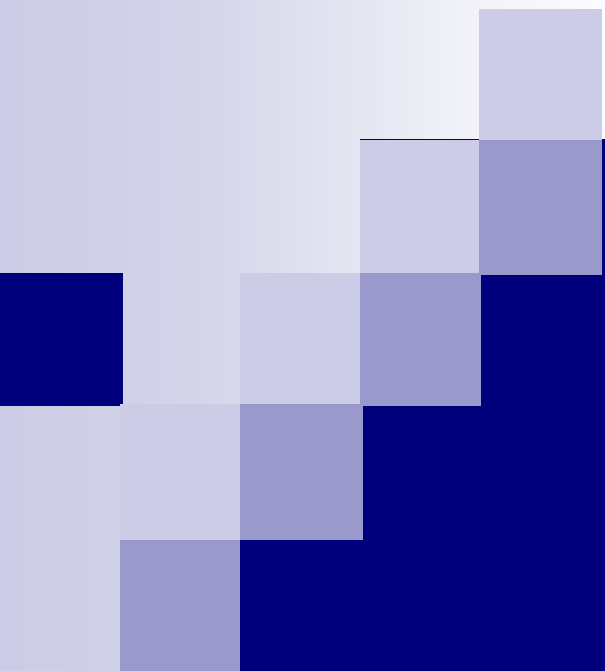




Corrientes de cortocircuito

Alumnos:

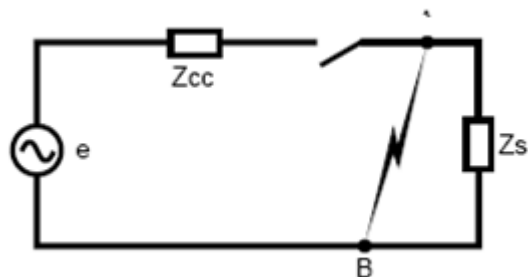
Camino, Federico
López, Alberto

Materia: Instalaciones Industriales

20 de septiembre de 2006

Cortocircuitos

- **Corriente de cortocircuito:** Se entiende por cortocircuito, a la falla que puede aparecer en un circuito o instalación eléctrica cuando se interpone entre dos conductores que se hallan bajo una tensión eléctrica, una resistencia de valor despreciable o nulo.
- **Intensidad de cortocircuito:** Se entiende por intensidad de cortocircuito, al valor de corriente obtenido al interponerse entre dos conductores que se encuentran sometidos a una diferencia de potencial cualquiera, una resistencia de valor prácticamente nulo.



Cortocircuitos

Corriente de cortocircuito: es la que fluye por el punto defectuoso mientras dura el cortocircuito.

Es necesario conocer dos valores de corriente de cortocircuito:

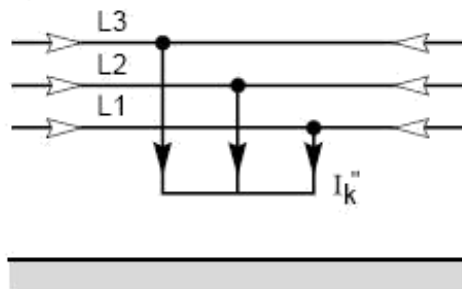
- la corriente máxima de cortocircuito, que determina:
 - el poder de corte -PdC- de los interruptores automáticos
 - el poder de cierre de los dispositivos
 - la sollicitación electrodinámica de conductores y en aparato
- la corriente mínima de cortocircuito, indispensable para elegir el calibre de la curva de disparo de los interruptores automáticos y fusibles.

Características de los cortocircuitos

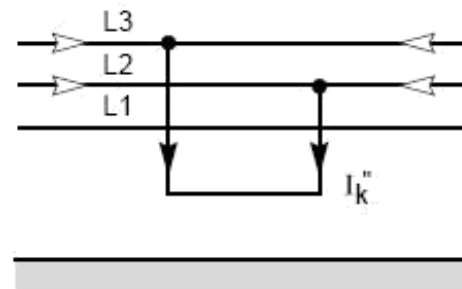
- Duración: autoextinguible, transitorio, permanente.
- Origen:
 - factores mecánicos
 - sobretensiones eléctricas
 - degradación del aislamiento
- Localización: dentro o fuera de una máquina o un tablero eléctrico.
- Pueden ser:
 - monofásicos (80%)
 - bifásicos (15%) (suelen degenerar en trifásicos)
 - trifásicos de origen (5%)

