

Cálculo de cortocircuitos



Índice

17/04/2010

cchilet@tecsup.edu.pe



2

Tipo de Falla

Las fallas posibles son:

- Falla trifásica
- Falla monofásica a tierra
- Falla entre dos fases
- Falla entre dos fases a tierra
- Fase abierta

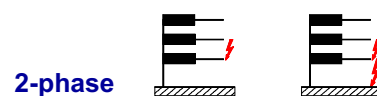
3

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Tipo de Falla



Método de Cálculo

Se dispone de los siguientes métodos de cálculo:

1. IEC60909 2001

- Cálculo de I_k según IEC 60909.

2. IEC909 1988

- Cálculo de I_k según IEC 909.

3. ANSI C37.10

- Realiza el cálculo según la norma ANSI/IEEE C37.010-1999.

4. ANSI C37.13

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

**Bases metodológicas y modelos
IEC 60909**

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 de hasta 230 KV con frecuencia nominal de operación de 50 Hz o 60 Hz.**

7

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

IEC - 909

Las corrientes de cortocircuito son clasificadas según su magnitud en:

- Máxima corriente de cortocircuito*; la cual determina las capacidades de los equipos eléctricos.
- Mínima corriente de cortocircuito*; la cual puede ser una base, por ejemplo, para selección de fusibles o para ajustar los dispositivos de protección.

8

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

IEC - 909

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*.

9

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Cálculos de corrientes de CC

- Aplicación en el planeamiento de redes.
 - Capacidad de cortocircuitos de SE existentes.
 - Diseño y parametrización de relés de protección.
 - Dimensionamiento de mallas de tierra.
 - Capacidad térmica de cables en cortocircuito.
 - Chequeo de potencia de cortocircuitos en punto de alimentación.
 - Problemas de inducción durante fallas asimétricas.

10

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Cálculos de corrientes de CC

- Aplicación en la operación de redes.
 - Permanecer dentro de los cortocircuitos dentro de los límites durante maniobras en redes.
 - Localización de fallas en las redes basado en la impedancia de falla.
 - Aclaramiento de la protección por el mal funcionamiento.

11

cchilet@tecsup.edu.pe

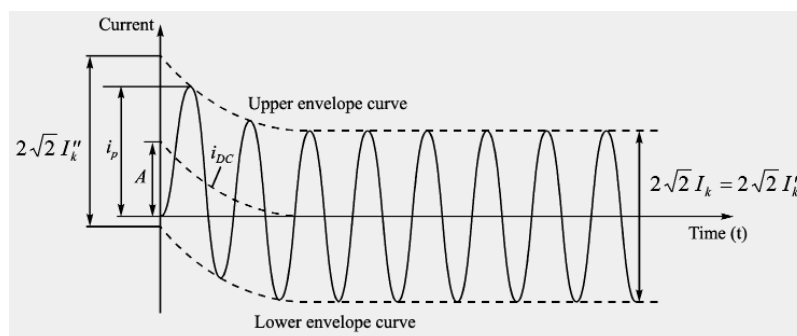


17/04/2010

IEC - 909

Cortocircuito lejos del generador:

- La fuente de voltaje equivalente en punto de falla F, se calcula con el factor voltaje c y el voltaje de fase nominal en el punto de falla.



12

cchilet@tecsup.edu.pe

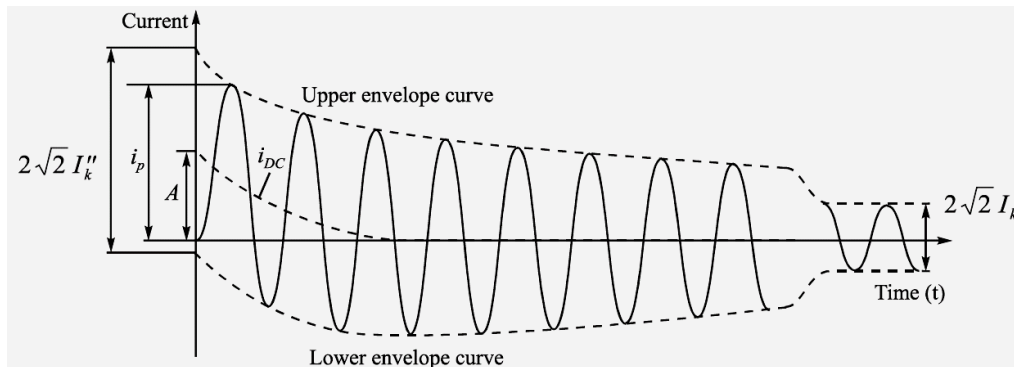


17/04/2010

IEC - 909

Cortocircuito cerca del generador:

- Para este tipo de falla se toma en cuenta la influencia de los motores y generadores.



