito.
- Se modifica el flujo de potencia por la línea.

APLICACIÓN DE LA NORMATIVA

Las condiciones anormales de funcionamiento de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), se deben a fenómenos transitorios, que se pueden clasificar, **según al tiempo de duración en las siguientes categorías:**

Fenómenos transitorios ultrarrápidos.- Corresponden sustancialmente a descargas atmosféricas sobre las líneas de transmisión y a los fenómenos producidos por operaciones de conexión y desconexión de diversos componentes de la red del SEP, tales como, las líneas. Las perturbaciones de este tipo dan origen a ondas de tensión y corriente que viajan prácticamente a la velocidad de la luz, pero su efecto dura unos

pocos milisegundos después de iniciado. Sin embargo, los procesos de reflexión de las ondas producen elevadas tensiones que pueden llegar a destruir el equipo asociado a las líneas. La razón del estudio de estos fenómenos radica en el hecho de que su análisis suministra las bases necesarias para la selección adecuada del nivel de aislación de los equipos eléctricos asociados a las líneas y de las líneas mismas.

Fenómenos transitorios medianamente rápidos.- En este grupo se incluyen los fenómenos causados por cambios abruptos de la estructura del SEP, o sea los cortocircuitos o líneas abiertas. Usualmente, sólo los 10 primeros ciclos son de importancia práctica y se estudian en el rango de 10 a 100 milisegundos siguientes a la falla.

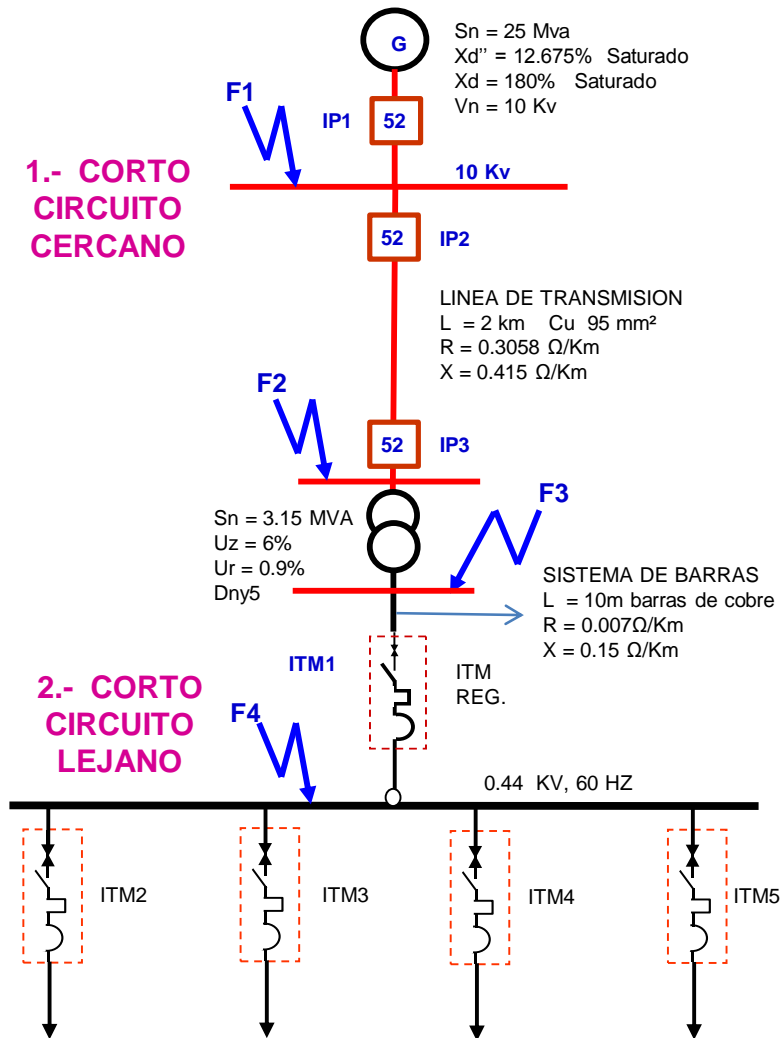
Fenómenos transitorios lentos.- Cuando ocurre un cortocircuito en una línea de transmisión importante y no se desconecta oportunamente la sección afectada, puede producirse uno de los fenómenos más peligrosos de un SEP, esto es, oscilaciones mecánicas de los rotores de los generadores. Se producen fenómenos transitorios electromecánicos que se estudian bajo el nombre de estabilidad transitoria. Las oscilaciones mecánicas de los rotores son relativamente lentas, en consecuencia, los estudios de estabilidad transitoria se realizan en el rango de fracción de segundo hasta un minuto.