Diferentes cortocircuitos y sus corrientes

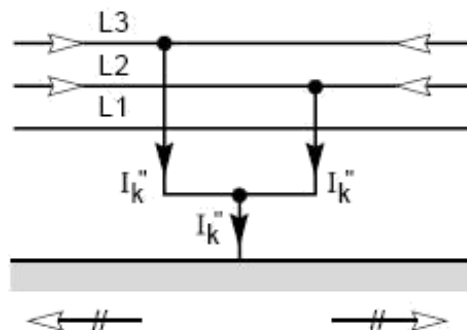
a) cortocircuito trifásico simétrico



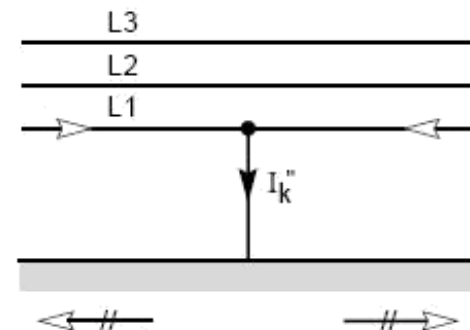
b) cortocircuito entre fases, aislado



c) cortocircuito entre fases, con puesta a tierra



d) cortocircuito fase-tierra



 corriente de cortocircuito,
 corrientes de cortocircuito parciales en los conductores de tierra.

Para los cálculos, estas diferentes corrientes (I_k'') se distinguen por sus índices.

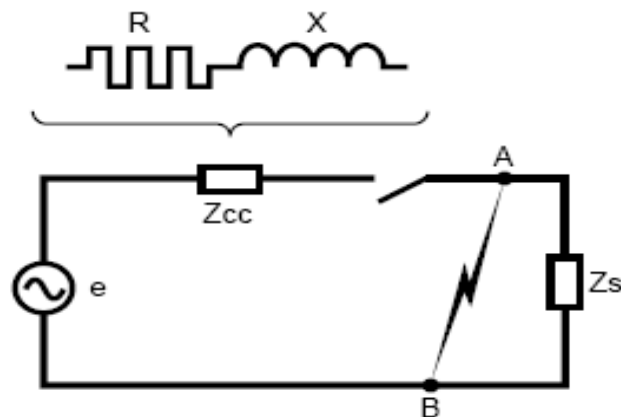
Consecuencias de los defectos de cortocircuito

Dependen de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad:

- según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:
 - degradar los aislantes,
 - fundir los conductores,
 - provocar un incendio o representar un peligro para las personas.
- según el circuito afectado, pueden presentarse:
 - sobreesfuerzos electrodinámicos, con:
 - deformación de los JdB (juegos de barras),
 - arrancado o desprendimiento de los cables;
 - sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes;

- para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o de redes próximas:
 - bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, de algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos;
 - desconexión de una parte más o menos importante de la instalación, según el esquema y la selectividad de sus protecciones;
 - inestabilidad dinámica y/o pérdida de sincronismo de las máquinas;
 - perturbaciones en los circuitos de mando y control; etc

Esquema simplificado de una red



- Defecto entre A y B:
 I_{CC} muy elevada
(limitada sólo por Z_{CC})
- I_{CC} sigue un régimen transitorio en función de R y X .
- En una distribución de potencia:
$$\cos \varphi_{CC} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \approx \frac{R}{X}$$
- El régimen transitorio depende de la distancia del punto de defecto a los alternadores.

Defecto alejado de los alternadores

- Tensión:

$$e = E \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

- Corriente de cortocircuito:

