

SEP II

Msc. Ing. Adriana Pacheco

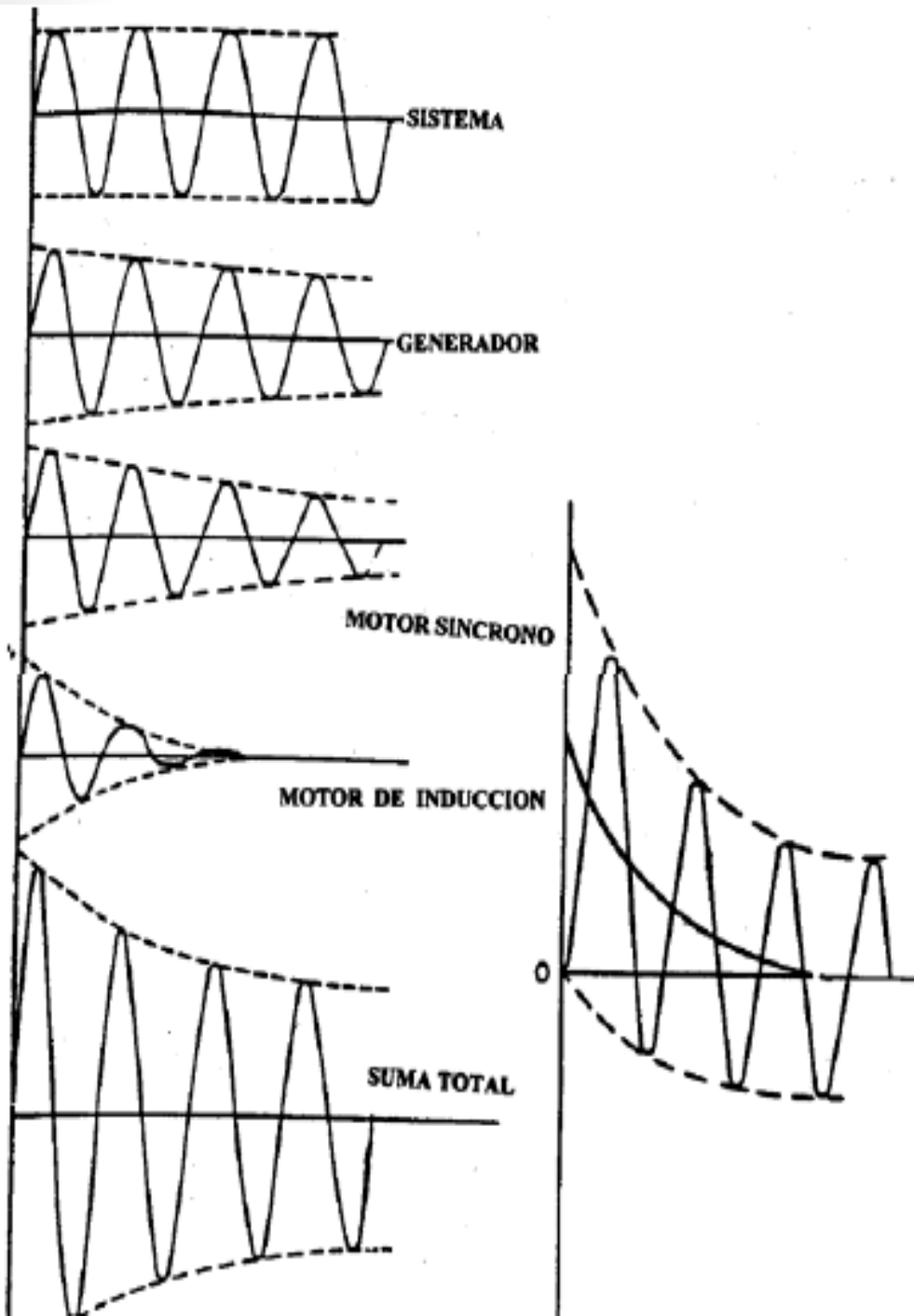
Componentes Simétricas

Definiciones

INTRODUCCIÓN

- Los SEP's por razones económicas y técnicas son 3 ϕ simétricos.
- En condiciones normales de operación los sistemas son 3 ϕ balanceados, por tanto, sus fasores de tensión en cualquier punto poseen igual magnitud, sólo que desfasados, lo mismo ocurre con la I.
- Los SEP's en ciertas ocasiones están expuestos a estados de operación que producen desbalances en el sistema, como las carga asimétricas y las fallas asimétricas.

Introducción



INTRODUCCIÓN

- El estudio de circuitos eléctricos trifásicos en condiciones desbalanceadas impide el uso de equivalentes por fase, siendo imperativo la aplicación directa de las ecuaciones de Kirchhoff.
- En los SEP's, el análisis de las condiciones de operación desbalanceada ha sido especialmente simplificado gracias a la aplicación de un artificio matemático, el que permite que la condición de desbalance sea estudiada en forma balanceada. Esto se consigue a través del método de

COMPONENTES SIMÉTRICAS

INTRODUCCIÓN

- El método consiste en determinar las componentes simétricas de la falla y luego encontrar las I y V en diversos puntos del sistema.
- Aplicaciones: Cálculo de fallas desbalanceadas en sistemas 3ϕ simétricos, en condiciones de régimen permanente, aunque generalmente con una sola falla simultánea a la vez.

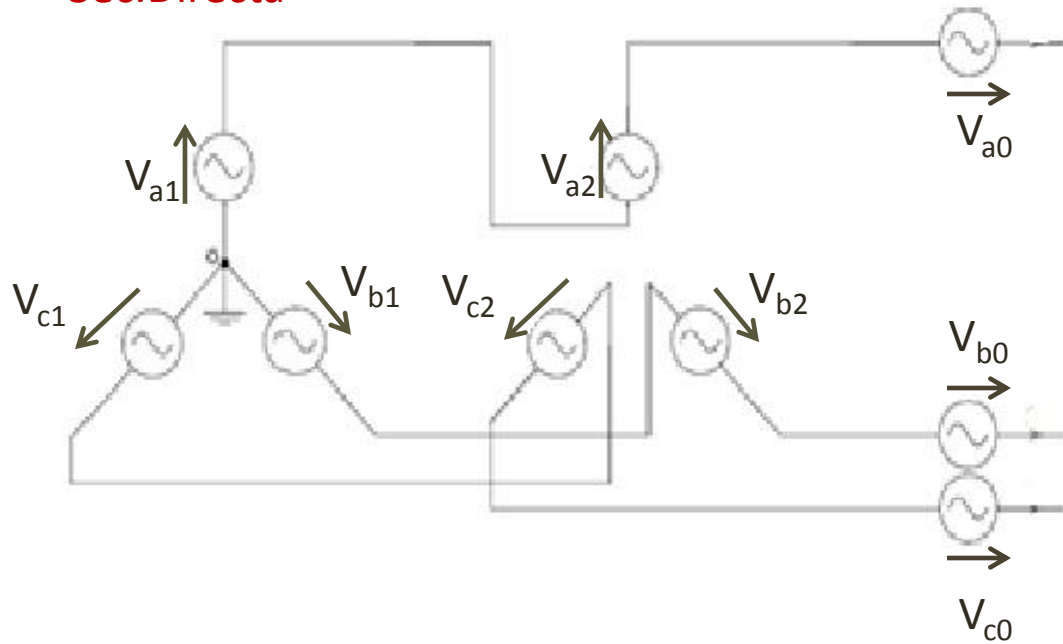
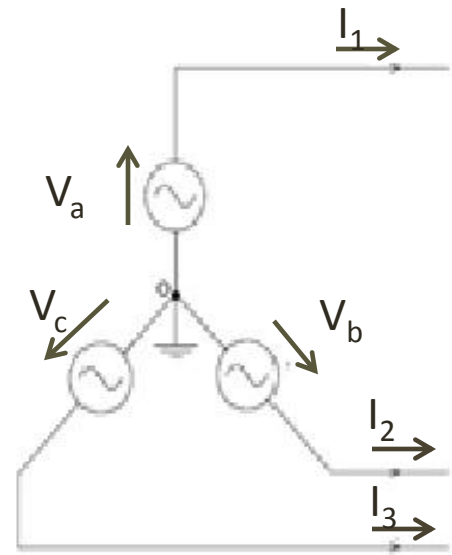
DEFINICIONES

TEOREMA DE FORTESCUE O STOKVIS

Tres fasores desbalanceados de un sistema 3 ϕ se pueden descomponer en tres sistemas balanceados de fasores:

Sistema Original

= Sec. Positiva
Sec. Directa + Sec. Negativa
Sec. Inversa + Sec. Cero
Sec. Homopolar



DEFINICIONES

TEOREMA DE FORTESCUE O STOKVIS

1. *Secuencia positiva*: tres fasores de igual magnitud desfasados 120° y con la misma secuencia de fase que las fases originales.
2. *Secuencia negativa*: tres fasores iguales en magnitud, desplazados 120° y que tienen una secuencia de fase contraria a las fases originales.
3. *Secuencia cero (homopolares)*: tres fasores iguales en magnitud y con un desplazamiento de fase cero uno de otro.

Method of Symmetrical Coordinates Applied to the Solution of Polyphase Networks. Transactions AIEE

DEFINICIONES

- Cuando se resuelve un problema por componentes simétricas, es costumbre designar las tres fases del sistema como a, b y c, de forma que la secuencia de fase de voltajes y corrientes en el sistema es **abc**. Así, la secuencia de fase de las componentes de secuencia positiva de los fasores desbalanceados es abc, y la secuencia de fase de las componentes de secuencia negativa es acb.
- El método es simple y conduce a predicciones muy aproximadas del comportamiento del sistema y consiste en encontrar las componentes simétricas de la corriente en la falla. Los valores de la I y V en varios puntos del sistema se pueden encontrar por medio de la matriz de Zbarra.