Los cortocircuitos pueden ser simétricos o asimétricos

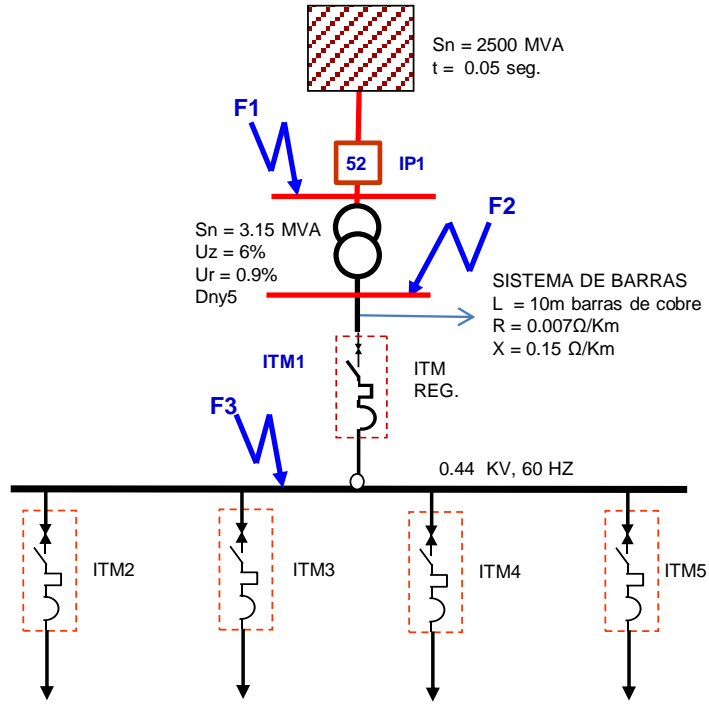
En un cortocircuito trifásico equilibrado se cortocircuitan las tres fases con lo que si se considera el sistema simétrico dará lugar a un sistema de corrientes trifásicas equilibrada. Este tipo de faltas no son las más habituales en los sistemas de potencias, sin embargo, son las que en la mayoría de las situaciones produce mayores corrientes de cortocircuito, además, gracias a su simetría son las más simples de analizar. Tradicionalmente, en el cálculo de este tipo de faltas se modela el sistema con las impedancias por unidad de cada uno de los elementos, teniendo en cuenta si tiene influencia la reactancia subtransitoria y transitoria de los alternadores, por lo que se

hace distinción entre el caso de un cortocircuito cercano a un generador o alejado de éste. Una vez modelado el sistema se recurre al cálculo de la corriente de cortocircuito y las tensiones en los nudos del sistema.