Es la suma de 2 componentes

$$i = i_a + i_c$$

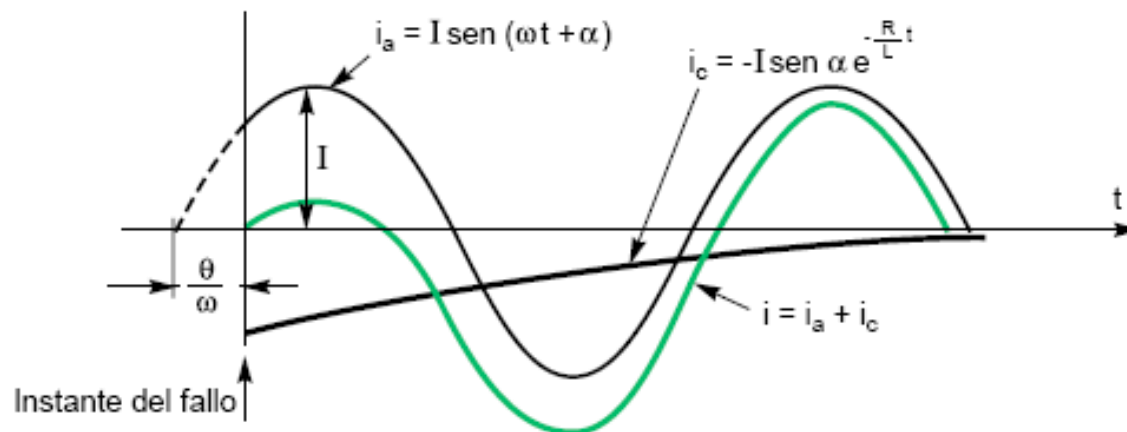
i_a : alterna y senoidal

i_c : unidireccional y amortiguada

- Valor máximo de corriente:

(primera cresta de corriente de defecto)

$$i_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I_a$$



Defecto en la proximidad de los alternadores

La variación de la impedancia del alternador provoca la amortiguación de I_{CC} .

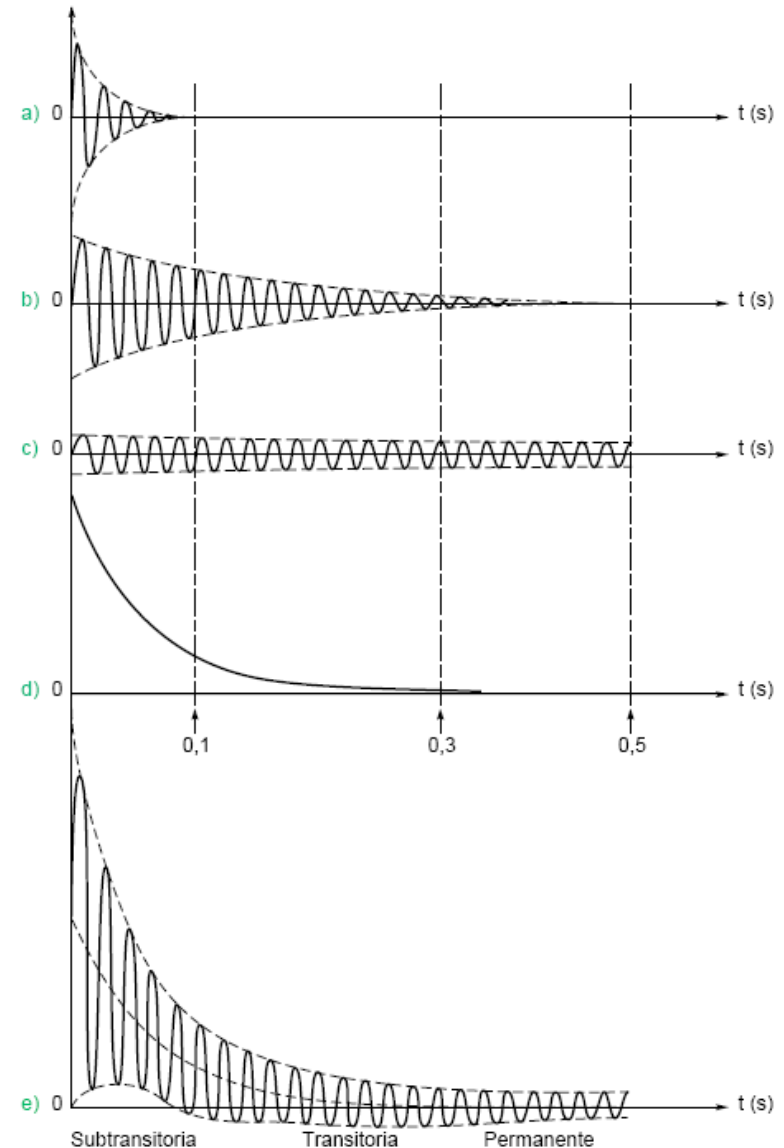
Se considera la f.e.m. constante, pero la reactancia interna de la máquina como variable. Evoluciona en tres estados:

- **el subtransitorio**
- **el transitorio**
- **el permanente**

Va tomando un valor cada vez mayor $\rightarrow$ disminución progresiva de I_{CC} .