DEFINICIONES

Operador a

1. Una I o $V \sim$ con frecuencia fija dada se caracteriza por la amplitud y el ángulo de fase $\rightarrow$ Fasores
2. En un sistema de n fases, c/fase se encuentra separada un ángulo $\frac{2\pi}{n} = \frac{360^\circ}{n}$. Para un sistema 3ϕ , el $\angle$ es 120° eléctricos
3. Un fasor es una cantidad compleja Z y puede se interpretado como radiovectores de magnitud $|Z|$ y ángulo $\angle \theta$ que gira a una velocidad angular constante ω

$$Z = |Z| \angle \theta$$

DEFINICIONES

Operador a

Se emplea operaciones de fasores, como el producto:

$$Z_1 = |Z_1| \angle \theta_1 \quad Z_2 = |Z_2| \angle \theta_2$$

$$Z_1 Z_2 = |Z_1| |Z_2| \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

4. La unidad imaginaria $j = \sqrt{-1}$ en números complejos es un operador que realiza un desplazamientos de fase de 90°

Se puede ejecutar el producto de:

$$j|Z| = |Z| \angle (\theta + 90^\circ)$$

DEFINICIONES

Operador α

5. El operador α se utiliza en estudios de SEP para designar rotación de 120° eléctricos en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj.
6. El operador α se define como un número complejo que en notación polar posee una magnitud igual a 1 y ángulo 120° :

$$\alpha = 1 \angle 120^\circ = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

7. El operador α posee algunas propiedades como:

DEFINICIONES

Operador a

$$-a = 1\angle -60^\circ = \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a = 1\angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = 1\angle 240^\circ = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^3 = 1\angle 360^\circ = 1 + 0j$$

$$a^4 = 1\angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = a$$

$$1+a = 1\angle 60^\circ = \frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = -a^2$$

$$1-a = \sqrt{3}\angle -30^\circ = \frac{3}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$1+a^2 = 1\angle -60^\circ = \frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} = -a$$

$$1-a^2 = \sqrt{3}\angle 30^\circ = \frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a+a^2 = 1\angle 180^\circ = -1 + j0$$

$$a-a^2 = \sqrt{3}\angle 90^\circ = 0 + j\sqrt{3}$$

$$1+a+a^2 = 0 + j0$$

Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

- El método de Fortescout permite analizar las fallas ásimétricas (cortocircuitos bifásicos, monofásicos, apertura de conductores, etc.) que son aquellas donde los parámetros eléctricos por fases poseen valores modulares y de fase diferentes.
- Este método cada una de las fases esta dividida en 3 componentes simétricas:

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{A1} + \underline{I}_{A2} + \underline{I}_{A0}$$

$$a) \underline{I}_B = \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{B2} + \underline{I}_{B0}$$

$$\underline{I}_C = \underline{I}_{C1} + \underline{I}_{C2} + \underline{I}_{C0}$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0}$$

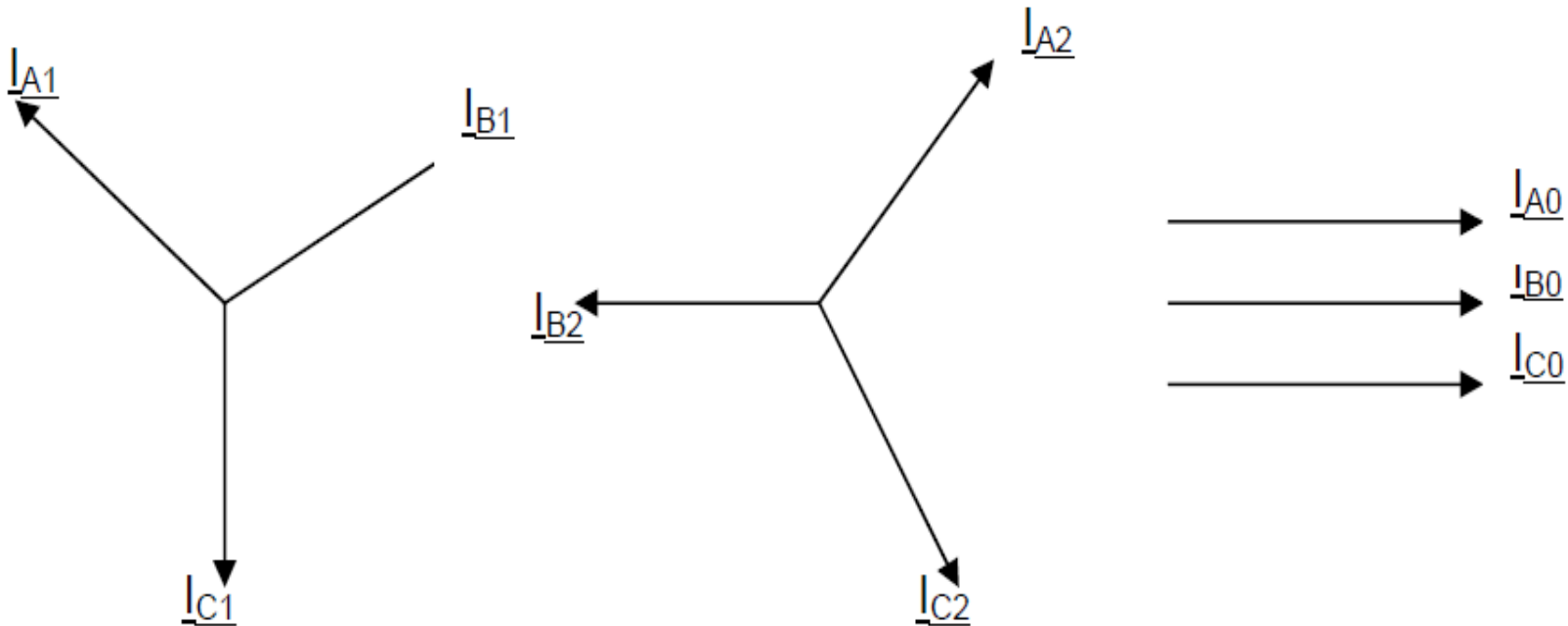
$$b) \underline{U}_B = \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{B2} + \underline{U}_{B0}$$

$$\underline{U}_C = \underline{U}_{C1} + \underline{U}_{C2} + \underline{U}_{C0}$$

Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

- Estas expresiones se pueden representar gráficamente como:



Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

- Aplicando el álgebra matemática:

$$\underline{I}_{B1} = \underline{I}_{A1} e^{-j120^\circ}$$

$$\underline{I}_{B2} = \underline{I}_{A2} e^{j120^\circ}$$

$$\underline{I}_{B0} = \underline{I}_{A0}$$

$$\underline{I}_{C1} = \underline{I}_{A1} e^{j120^\circ}$$

$$\underline{I}_{C2} = \underline{I}_{A2} e^{-j120^\circ}$$

$$\underline{I}_{C0} = \underline{I}_{A0}$$

- Si se emplean en estas ecuaciones el factor a , entonces se modifican las ecuaciones a:

$$\underline{I}_{B1} = a^2 \underline{I}_{A1}$$

$$\underline{I}_{B2} = a \underline{I}_{A2}$$

$$\underline{I}_{B0} = \underline{I}_{A0}$$

$$\underline{I}_{C1} = a \underline{I}_{A1}$$

$$\underline{I}_{C2} = a^2 \underline{I}_{A2}$$

$$\underline{I}_{C0} = \underline{I}_{A0}$$

Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

- Al emplear los fasores a y a^2 , se modifican las ecuaciones donde las componentes simétricas de todas las fases se puede obtener como función de las componentes de secuencia de una sola fase:

$$\underline{I}_A = \underline{I}_{A1} + \underline{I}_{A2} + \underline{I}_{A0}$$

$$\text{a) } \underline{I}_B = a^2 \underline{I}_{A1} + a \underline{I}_{A2} + \underline{I}_{A0}$$

$$\underline{I}_C = a \underline{I}_{A1} + a^2 \underline{I}_{A2} + \underline{I}_{A0}$$

$$\underline{U}_A = \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0}$$

$$\text{b) } \underline{U}_B = a^2 \underline{U}_{A1} + a \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0}$$

$$\underline{U}_C = a \underline{U}_{A1} + a^2 \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0}$$

Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

- Expresando las ecuaciones anteriores en forma matricial y los parámetros eléctricos de las fases como X (I, V, P, Q), se tiene:

$$\begin{bmatrix} \underline{X}_{(ABC)} \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} \underline{X}_{A(120)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{X}_{A1} \\ \underline{X}_{A2} \\ \underline{X}_{A0} \end{bmatrix}$$

- Escribiendo la variables eléctricas:

Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

$$\begin{bmatrix} \underline{X}_{A(120)} \end{bmatrix} = [A]^{-1} \begin{bmatrix} \underline{X}_{(ABC)} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{X}_A \\ \underline{X}_B \\ \underline{X}_C \end{bmatrix}$$

- Para obtener las componentes simétricas se invierte la matriz anterior de tal forma que:

Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix}$$

Vasimétrico

A

Vsimétrico

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{V}_{asim} = \mathbf{A} \mathbf{V}_{sim}$$

$$\mathbf{V}_{sim} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{V}_{asim}$$

$$\mathbf{A}^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{I}_{asim} = \mathbf{A} \mathbf{I}_{sim}$$

$$\mathbf{I}_{sim} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{I}_{asim}$$

$$V_{a0} = \frac{1}{3} [V_a + V_b + V_c]$$

$$V_{a1} = \frac{1}{3} [V_a + aV_b + a^2V_c]$$

$$V_{a2} = \frac{1}{3} [V_a + a^2V_b + aV_c]$$

$$I_{a0} = \frac{1}{3} [I_a + I_b + I_c]$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3} [I_a + aI_b + a^2I_c]$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3} [I_a + a^2I_b + aI_c]$$

Componentes Simétricas

En función de los fasores Asimétricos

- En la Ec. de V_{a0} no hay componente de secuencia cero de la suma de fasores desbalanceados es cero.
- Como la suma de los fasores de V_{L-L} en un sistema 3ϕ es siempre cero, las componentes de secuencia cero nunca estarán presentes en los voltajes de línea, independientemente del grado de desbalance.
- La suma de los tres fasores de V_{L-N} no necesariamente son cero y los voltajes al neutro pueden contener componentes de secuencia cero.