13

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Magnitudes importantes

- i_p : corriente pico (corriente de choque).
- i_{DC} : desplazamiento DC de la corriente de CC.
- I_k'' : Componente AC de la corriente de CC inicial (subtransitoria).
- I_k' : Componente AC de la corriente de CC transitoria.
- I_k : Componente AC de la corriente de CC permanente.
- S_k'' : Potencia aparente de CC inicial

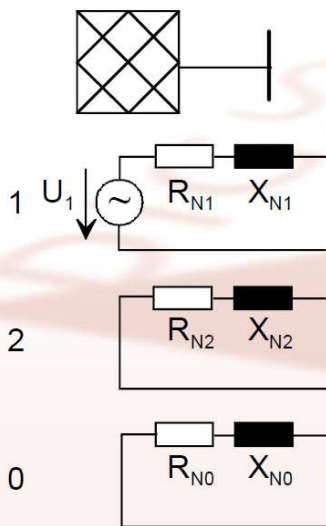
14

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de un red externa



Parameters and Calculation

$$Z_{N1} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I''_k}$$

Further Parameters:

$$Z_{N2} = Z_{N1}$$

R_{N1}, X_{N1} acc. to ratio $\frac{R_{N1}}{X_{N1}}$

R_{N0}, X_{N0} acc. to ratio $\frac{Z_{N0}}{Z_{N1}}$ and $\frac{R_{N0}}{X_{N0}}$

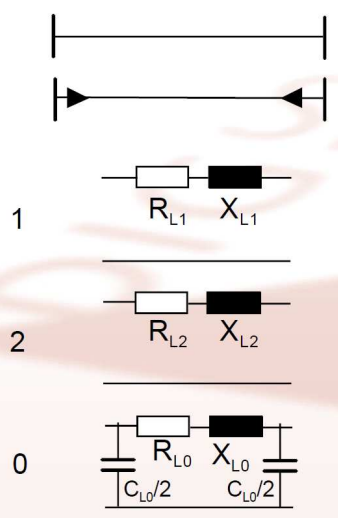
15

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de Líneas aéreas/cables



Parámetros y cálculos

- R_{L1}, X_{L1} de acuerdo a conductores/geometría y datos del fabricante respectivamente.
- $Z_{L2} = Z_{L1}$
- R_{L0}, X_{L0} de acuerdo a conductores/geometría y considerando recorridos en paralelo a través del terreno y con líneas cercanas.
- El coeficiente de temperatura de la resistencia para el mínimo CC:

$$R_L = [1 + \alpha \cdot (\vartheta_e - 20^\circ\text{C})] \cdot R_{L,20}$$

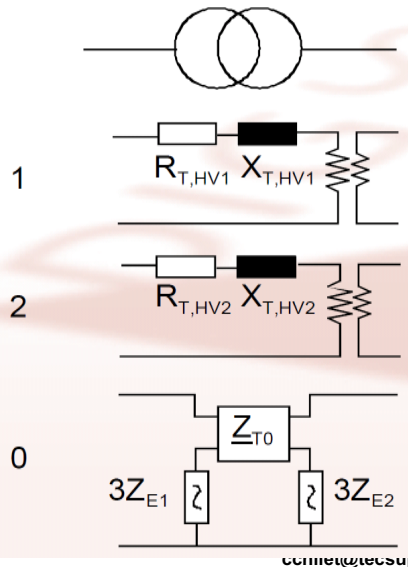
16

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de transformador de dos devanados



Parámetros y cálculos

$$Z_{T,HV1} = u_{kr} \cdot \frac{U_{rT,HV}^2}{S_{rT}}$$

$$R_{T,HV1} = u_{Rr} \cdot \frac{U_{rT,HV}^2}{S_{rT}}$$

$$Z_{T,HV2} = Z_{T,HV1}$$

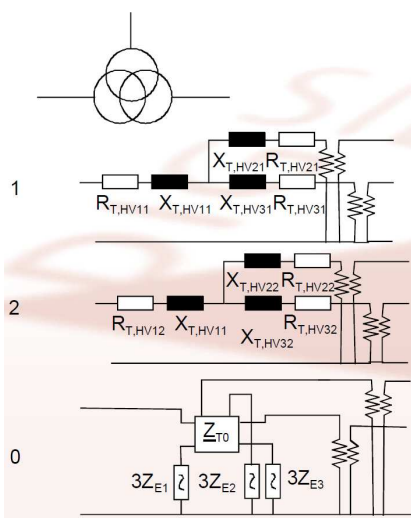
17

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de transformador de 3 devanados