I_{CC} es la suma de cuatro componentes:

- las tres componentes alternas (subtransitoria, transitoria y permanente),
- la componente unidireccional



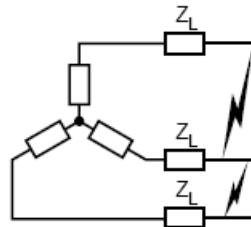
Hipótesis de partida para el cálculo de I_{CC}

- la red considerada es radial y su tensión nominal está comprendida entre la BT y la AT (sin rebasar los 230 kV, límite impuesto por la norma IEC 60909);
- la corriente de cortocircuito, al producirse un cortocircuito trifásico, se supone establecida simultáneamente en las tres fases;
- durante el cortocircuito, el número de fases afectadas no se modifica;
- durante todo el tiempo del cortocircuito, tanto las tensiones que han provocado la circulación de corriente como la impedancia de cortocircuito no varían de forma significativa;
- los reguladores o conmutadores de tomas de los transformadores se suponen situados en posición intermedia;
- no se tienen en cuenta las resistencias del arco;
- se desprecian todas las capacidades de las líneas;
- se desprecian las corrientes de carga;
- se tienen en cuenta todas las impedancias homopolares.

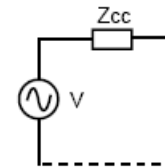
Método de las impedancias (Norma IEC 60364)

I_{CC} según diferentes tipos de cortocircuito

Cortocircuito trifásico
(el defecto corresponde a la
unión de las 3 fases)

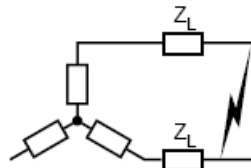


≡

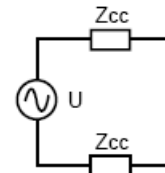


$$I_{CC_3} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc}}$$

Cortocircuito bifásico
(defecto entre 2 fases)

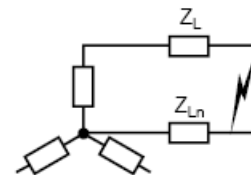


≡

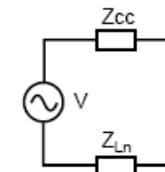


$$I_{CC_2} = \frac{U}{2 \cdot Z_{cc}}$$

Cortocircuito monofásico
(defecto entre una fase y el
neutro)

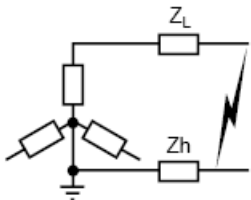


≡

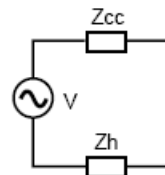


$$I_{CC_1} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc} + Z_{Ln}}$$

Cortocircuito a tierra
(defecto entre una fase y
tierra)



≡



$$I_{CC_n} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{cc} + Z_h}$$

Método de las impedancias

Determinación de impedancias de la red

- Impedancia equivalente de la red aguas arriba

$$Z_a = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

$R_a/Z_a \approx 0,2$ en 20 kV

$$X_a = \sqrt{Z_a^2 - R_a^2}$$

$$\frac{X_a}{Z_a} = \sqrt{1 - \left(\frac{R_a}{Z_a}\right)^2}$$

$$X_a = 0.980 Z_a \approx Z_a$$

- Impedancia interna del transformador

$$Z_T = u_{cc} \frac{U^2}{S_n}$$

Generalmente $R_T \ll X_T$, pero en pequeñas potencias

$$R_T = \frac{W}{3I_n^2}$$

Método de las impedancias

Determinación de impedancias de la red

- Impedancia de las líneas de baja tensión

$$R_L = \frac{\rho}{S}$$

$$X_L = L \cdot \omega = [15,47 + 144,44 \cdot \log(\frac{d}{r})]$$

- Aproximaciones

- Líneas aéreas

$$X_L = 0,4 \Omega/\text{km} \text{ (líneas de MTo AT)}$$

$$X_L = 0,3 \Omega/\text{km} \text{ (líneas de BT o MT)}$$

- Cables según sistema de instalación

Tipo de instalación	Juego de barras	Cable trifásico	Cables unipolares separados	Cables unipolares colocados en triángulo	3 cables en línea juntos	3 cables en línea separados «d»: d = 2r d = 4r	
Esquema							
Reactancia unitaria valores extremos en mΩ/m	0,15	0,08	0,15	0,085	0,095	0,145	0,19
Reactancia unitaria valores extremos en mΩ/m	0,12-0,18	0,06-01	0,1-0,2	0,08-0,09	0,09-01	0,14-0,15	0,18-0,20