Componentes Simétricas

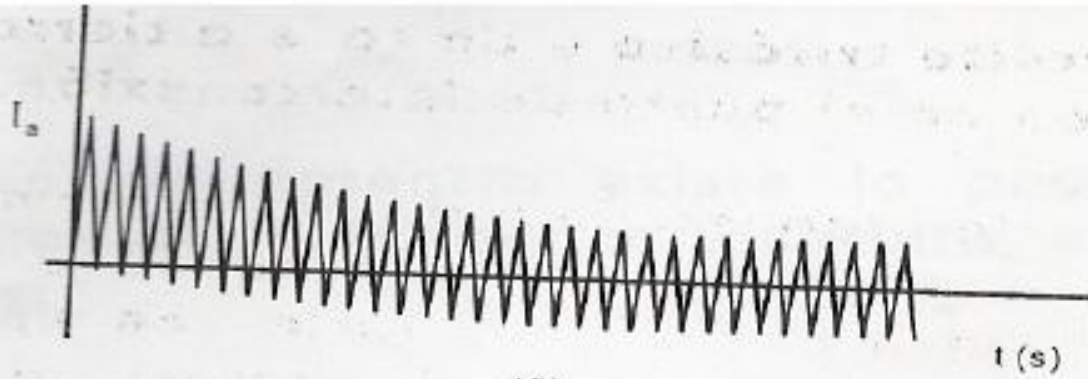
En función de los fasores Asimétricos

Obs: No existen componentes de secuencia cero si la suma de los fasores desequilibrados vale cero

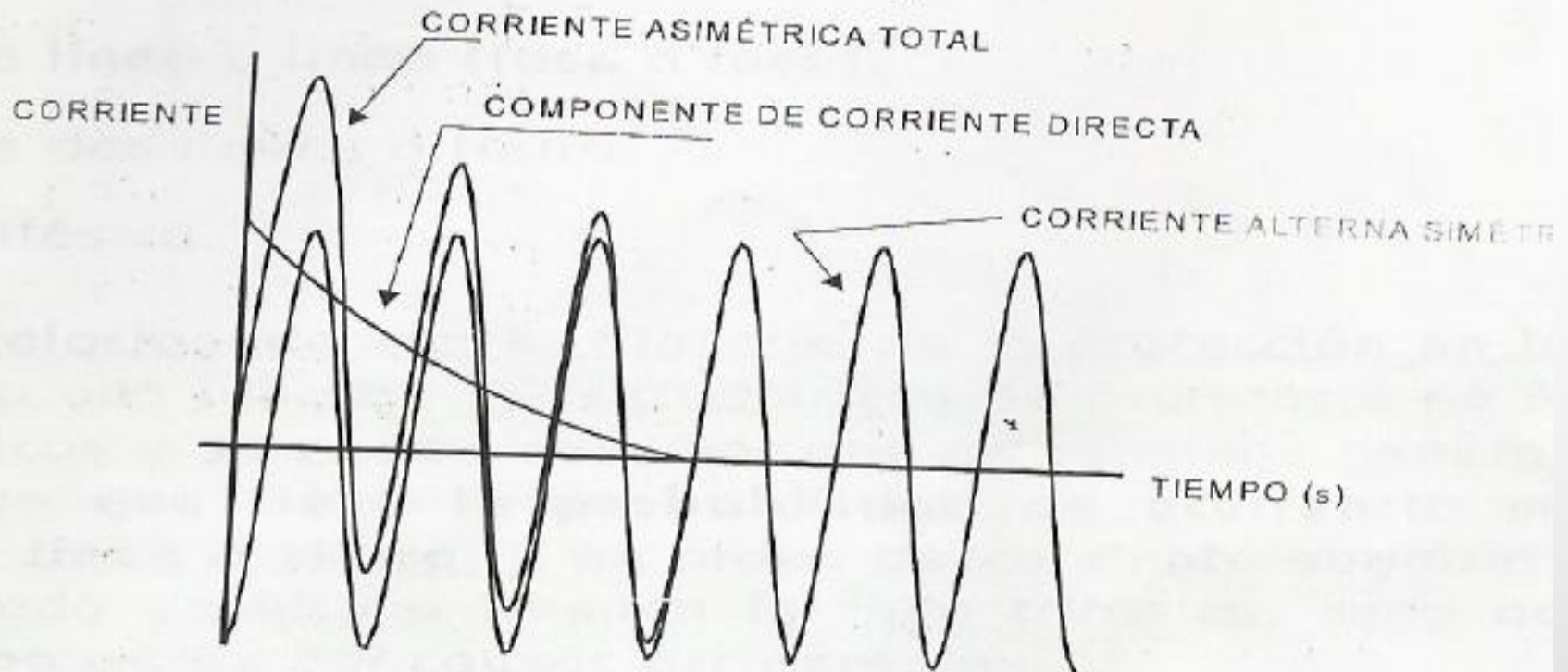
- La corriente simétrica se compone solamente de c.a.
- Una corriente asimétrica esta compuesta de dos componentes:
 - Componente de c.a.
 - Componente de c.c.

Componentes Simétricas

Grafica de Corriente Asimétrica



(A)



Componentes Simétricas

Potencia eléctrica

Si se conocen las componentes de secuencia de la corriente y tensión, se puede calcular directamente la potencia suministrada en un circuito trifásico a partir de dichas componentes.

La potencia compleja total transmitida en un circuito trifásico por tres líneas (a,b,c) es:

$$S = P + jQ = V_a I_a^* + V_b I_b^* + V_c I_c^*$$

V_a, V_b, V_c son voltajes respecto al neutro en terminales e I_a, I_b, I_c corresponde a las corrientes que entran al circuito

Componentes Simétricas

Potencia eléctrica

$$S = [V_a \quad V_b \quad V_c] \begin{bmatrix} I_a^* \\ I_b^* \\ I_c^* \end{bmatrix}$$

Realizando las sustituciones, se obtiene:

$$S = 3(V_{a0}I_{a0} + V_{a1}I_{a1} + V_{a2}I_{a2})$$

El análisis por componentes simétricas es una poderosa herramienta que realiza el cálculo de las fallas asimétricas de una manera tan sencilla como el caso de las fallas trifásicas.

CONSULTAS

- **CIRCUITOS SIMETRICOS Y Y Δ**
- Impedancia conectada en Y y conectada en Δ
- Componentes de secuencia positiva y negativa
- Impedancias conectadas en Y con conexión del neutro a tierra.
- Ejemplo de aplicación
- **CIRCUITOS DE SECUENCIA DE IMPEDANCIAS Y Y Δ**
- Circuitos de secuencia cero, positiva, negativa y cero
- Ejemplo de aplicación

REDES DE SECUENCIA

El estudio de una falla asimétrica consiste en la determinación de los componentes simétricos de la corrientes desequilibradas.

Las componentes de la secuencia de la I dan lugar a caídas de voltaje solamente en la misma secuencia.

Si se considera el trabajo de un SEP idealmente como un sistema equilibrado trifásico entonces:

- Módulos de la corriente de las fases es el mismo

$$I_A = I_B = I_C$$

- Las corrientes esta desfasadas 120°

$$\varphi_B = \varphi_A - 120^\circ \qquad \varphi_C = \varphi_A + 120^\circ$$

REDES DE SECUENCIA

- Se puede obtener que:

$$I_{A0}=I_{A2}=0$$

$$I_{A1}=I_A$$

Entonces se puede observar que si el SEP sea balanceado no existe otras componentes que la de secuencia positiva. Por tanto, los parámetros del sistemas corresponden a componentes de secuencia positiva.

REDES DE SECUENCIA

Igual que existe la red de secuencia positiva que origina las I_{A1} y V_{A1} existe las redes de red sec – y red sec 0.

Cada modelo de red de secuencia donde circula I_{a1} , I_{a2} y I_{a0} se interconectan de una manera muy específica que depende de las diversas condiciones de falla desequilibradas.

El objetivo del análisis de una falla por el método de componentes simétricas es determinar las impedancias de secuencia e interconectarlas para formar las redes de secuencia.

REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA POSITIVA

Es la única que normalmente contendrá fuentes de fem.

La fem de todos los generadores se consideran iguales en módulo y ángulo de fase y se desprecian las corrientes prefalla.

RED DE SECUENCIA NEGATIVA

Es pasiva ante la falla.

Posee forma similar a la red de secuencia positiva, con la diferencia de que no existen fuentes f.e.m ideales de tensión.

REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA NEGATIVA

Los elementos se componen de manera diferente al paso de las corrientes de secuencia negativa , por tanto R y X de Sec(-) son diferentes de las que se emplean en el diagrama de secuencia positiva.

RED DE SECUENCIA CERO

Son significativamente diferentes con los restantes diagramas debido a que no existen fuentes de tensión ideal y la forma de la red depende del estado del neutro del sistema.

REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA CERO

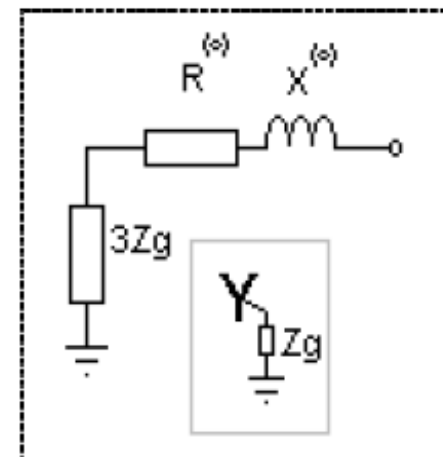
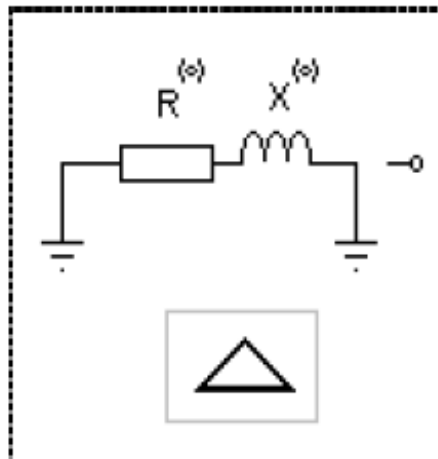
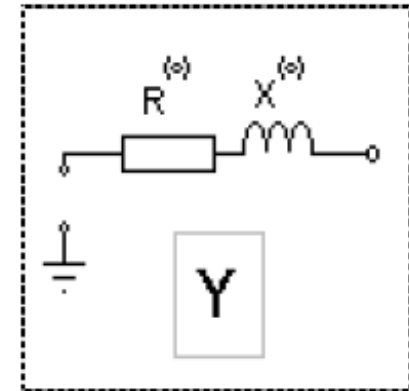
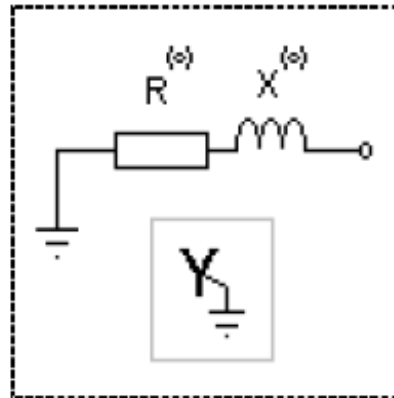
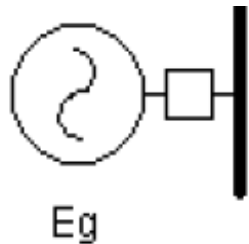
Esta red tendrá lugar especialmente en los circuitos con estrella aterrada por tanto los generadores, motores y transformadores que pueden ser aterrados posee diferentes diagramas de secuencia cero en dependencia de la conexión de su neutro.