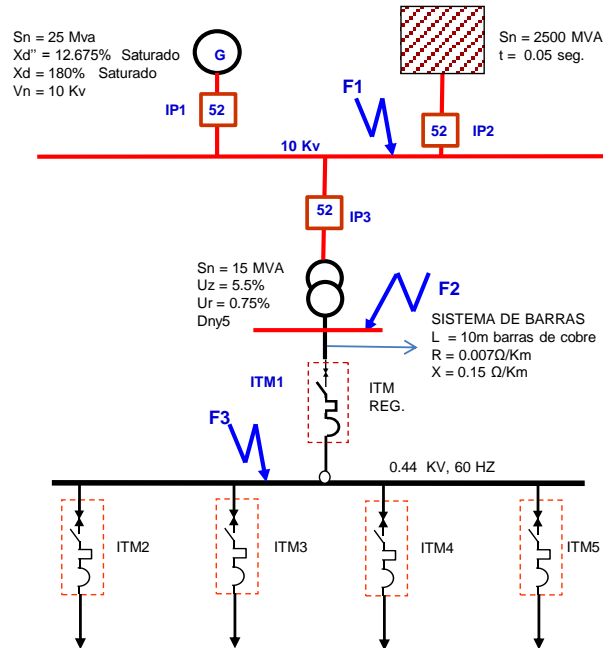
LOS CORTOS CIRCUITOS MAS CONOCIDOS SON



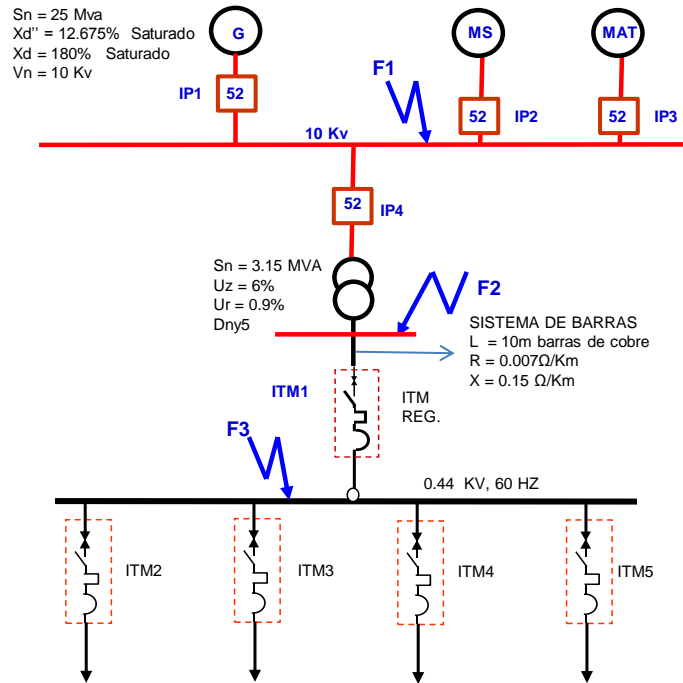
3.- CORTO CIRCUITO DENTRO DE UNA RED



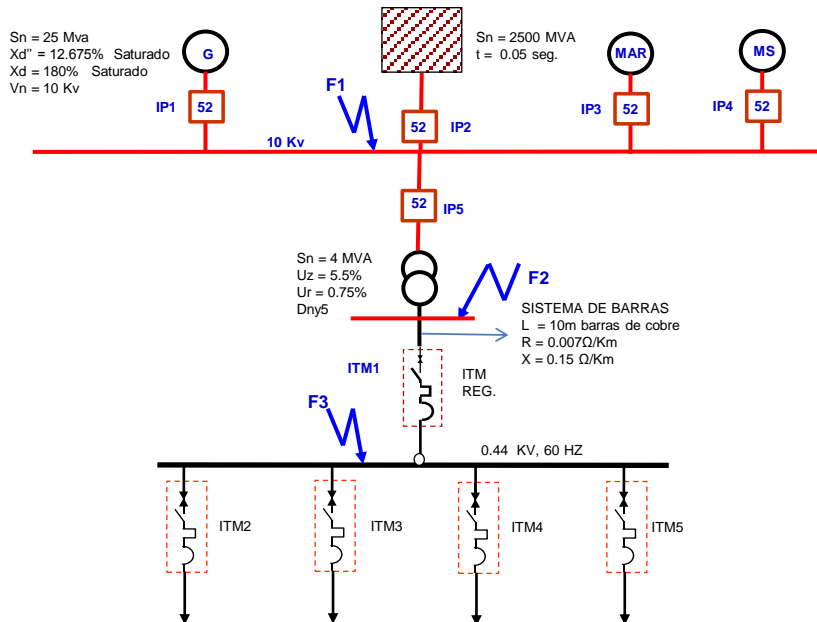
4.- CORTO CIRCUITO CON ALIMENTACIÓN MÚLTIPLE



5.- CORTO CON MATJA Y MS PARA CARGAS PESADAS



6.- CORTO CIRCUITO CON PRECENCIA DE UN MATAR Y MS – COMPENSADOR DINAMICO



PARTE NORMATIVA

Se dispone de las siguientes normas para determinar los valores máximos en cortocircuitos simétricos dentro del SEP

IEC60909 2001, ésta norma acepta los cuatro tipos de corrientes de falla aplicables a las redes industriales.