Método de las impedancias

Determinación de impedancias de las máquinas giratorias

■ Alternadores síncronos

$$I_{cc}/I_n = 100/x$$

$$Z = \frac{x}{100} \frac{U^2}{S_n}$$

Valores de x

	Reactancia subtransitoria	Reactancia transitoria	Reactancia permanente
Turboalternadores	10-20	15-25	150-230
Alternadores de polos salientes	15-25	25-35	70-120

■ Motores y compensadores síncronos

Se comportan igual que los alternadores

	Reactancia subtransitoria	Reactancia transitoria	Reactancia permanente
Motores de alta velocidad	15	25	80
Motores lentos	35	50	100
Compensadores	25	40	160

■ Motores asíncronos

- Es un generador al que podemos atribuirle una impedancia subtransitoria del 20 al 25%

Método de las impedancias

Determinación de otras impedancias

■ Condensadores

- No es necesario para calcular el valor máximo de la corriente de corto circuito la aportación de las baterías de condensadores
- Debe tenerse en cuenta que inciden en los fenómenos de ruptura

■ Dispositivos de maniobra

- Debe tenerse en cuenta su impedancia sólo si se encuentran situados inmediatamente aguas arriba del cortocircuito detectado que son los únicos que deben abrir el cortocircuito (interruptores automáticos selectivos)

■ Arcos en el punto de falla

- La corriente de cortocircuito atraviesa normalmente un arco en el punto del defecto, cuya resistencia es apreciable y muy variable. La caída de tensión en un arco de defecto varía entre 100 y 300 V.
 - En AT se desprecia
 - En BT debe tenerse en cuenta para el cálculo de la corriente mínima

■ Otras impedancias

- Filtros antiarmónicos y bobinas de choque
- Transformadores de corriente con primario bobinado cuya impedancia varía según el calibre y la construcción

Método de las impedancias

Cálculo de las impedancias a diferentes niveles de tensión

- Todas las impedancias deben calcularse refiriéndolas a la tensión del punto del defecto.
- Para el cálculo de un defecto del lado de BT del transformador:

$$Z_{BT} = Z_{AT} \cdot \left(\frac{U_{BT}}{U_{AT}} \right)^2$$

- Método de las impedancias relativas: permite establecer una relación entre las impedancias de los diferentes niveles de tensión de una instalación eléctrica.

Las impedancias se dividen por el cuadrado de la tensión de línea, obteniendo las impedancias relativas.

Luego,

$$S_{CC} = \frac{1}{\sum Z_R}$$

$$I_{CC} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \sum Z_R}$$

Cálculo práctico I_{CC}

Planteo del problema

Diagrama unifilar

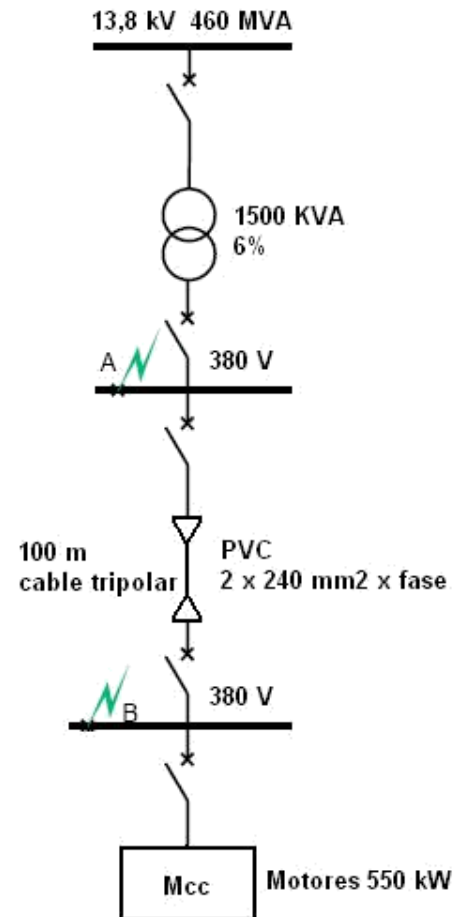
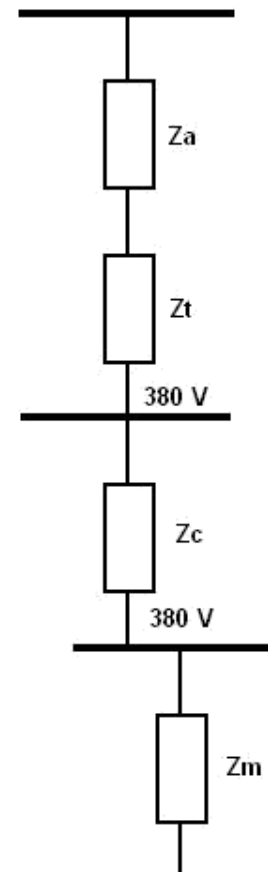