Se realiza una revisión de ciertos elementos para secuencia cero:

REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA CERO

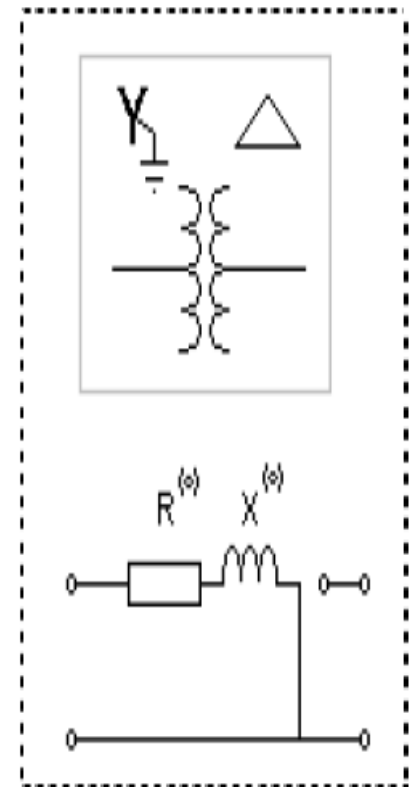
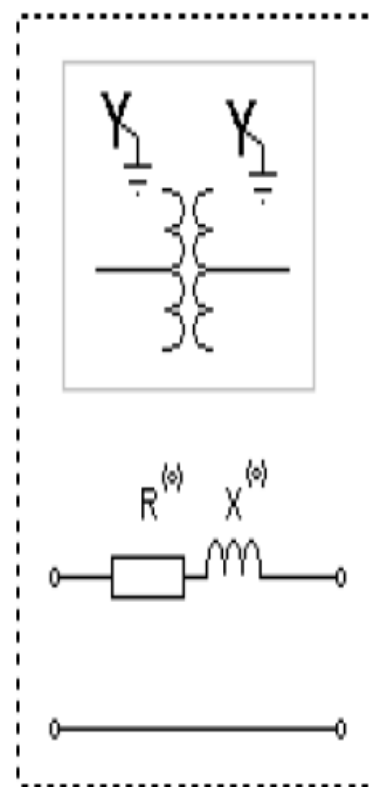
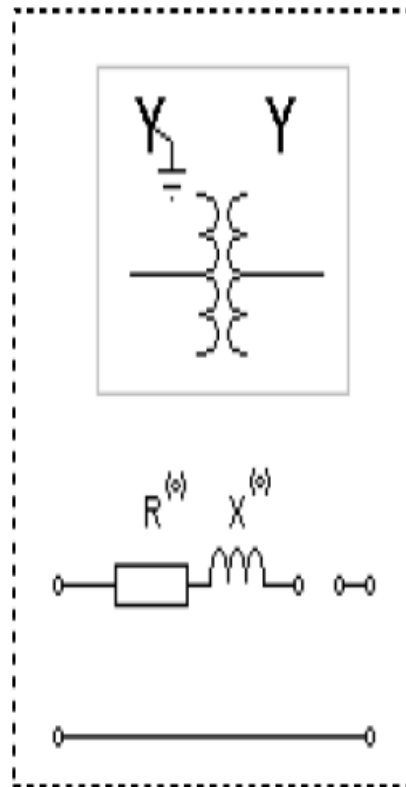
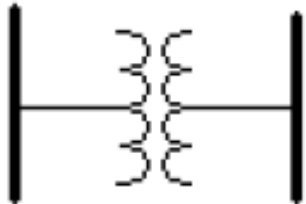
Generadores



REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA CERO

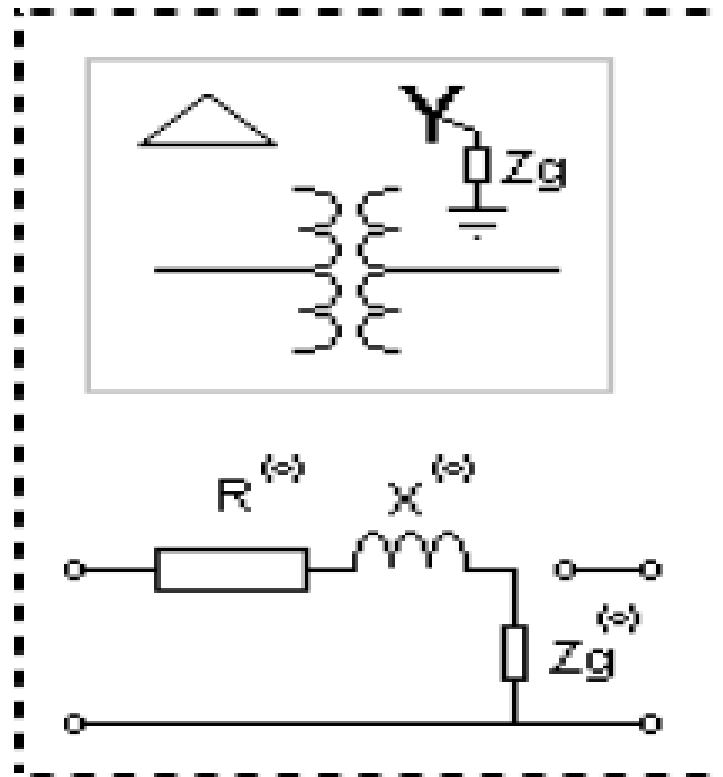
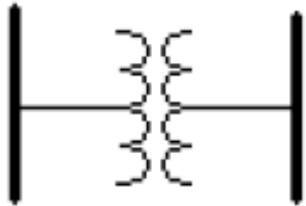
Transformadores de dos devanados



REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA CERO

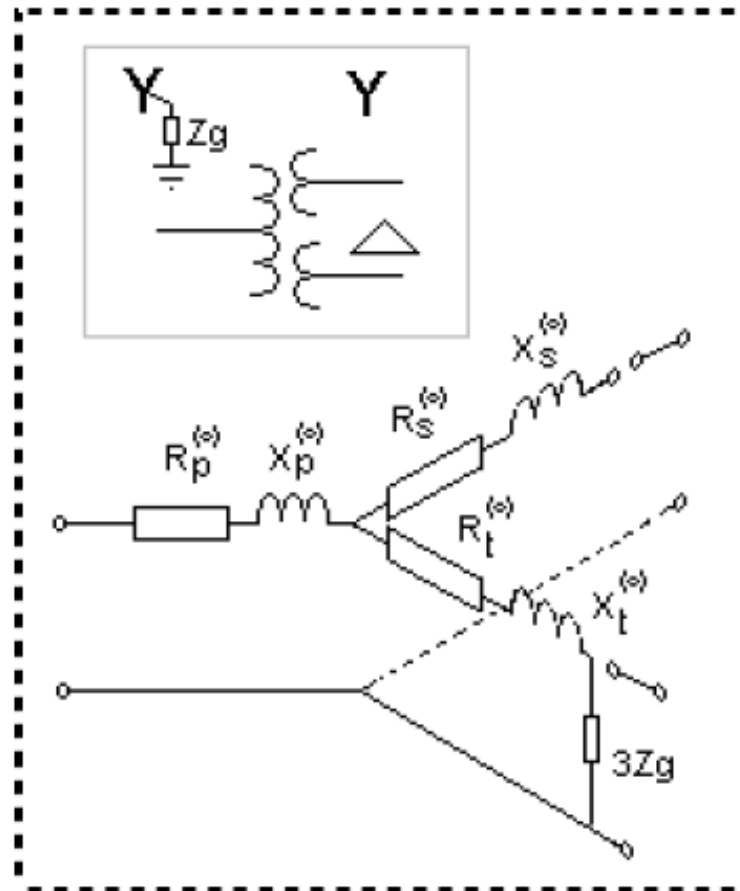
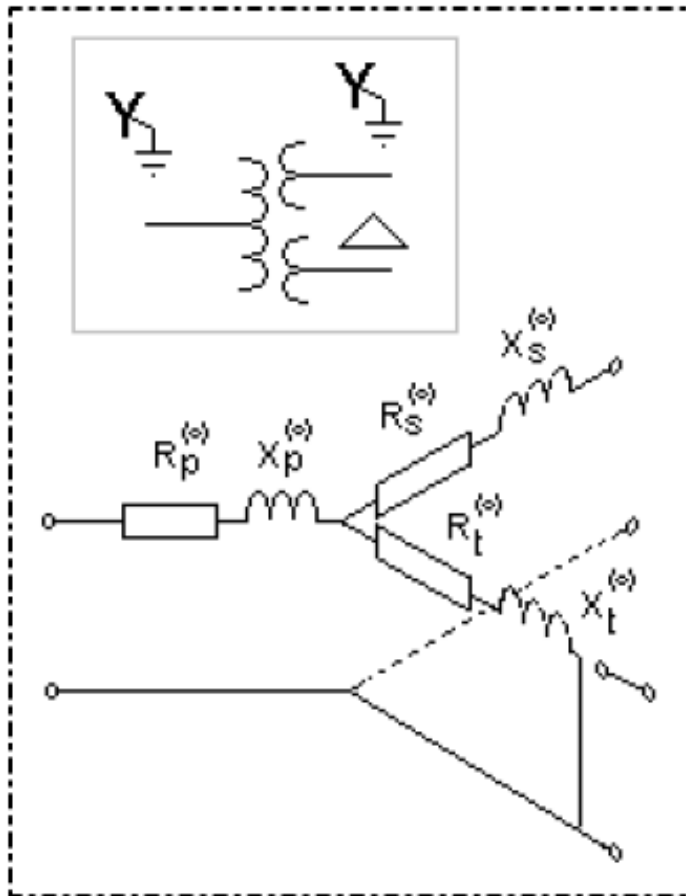
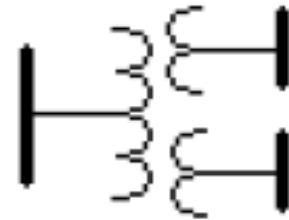
Transformadores de dos devanados



REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA CERO

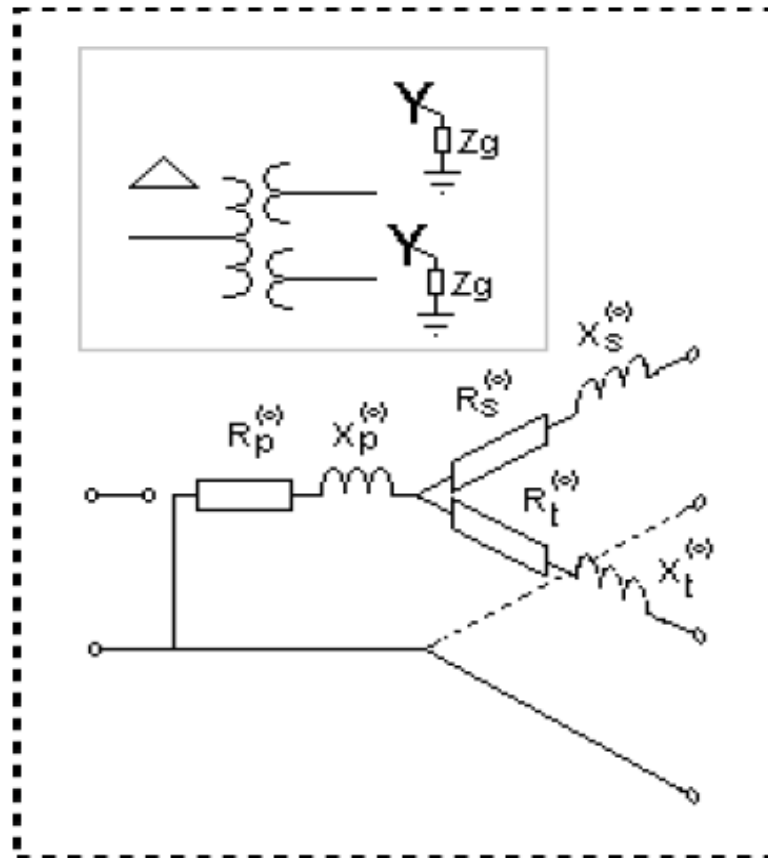
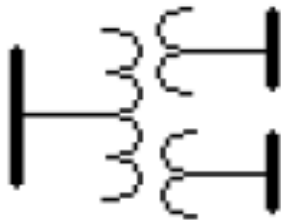
Transformadores de tres devanados



REDES DE SECUENCIA

RED DE SECUENCIA CERO

Transformadores de tres devanados



REDES DE SECUENCIA

IMPEDANCIA DE SECUENCIA DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

Turbogeneradores

$$X_1 = X_d''$$

$$X_2 = 1.22X_1$$

$$X_0 = 0.4X_1$$

Hidrogeneradores

$$X_1 = X_d''$$

$$X_2 = (1.8 \div 2)X_1$$

$$X_0 = 0.25X_1$$

Motores Sincrónicos

$$X_1 = X_d''$$

$$X_2 = X_1$$

$$X_0 < X_1$$

Transformadores y Reactores

$$X_1 = X_2 = X_0$$

Líneas y cables

$$\underline{Z}_1 = \underline{Z}_2$$

$$X_0 = 3.5X_1 \quad \text{Línea simple circuito sin Cable Protector}$$

$$X_0 = 2X_1 \quad \text{Simple circuito con Cable Protector}$$

REDES DE SECUENCIA

IMPEDANCIA DE SECUENCIA DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

$X_0 = 5X_1$ Doble circuito sin Cable Protector

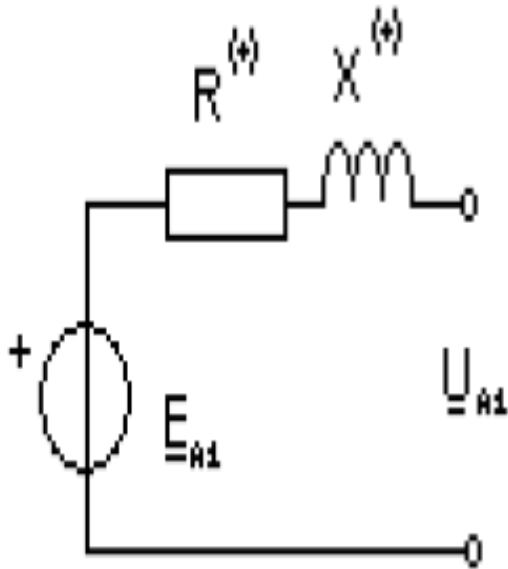
$X_0 = 3X_1$ Doble circuito con Cable Protector

$X_0 = 4.6X_1$ Cables soterrados

REDES DE SECUENCIA

DIAGRAMAS DE SECUENCIA

SECUENCIA POSITIVA



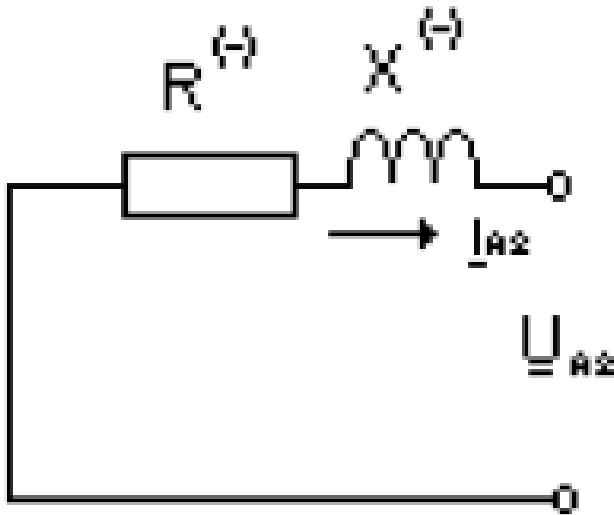
$$-\underline{E}_{A1} + \underline{I}_{A1}(R^{(+)} + jX^{(+)}) + \underline{U}_{A1} = 0$$

$$\underline{U}_{A1} = \underline{E}_{A1} - \underline{I}_{A1}\underline{Z}^{(+)}$$

REDES DE SECUENCIA

DIAGRAMAS DE SECUENCIA

SECUENCIA NEGATIVA

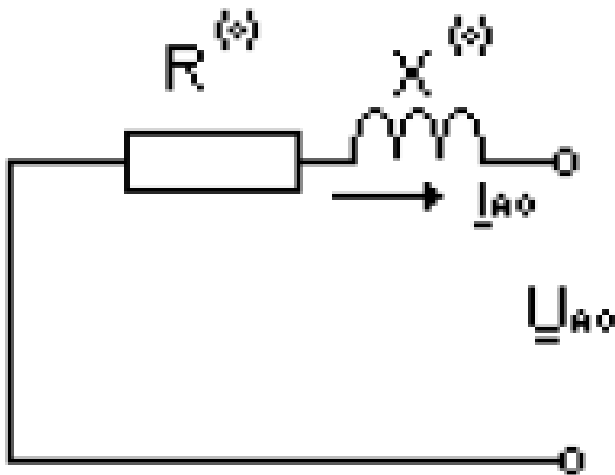


$$\underline{U}_{A2} = -\underline{I}_{A2} \underline{Z}^{(-)}$$

REDES DE SECUENCIA

DIAGRAMAS DE SECUENCIA

SECUENCIA CERO



$$\underline{U}_{A0} = -\underline{I}_{A0} \underline{Z}^{(0)}$$

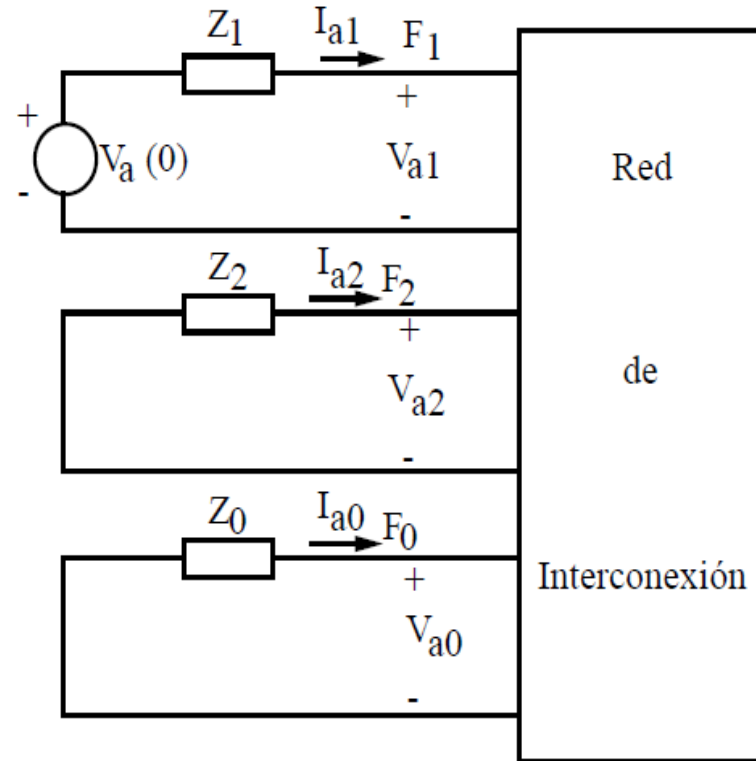
REDES DE SECUENCIA

Cálculos de cortocircuitos asimétricos:

Es necesario establecer, para cada red de secuencia su circuito equivalente de THEVENIN mirando desde el punto de falla.