Parámetros y cálculos

$$Z_{\Sigma 12,1} = u_{kr12} \cdot \frac{U_{rT,HV}^2}{S_{rT12}}$$

$$R_{\Sigma 23,1} = u_{Rr23} \cdot \frac{U_{rT,IV}^2}{S_{rT23}}$$

$$R_{\Sigma 12,1} = u_{Rr12} \cdot \frac{U_{rT,HV}^2}{S_{rT12}}$$

$$Z_{\Sigma 31,1} = u_{kr31} \cdot \frac{U_{rT,HV}^2}{S_{rT31}}$$

$$Z_{\Sigma 23,1} = u_{kr\Delta 23} \cdot \frac{U_{rT,IV}^2}{S_{rT23}}$$

$$R_{\Sigma 31,1} = u_{Rr31} \cdot \frac{U_{rT,HV}^2}{S_{rT31}}$$

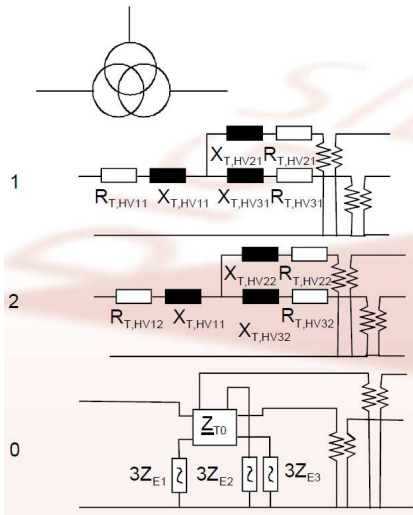
18

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de transformador de 3 devanados



$$\underline{Z}_{T,HV11} = \frac{1}{2} (\underline{Z}_{\Sigma 12,1} - \underline{Z}_{\Sigma 23,1} + \underline{Z}_{\Sigma 31,1})$$

$$\underline{Z}_{T,HV21} = \frac{1}{2} (\underline{Z}_{\Sigma 12,1} + \underline{Z}_{\Sigma 23,1} - \underline{Z}_{\Sigma 31,1})$$

$$\underline{Z}_{T,HV31} = \frac{1}{2} (-\underline{Z}_{\Sigma 12,1} + \underline{Z}_{\Sigma 23,1} + \underline{Z}_{\Sigma 31,1})$$

$$\underline{Z}_{T,HVi,2} = \underline{Z}_{T,HVi,1}$$

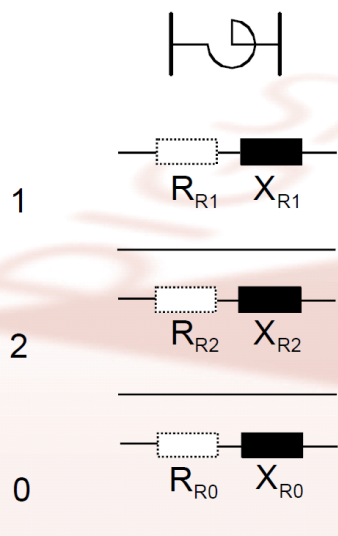
19

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de reactor serie



Parámetros y cálculos

$$Z_{R1} = u_{kr} \cdot \frac{U_n^2}{\sqrt{3} \cdot I_{rR}}$$

$$R_{R1} = u_{Rr} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}}$$

In case of symmetry:

$$\underline{Z}_{R2} = \underline{Z}_{R0} = \underline{Z}_{R1}$$

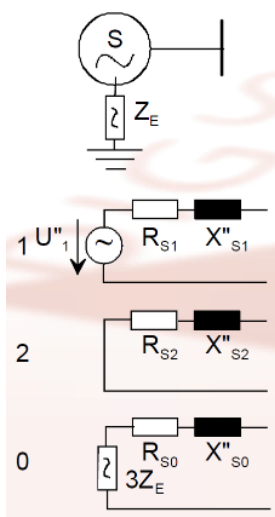
20

ecsupsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de máquina síncrona



$$\underline{Z}_S = R_S + jX''_d \quad \underline{Z}_{S2} = R_S + jX''_2 = R_S + jX_2$$