Diagrama de Z



Cálculo práctico I_{CC}

Resolución: Cálculo de impedancias

	Fórmula	Cálculo	Resultado	
			X [mΩ]	R [mΩ]
1. Red aguas arriba	$Z_a = \frac{U^2[V]}{S_{cc}[VA]}$	$Z_a = \frac{(13,8 \text{ kV})^2}{460 \text{ MVA}} = 0,42 \Omega$	-	-
	$R_a = 0,2 \cdot X_a$	$R_a = 0,2 \cdot 0,31 \text{ m}\Omega$	-	0,062
	$X_a = 0,98 \cdot Z_a$	$X_a = 0,98 \cdot 0,42 \Omega \cdot \left(\frac{380 \text{ V}}{13,8 \text{ kV}}\right)^2$	0,31	-
2. Transformador	$Z_T = \frac{U_{cc}[\%]}{100} \cdot \frac{U^2[V]}{S_n[VA]}$	$Z_T = \frac{6}{100} \cdot \frac{(380 \text{ V})^2}{1500 \text{ KVA}} = 5,7 \text{ m}\Omega$	-	-
	$X_T \cong Z_T$	$X_T = 5,7 \text{ m}\Omega$	5,7	-
	$R_T = 0,2 \cdot X_T$	$R_T = 0,2 \cdot 5,7 \text{ m}\Omega$	-	1,15

Cálculo práctico I_{CC}

Resolución: Cálculo de impedancias

	Fórmula	Cálculo	Resultado	
			X [mΩ]	R [mΩ]
3. Cables	$X_C = x_u \left[\frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} \right] \cdot L[\text{m}]$	$X_C = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,08 \text{ m}\Omega}{\text{m}} \cdot 100 \text{ m}$	4	-
	$R_C = \rho \cdot \frac{L[\text{m}]}{S[\text{mm}^2]}$	$R_C = \frac{1}{2} \cdot 0,018 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{100 \text{ m}}{240 \text{ mm}^2}$	-	3,75
4. Motores	$X_m = \frac{25}{100} \cdot \frac{U^2[\text{V}]}{P[\text{kW}]}$	$X_m = \frac{25}{100} \cdot \frac{(380\text{V})^2}{550 \text{ kW}}$	66	-
	$R_m = 0,2 \cdot X_m$	$R_m = 0,2 \cdot 66 \text{ m}\Omega$	-	13,2

Cálculo práctico I_{CC}

Resolución: Cálculo de las corrientes de fallas sin aportes de motores

	Fórmula	Resultado
1. Punto A	$X_A = X_a + X_T$	6,01 mΩ
	$R_A = R_a + R_T$	1,212 mΩ
	$Z_A = \sqrt{R_A^2 + X_A^2}$	6,13 mΩ
	$I_A = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_A}$	35790 A
	$I_P = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_A (k = 1,5)$	75922 A
2. Punto B	$X_B = X_A + X_C$	10,01 mΩ
	$R_B = R_A + R_C$	4,962 mΩ
	$Z_B = \sqrt{R_B^2 + X_B^2}$	11,17 mΩ
	$I_B = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_B}$	19641 A
	$I_P = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_B (k = 1,2)$	33332 A

Cálculo práctico I_{CC}

Resolución: Cálculo de las corrientes de fallas con aportes de motores

	Fórmula	Resultado
1. Punto A	$X_{AM} = X_C + X_m$	70 mΩ
	$R_{AM} = R_C + R_m$	16,95 mΩ
	$Z_{AM} = \sqrt{R_{AM}^2 + X_{AM}^2}$	72,02 mΩ
	$I_{AM} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_{AM}}$	3046 A
	$I_P = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{AM} (k = 1,5)$	6462 A
	$I_{AMT} = I_A + I_{AM}$	38836 A
2. Punto B	$Z_m = \sqrt{R_m^2 + X_m^2}$	67,31 mΩ
	$I_{BM} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z_m}$	3259 A
	$I_P = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_B (k = 1,5)$	6913 A
	$I_{BMT} = I_B + I_{BM}$	22900 A