Se supone que se produce una falla en el punto F de un sistema y que los circuitos equivalentes de Thevenin corresponde a:

REDES DE SECUENCIA



Donde el voltaje prefalla en F es $V_a(0)$. La corriente de falla en dicho punto tendrá en general componentes de sec +, - y 0. Bajos estas condiciones circularan corrientes en todas las redes de secuencia y aparecerán V en terminales.

REDES DE SECUENCIA

Lo que significa que las 3 redes deben interconectarse en una forma que dependerá del tipo particular de falla. La situación post-falla puede ilustrarse esquemáticamente en la figura anterior.

$$\dot{V}_{a0} = 0 - Z_0 \dot{I}_{a0}$$

$$\dot{V}_{a1} = \dot{V}_a(0) - Z_1 \dot{I}_{a1}$$

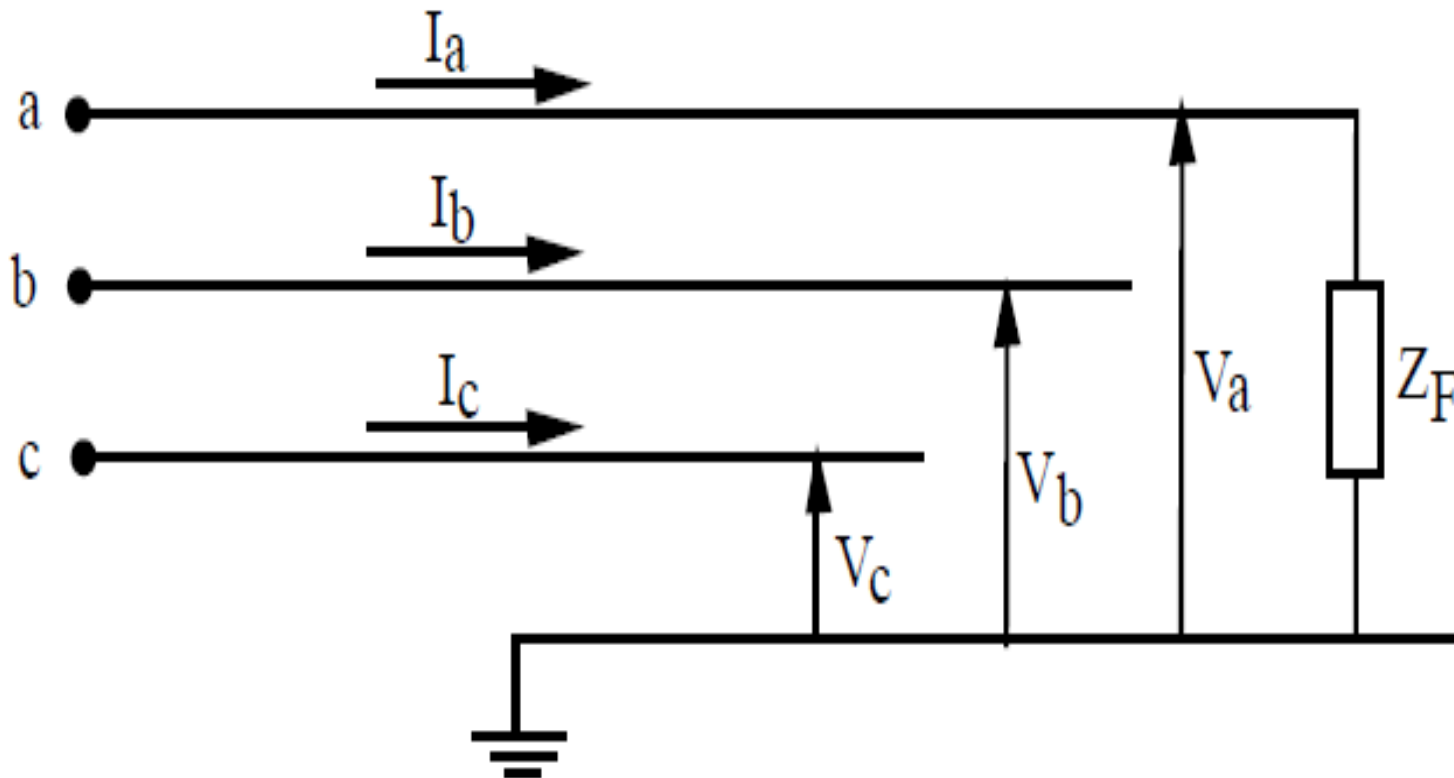
$$\dot{V}_{a2} = 0 - Z_2 \dot{I}_{a2}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_{a0} \\ \dot{V}_{a1} \\ \dot{V}_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{V}_a(0) \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_{a0} \\ \dot{I}_{a1} \\ \dot{I}_{a2} \end{bmatrix}$$

REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito monofásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F .



REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito monofásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F

Condiciones de la falla:

$$\dot{I}_b = \dot{I}_c = 0$$

$$\dot{V}_a = Z_F \dot{I}_a$$

Componentes simétricas I

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_{a0} \\ \dot{I}_{a1} \\ \dot{I}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{a0} = \dot{I}_{a1} = \dot{I}_{a2} = \frac{1}{3} \dot{I}_a$$

REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito monofásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F .

Componentes simétricas V

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_{a0} \\ \dot{V}_{a1} \\ \dot{V}_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_a \\ \dot{V}_b \\ \dot{V}_c \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_{a0} + \dot{V}_{a1} + \dot{V}_{a2} = \dot{V}_a = Z_F \dot{I}_a$$

$$\dot{V}_{a0} + \dot{V}_{a1} + \dot{V}_{a2} = 3\dot{I}_{a0}Z_F = 3\dot{I}_{a1}Z_F = 3\dot{I}_{a2}Z_F$$

Conexión de las mallas: De la ecuaciones anteriores se observa que las mallas de secuencia quedan conectadas en serie.

REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito monofásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F .

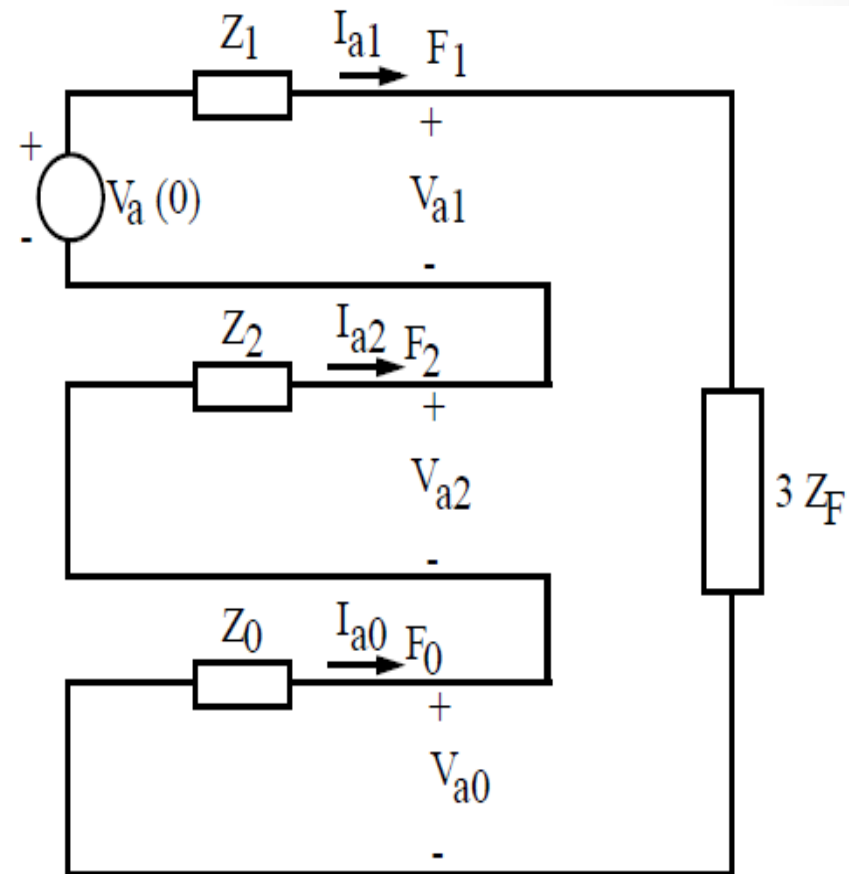
Conexión de las mallas:

$$\dot{I}_{a0} = \dot{I}_{a1} = \dot{I}_{a2} = \frac{\dot{V}_a(0)}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_F}$$

Corrientes de fase

$$\dot{I}_a = \frac{3\dot{V}_a(0)}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_F}$$

$$\dot{I}_b = \dot{I}_c = 0$$



REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito monofásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F .