Normally applicable: $X_2 = X''_d$

If x''_d different from x''_q , it may be set:

$$X''_2 = X_2 = \frac{1}{2} \cdot (X''_d + X''_q)$$

R_S/X''_d	U_{rG}	S_{rG}
0.15	$\leq 1\text{kV}$	any
0.07	$> 1\text{kV}$	$< 100\text{ MVA}$
0.05	$> 1\text{kV}$	$\geq 100\text{ MVA}$

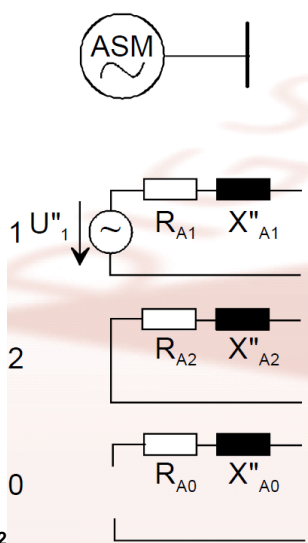
21

cchilet@tecsup.edu.pe

TECSUP

17/04/2010

Modelo de máquina asíncrona



Parámetros y cálculos

$$\underline{Z}_{AK} = \frac{1}{\left(\frac{I_{LR}}{I_{rM}} \right)} \cdot \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}}$$

R_M/X_M	U_{rM}	P_{rM} per Pole Pair
0.1	$> 1\text{kV}$	$\geq 1\text{ MW}$
0.15	$> 1\text{kV}$	$< 1\text{ MW}$
0.42	$\leq 1\text{kV, incl. cables}$	any

22

cchilet@tecsup.edu.pe

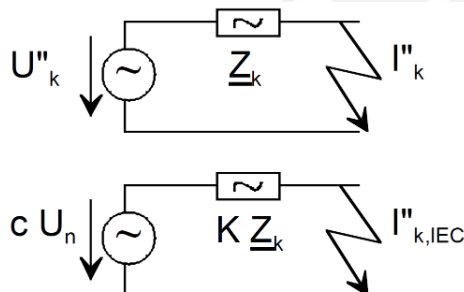
TECSUP

17/04/2010

Factores de corrección

IEC 60909 introduce:

- Un factor de corrección de tensión y
- Diferentes factores de corrección de impedancia (para corregir la impedancia de la fuente).



$$I''_k = \frac{U''_k}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \equiv \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot (K \cdot Z_k)} = I''_{k,IEC}$$

23

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Factores de corrección “c”

Nominal Voltage	Calc. max. S/C Current c_{max}	Calc. min S/C Current c_{min}
Low Voltage $U_n \leq 1 \text{ kV}$	1.05 (bei $U_{max} \leq 1.06 U_n$) 1.10 (bei $U_{max} \leq 1.10 U_n$)	0.95
Medium Voltage $1 \text{ kV} < U_n \leq 35 \text{ kV}$	1.10	1.00
High Voltage $35 \text{ kV} < U_n$	1.10 If U_n not defined: $c_{max} \cdot U_n \rightarrow U_m$	1.00 If U_n not defined: $c_{min} \cdot U_n \rightarrow 0.9 \cdot U_m$

In general must be considered: $c_{max} \cdot U_n \leq U_m$

24

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Corrección de la impedancia del Transformador

- Corrección de la impedancia del transformador en las redes de secuencia positivo, negativo y cero (excepto para impedancias a tierra)

$$K_T = 0.95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0.6 \cdot x_{krT}}$$

25

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Corrección de la impedancia para transformadores de 3 devanados

$$K_{T\Sigma 12} = 0.95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0.6 \cdot x_{kr\Sigma 12}}$$

$$K_{T\Sigma 23} = 0.95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0.6 \cdot x_{kr\Sigma 23}}$$

$$K_{T\Sigma 31} = 0.95 \cdot \frac{c_{\max}}{1 + 0.6 \cdot x_{kr\Sigma 31}}$$

26

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Corrección de la impedancia de máquinas síncronas

- El valor de resistencia medida (R_s) no es utilizado como la parte real de la Z_k .
- En lugar se emplea la resistencia R_{SG} ficticia (significativamente mayor que R_s), para poder simular la decadencia de la componente DC .