- Corriente de cortocircuito simétrica inicial (I''_k)
- Corriente máxima asimétrica de cortocircuito o corriente pico de cortocircuito (I_p)
- Corriente de interrupción de cortocircuito (I_b)
- Corriente permanente de cortocircuito (I_k)
- Factores de tensión según la norma IEC-60909 o definidos por el usuario
- Factores de corrección de la impedancia para transformadores, generadores, alimentadores y unidades de suministro de corriente
- Reportes de relaciones X/R típicas para los generadores, motores y alimentadores

Si el interés es sólo determinar la corriente de cortocircuito en el punto donde se produce la falta, se resuelve el circuito monofásico equivalente del sistema a partir del equivalente Thévenin desde los terminales del cortocircuito. Incluso para éste equivalente la norma IEC 909 propone un valor de la tensión Thévenin en función de la tensión nominal.

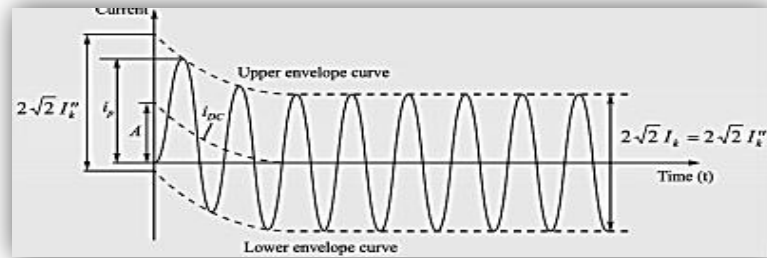
IEC909 1988.- (Calculo de I_k según IEC 909).- Este estándar es aplicable para el cálculo de las corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de bajo voltaje y sistemas trifásicos de alto voltaje hasta 230 KV con frecuencia nominal de operación de 50Hz o 60 Hz.

Las corrientes de cortocircuito son clasificadas según su magnitud en:

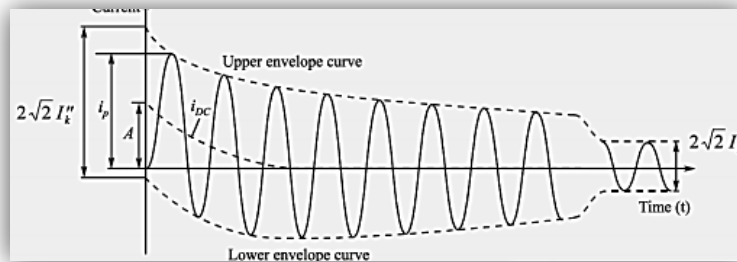
- A. **MAXIMA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO;** la cual determina las capacidades de los equipos eléctricos
- B. **MINIMA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO;** la cual puede ser una base, por ejemplo, para selección de fusibles o para ajustar los dispositivos de protección.

Se puede distinguir entre dos tipos de fallas:

- Cortocircuito lejos del generador: Son fallas por cortocircuito en sistemas donde las corrientes de cortocircuito no tienen decaimiento de la componente AC.



- Cortocircuito cerca del generador: Son fallas por cortocircuito en sistemas donde las corrientes de cortocircuito, tienen decaimiento de la componente AC



ANSI C37.10.- Realiza el cálculo según norma ANSI/IEEE C37.10-1999

Las normas de ANSI que se dirigen al cálculo de falla para el medio y alto voltaje son:

- ANSI Std C37.010-1979
- ANSI Std C37.5-1979

ANSI C37.13 - 1990.- Realiza el cálculo según la norma ANSI/IEEE C37.013-1997

Las normas de ANSI que se dirigen cálculos de la falla para los sistemas de bajo-voltaje(debajo de 1000V), es:

Para las normas ANSI de definen 2 tipos de corrientes de cortocircuito, dependiendo del marco de tiempo de interés tomado desde el inicio de la falla:

- Corriente de primer ciclo (momentánea)
- Corriente de interrupción (interruptiva)
- Corriente de tiempo retardado(en 30 ciclos)

En general las corrientes de cortocircuito alcanzan magnitudes mucho mayores que los valores nominales de los generadores, transformadores y líneas. Si se permite que estas corrientes circulen por un período prolongado, pueden causar un serio daño térmico al equipo y problemas de estabilidad de funcionamiento en el SEP.

En este aspecto, el tipo de cortocircuito más severo es el trifásico, el que además de dar valores elevados de corriente, reduce a cero la capacidad de transmisión de una línea, lo siguen los cortocircuitos bifásicos y finalmente el monofásico. En cambio, el tipo más frecuente es el monofásico (aproximadamente el 75% de los casos) y el menos frecuente es el trifásico (aproximadamente el 5% de los casos).