Voltajes de secuencia:

$$\begin{aligned}\dot{V}_{a0} &= -Z_0 \dot{I}_{a0} \\ \dot{V}_{a1} &= \dot{V}_a(0) - Z_1 \dot{I}_{a1} \\ \dot{V}_{a2} &= -Z_2 \dot{I}_{a2}\end{aligned}$$

Voltajes de fase

$$\dot{V}_a = \frac{3 Z_F \dot{V}_a(0)}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_F}$$

Si cc a Tierra
 $Z_f=0$

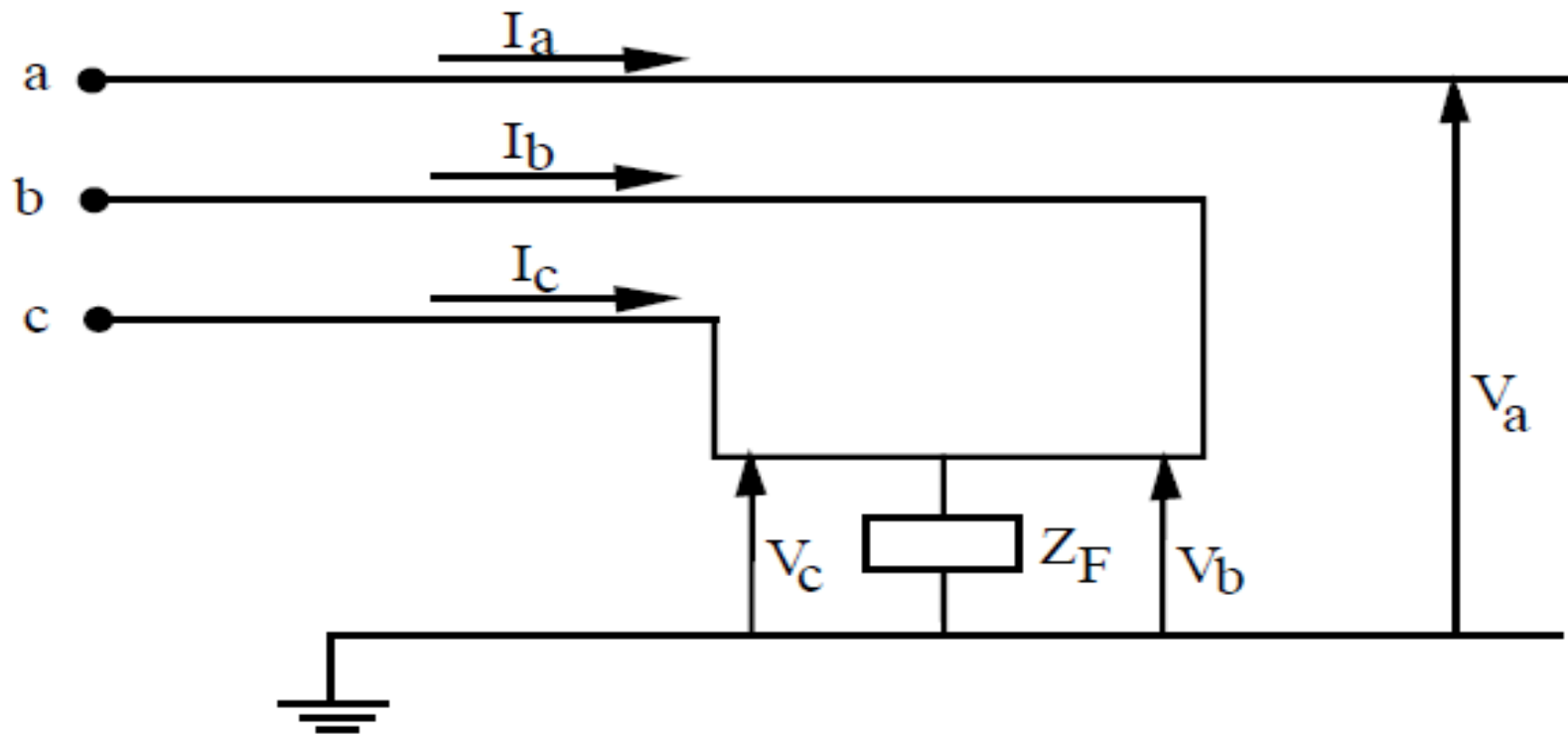
$$\dot{V}_b = \frac{Z_0(a^2 - 1) + Z_2(a^2 - a) + 3 a^2 Z_F}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_F} \dot{V}_a(0)$$

$$\dot{V}_c = \frac{Z_0(a - 1) + Z_2(a - a^2) + 3 a Z_F}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3Z_F} \dot{V}_a(0)$$

REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito bifásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F .



REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito bifásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F

Condiciones de la falla:

$$\dot{I}_a = 0$$

$$\dot{V}_b = \dot{V}_c = Z_F (\dot{I}_b + \dot{I}_c)$$

Componentes simétricas I y V

$$\dot{I}_{a0} + \dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} = 0$$

$$\dot{V}_{a0} = 3 Z_F \dot{I}_{a0} + \dot{V}_{a1}$$

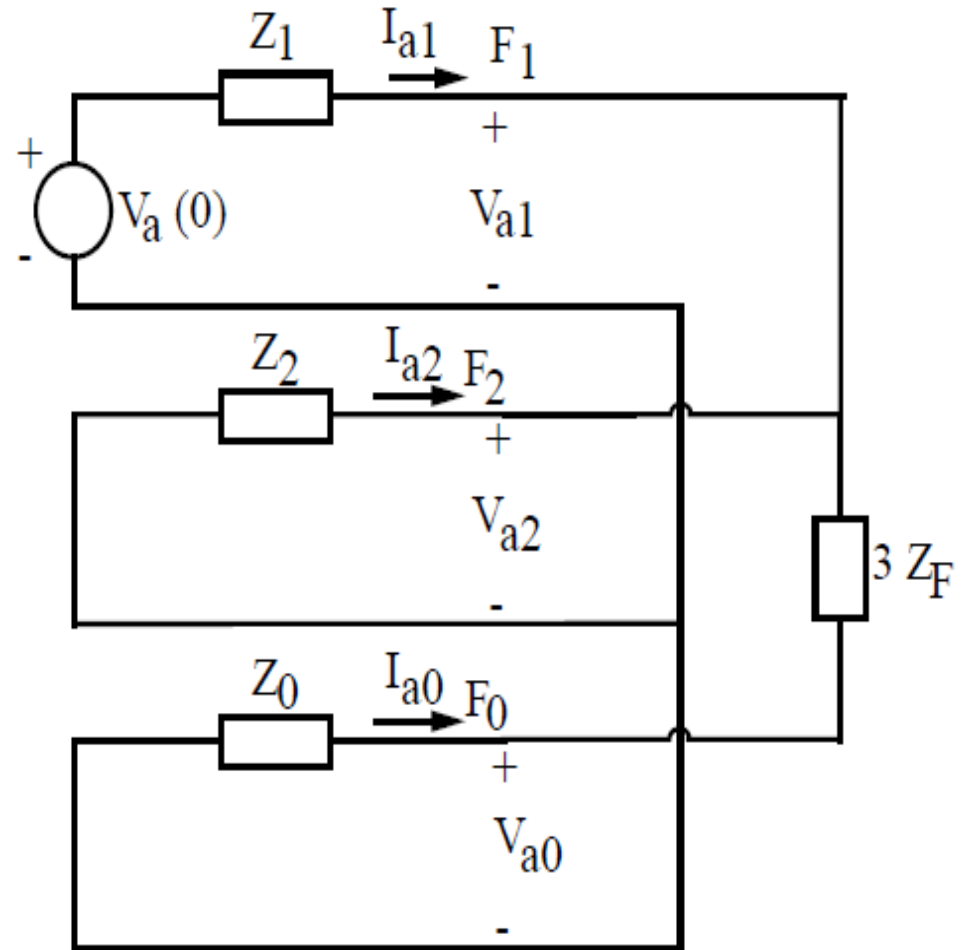
REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito bifásico a tierra a través de una impedancia de falla Z_F .

Conexión de las mallas:

Si $Z_F=0$ y $Z_F=\infty$ entonces es posible modelar el cc bifásico a tierra directo y el cortocircuito bifásico aislado de tierra

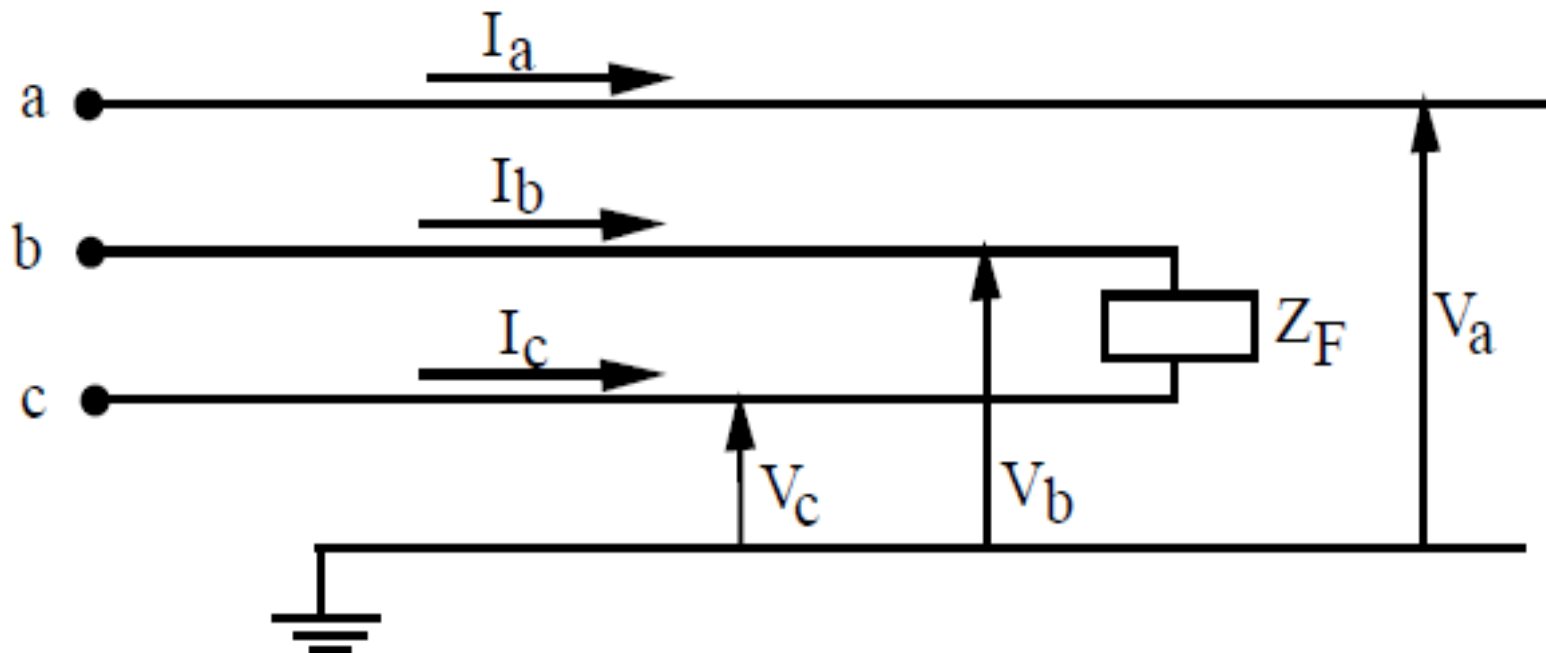


REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito entre dos fases través de una impedancia de falla Z_F .