R_s/X''_d	U_{rG}	S_{rG}
0.15	$\leq 1\text{kV}$	arbitrary
0.07	$> 1\text{kV}$	$< 100\text{ MVA}$
0.05	$> 1\text{kV}$	$\geq 100\text{ MVA}$

27

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

IEC 60909: Modelo de máquina asíncrona

- Sin factor corrección:
- IEC 60909 formulación de condiciones bajo las cuales el motor asíncrono no debe ser despreciado (no relevante para implementaciones de Software)
- Estimación de R_M

R_M/X_M	U_{rM}	P_{rM} per Pole Pair
0.1	$> 1\text{kV}$	$\geq 1\text{ MW}$
0.15	$> 1\text{kV}$	$< 1\text{ MW}$
0.42	$\leq 1\text{kV}$, incl. cables	any

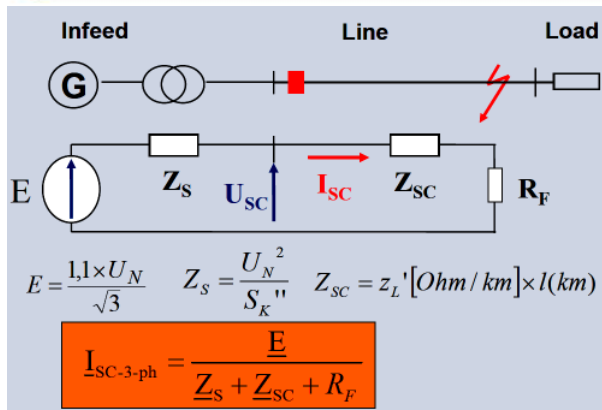
28

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

Corriente de falla, factores que influyen (por ejemplo un cortocircuito 3φ)



Example (R_F neglected):

$$E = \frac{1,1 \times 110kV}{\sqrt{3}} = 70kV$$

$$Z_s = \frac{110kV^2}{5000MVA} = 2,4Ohm$$

$$Z_{sc} = 0,4 [Ohm / km] \times 20(km) = 8Ohm$$

$$I_{SC-3-ph} = \frac{70kV}{(2,4 + 8,0)Ohm} = 6,7kA$$

- Potencia de cortocircuito de la alimentación (impedancia de la fuente Z_s).
- Impedancia de línea para localizar la falla (impedancia de cortocircuito Z_{sc})
- Resistencia de falla (R_F)
- Aterramiento del neutro (limitación de la corriente, por ejm a 2 kA).

17/04/2010

Bases metodológicas y modelos
ANSI C37

ANSI – C37

- Las normas de ANSI que se dirigen al cálculo de la falla para el **medio y alto voltaje** son:
 - ANSI Std C37.010-1979,
 - ANSI Std C37.5-1979.
- Las normas de ANSI que se dirigen cálculos de la falla para los sistemas de *bajo-voltaje* (debajo de 1000 V), es:
 - ANSI Std C37.13-1990,

31

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

ANSI – C37

- Se definen tres 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).

32

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

ANSI – C37

Corriente de primer ciclo

- También llamadas corrientes momentáneas,
- Son las corrientes de $\frac{1}{2}$ ciclo después del inicio de la falla; ellas enfrentan la relación para el servicio de los interruptores del circuito cuando están resistiendo corrientes de cortocircuito.

33

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

ANSI – C37

Corriente de Interrupción

- Son las corrientes del cortocircuito en el intervalo de tiempo de 3 a 5 ciclos después de iniciado la falla.
- Relacionan a las corrientes percibidas por el equipo de interrupción al aislar una falla.
- Son llamadas corrientes de apertura de contacto.
- Son asimétricas; ellos contienen componente DC, pero se da consideración debida ahora al decremento de la componente AC debido a que ha pasado el tiempo del principio de la falla.

34

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

ANSI – C37

Corriente con Tiempo de Retardo

- Las corrientes de tiempo retardado son las corrientes de cortocircuito que existen más allá de 6 ciclos (a 30 ciclos) de iniciado la falla.
- Son útiles para determinar si las corrientes son sensadas por los relés con retardo y en evaluar la sensibilidad de los relés de sobrecorriente.
- Estas corrientes son asumidas por no contener ningún desplazamiento de la componente DC.

35

cchilet@tecsup.edu.pe



17/04/2010

17/04/2010

cchilet@tecsup.edu.pe



36