En muchas oportunidades las corrientes de cortocircuito se auto extinguen y se restablece la aislación. Debido a este hecho, se utilizan en la práctica interruptores que reconectan automáticamente la línea dañada, una, dos o más veces para probar si la falla se ha eliminado. Sólo en el caso de que la falla persista, el interruptor desconecta la línea en forma definitiva.

EFFECTOS DE LOS CORTOCIRCUITOS

Los cortocircuitos tienen efectos perjudiciales que tienen que ver con los esfuerzos mecánicos y térmicos que producen cuando las altas corrientes asociadas con ellos circulan por las máquinas eléctricas: Las fuerzas de atracción y repulsión que se generan internamente pueden sacar de sus posiciones a los devanados de las máquinas y las altas temperaturas pueden provocar daños irreversibles en el aislamiento de las mismas. Así, los dispositivos de protección deben ser calculados para evitar esos daños. Hay dos formas de limitar los efectos de los cortocircuitos:

- 1- Eliminar rápidamente la falla utilizando protecciones rápidas y selectivas.
- 2- Limitar la corriente de cortocircuito utilizando métodos como la conexión a tierra del neutro de los generadores y los transformadores conectados en estrella a través de una impedancia.

Cálculo de cortocircuitos en los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP).

Para calcular cortocircuitos en los SEP es necesario conocer las cuatro posibles fuentes de corrientes de cortocircuito a una falla en un punto o una barra cualquiera del mismo. Éstas son:

- 1- La generación del propio SEP.
- 2- Los motores sincrónicos instalados en las industrias.
- 3- Los motores de inducción instalados en las industrias.
- 4- La generación propia de las industrias que la posean.

Cálculo de cortocircuitos trifásicos.

Es el tipo de cortocircuito menos frecuente. Sus causas principales pueden ser:

- 1- El olvido de retirar las conexiones a tierra de seguridad cuando se concluye algún trabajo para el cual se ha solicitado la correspondiente vía libre, lo que origina un cortocircuito trifásico.
- 2- En el caso de una red soterrada con cables trifásicos una falla no eliminada a tiempo puede quemar el aislamiento y propagarse hasta unir las tres fases.
- 3- Para el mismo tipo de red anterior, un equipo pesado puede cortar un alimentador uniéndolo las tres fases.

MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO

a. Método tradicional: Como en el caso de un cortocircuito trifásico simétrico, el SEP queda balanceado, es posible trabajar utilizando el circuito equivalente por fase, con las aproximaciones usuales, aplicando Thevenin en el punto de falla. El método es cómodo para resolver problemas con pocos nudos; sin embargo, cuando se trata de sistemas de mayor tamaño, resulta poco práctico. Por otra parte, para calcular un cortocircuito en otra barra es necesario hacer de nuevo todos los cálculos. Adicionalmente, la determinación de las tensiones en las otras barras y el cálculo de las corrientes en las líneas significa resolver la red completa del SEP.

d.- MORMAS INTERNACIONALES

Para realizar los cálculos de la Icc utilizamos las normas internacionales siguientes:

IEC 947 – 2. Para < 1Kv Instalaciones insdustriales

VDE 0102 – 1 Para < 1Kv Instalaciones industriales

VDE 0102 – 2 Para > 1Kv Instalaciones industriales

IEC 898 Para < 1Kv Instalaciones domiciliarias

Se realizan los cálculos de los corto circuitos SIMETRICOS Y ASIMETRICOS (igual que en 1), cuando la falla se produce:

- **Cerca al generador.**
- **Lejano al generador**

Las corrientes calculadas son las siguientes:

- $I'' (3\phi)$ = Corr. Inicial de CC.
- $I_s (3\phi)$ = Impulso de la corr. de CC.
- $I_a (3\phi)$ = Corriente de ruptura de CC.
- $I_k (3\phi)$ = Corriente permanente de CC.

Con estos datos encontramos:

- Regulación magnética. Reg. Mag.
- Regulación térmica. Reg. Term.
- Poder de corte. Is
- Potencia inicial de corto circuito. $S''3\phi$
- Capacidad de ruptura. $Sa3\phi$

Es el método MAS EXACTO.

FIN