Falla poco frecuente y produce sobrecorrientes inferiores a las de los otros tipo de cc, por lo que se calcula en casos excepciones.



REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito entre dos fases a través de una impedancia de falla Z_F

Condiciones de la falla:

$$\begin{aligned}\dot{I}_a &= 0 & \dot{I}_b + \dot{I}_c &= 0 \\ \dot{V}_b &= \dot{V}_c + Z_F \dot{I}_b\end{aligned}$$

Componentes simétricas I y V

$$\dot{I}_{a0} = 0$$

$$\dot{I}_{a1} + \dot{I}_{a2} = 0$$

$$\dot{V}_{a1} = \dot{V}_{a2} + Z_F \dot{I}_{a1}$$

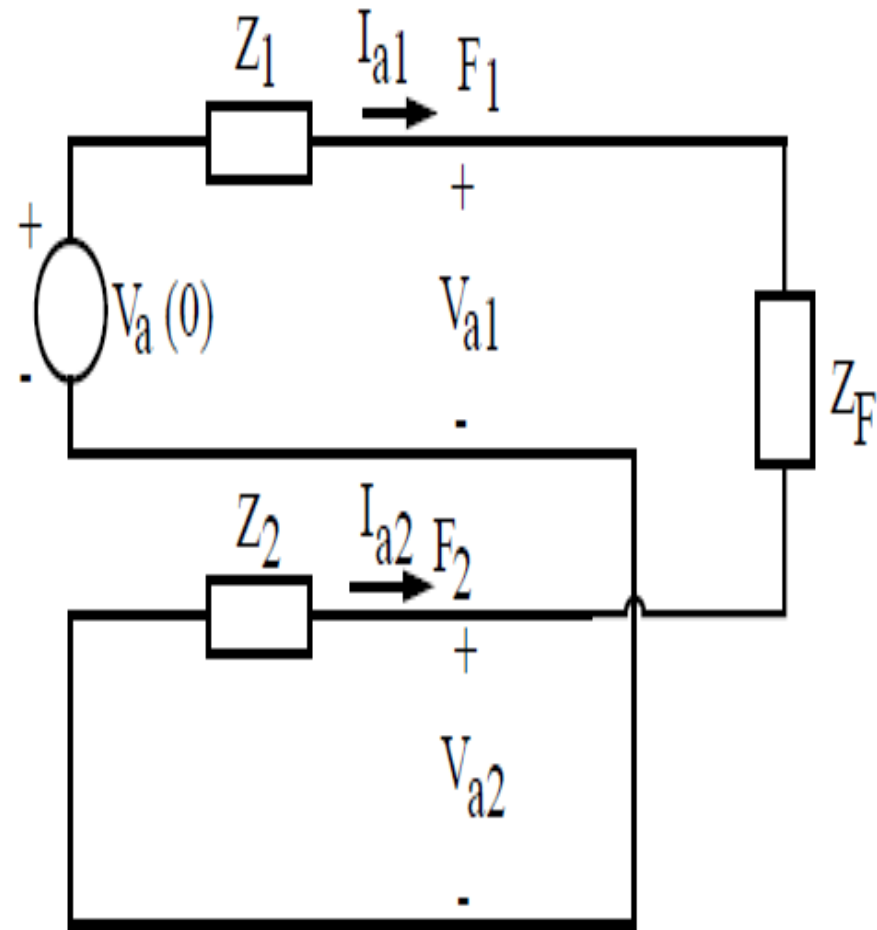
REDES DE SECUENCIA

Tipos de Cortocircuitos

Cortocircuito entre dos fases a tierra a través de una impedancia de falla Z_F .

Conexión de las mallas:

La malla de Sec 0 no interviene y que las mallas de Sec + y Sec - conectadas en paralelo



CONSULTAS

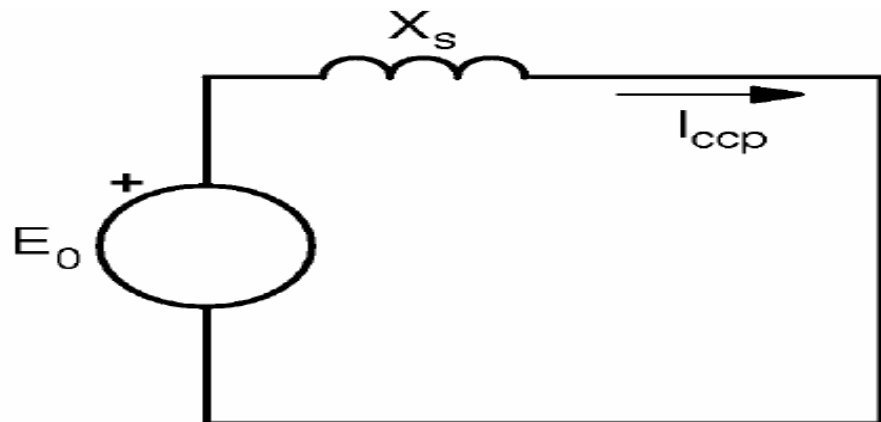
- **Fases abiertas**
- Una fase abierta
- Dos fases abiertas
- Impedancias serie desequilibradas

FALLAS EN MÁQUINAS SINCRÓNICAS

FALLA TRIFASICA BORNES DE INDUCIDO

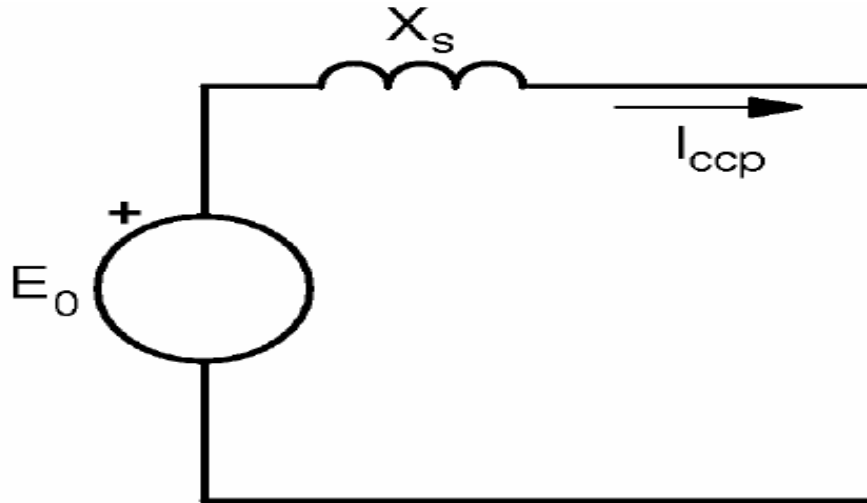
Se produce cuando los tres conductores de fase se ponen simultáneamente en contacto, justo en bornes del inducido de la MQS. Falla simétrica y por tanto solo se puede analizar una de las fases.

Esta falla produce en cada fase del inducido pasará por un período transitorio y posteriormente alcanzar un régimen permanente



FALLAS EN MÁQUINAS SINCRÓNICAS

FALLA TRIFASICA BORNES DE INDUCIDO



Existen dos valores de reactancia sincrónica X_s :

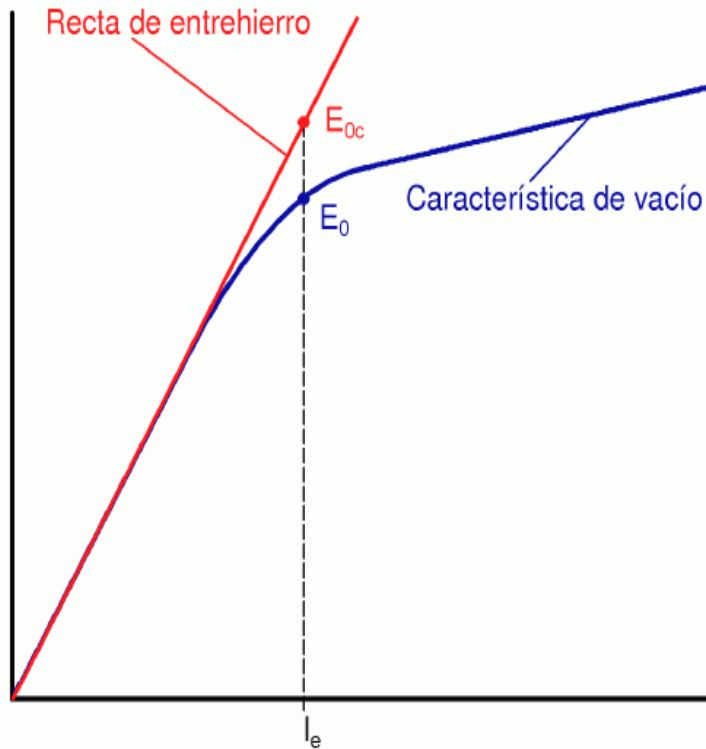
X_s (Saturación) y X_s (No saturado)

El valor con saturación se utiliza en conjunción con la curva de vacío y

El valor no saturado se utiliza conjunción con la recta del entrehierro.

FALLAS EN MÁQUINAS SINCRÓNICAS

FALLA TRIFASICA BORNES DE INDUCIDO



Característica de vacío y recta de entrehierro de una MQS

$$I_{ccp} = \frac{E_{0c}}{X_s(\text{no sat})} = \frac{E_0}{X_s(\text{sat})}$$

El valor de eficaz E_{0c} de la f.e.m de vacío sobre la recta de entrehierro y el valor el E_0 se obtiene de la característica de vacío