

PROTECCIÓN RESIDUAL

1. Introducción

Este tipo de protección actúa en base a la medición de valores de tensión y/o corriente proporcionales a las tensiones y/o corrientes de secuencia cero, y se le conoce como protección residual o de fallas a tierra.

Se denomina corriente residual a aquella corriente que circula por el neutro de una conexión a tierra de un transformador de poder o máquina, o bien por el neutro de una conexión estrella de transformadores de corriente. Esta corriente vale tres veces la corriente de secuencia cero. Del mismo modo, se denomina tensión residual, a aquella tensión que es igual a tres veces la tensión de secuencia cero, que resulta al circular la corriente de secuencia homopolar por el sistema.

La mayoría de los sistemas eléctricos, salvo pocas excepciones, poseen múltiples conexiones de sus neutros conectados a tierra y directamente, aunque, algunos son “aterizados” a través de resistencia, reactancia o impedancia. Por consiguiente, puede haber una gran disponibilidad de fuentes de corriente residuales $3I_0$ y tensiones residuales $3E_0$, en varios puntos del sistema eléctrico, que pueden ser utilizados para la operación de este tipo de protección.

Este tipo de protección se emplea, en líneas cortas de transmisión o de distribución, cuando existe dificultad de lograr coordinar los relés de sobrecorrientes de fases, debido ya sea porque los tiempos de operación son muy altos, o bien, porque la corriente de falla a tierra es de una magnitud menos comparable a la corriente de sobrecarga máxima admisible de la parte del sistema eléctrico que se quiere proteger. También, se emplea brindando respaldo en líneas de transmisión largas, medianas y cortas de importancia.

Entre las principales ventajas que se pueden mencionar de este tipo de protección, son:

- Dado que la secuencia cero está sólo presente en condiciones de fallas a tierra y es prácticamente nula en condiciones balanceadas, la calibración de este tipo de protección es independiente de la magnitud de la corriente de carga en condiciones normales, lo que significa que éste tipo de protección se puede ajustar o calibrar con gran sensibilidad.
- Las múltiples conexiones a tierra del sistema, hacen que las cantidades de S.O disminuyan rápidamente en magnitud desde el punto de falla; es decir, la tensión es máxima en el punto de falla y decrece en magnitud hacia el punto de conexión a tierra del sistema. Debido a esto, se puede lograr una gran selectividad con este tipo de protección, y por último,
- En casos de transformadores con conexión $D-y$, el sistema se descompone en secciones independientes, no teniéndose que coordinar la operación de los relés de sobrecorriente residual de secciones adyacentes.

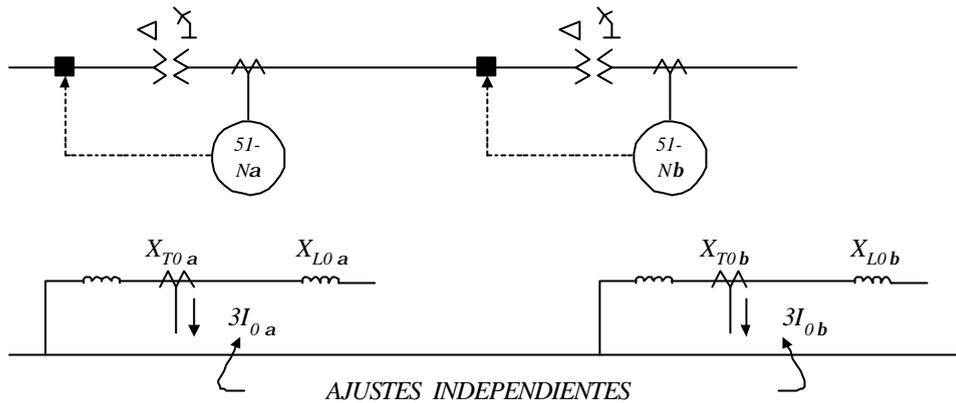


Figura N°. 9

Los tipos de relés empleados en este tipo de protección entre otros, son:

- Relé de sobrecorriente residual instantánea 50N
- Relé de sobrecorriente residual de tiempo inverso 51N
- Relé de sobrecorriente residual instantáneo direccional 50 N-76 N
- Relé de sobrecorriente residual de tiempo inverso direccional 51 N-67 N
- Relé de sobrecorriente residual tipo producto de tiempo inverso

2. Relés Residuales de Sobrecorriente (51N) e Instantáneo (50N)

La protección de fallas a tierra puede proporcionarse con sólo un relé 51N y/o 50N conectado en el circuito residual o entre los terminales de un filtro de corriente de secuencia cero. La figura 10 muestra el esquema de conexión de los relés 51N y 50N. Además de los 51 de la protección de fase.

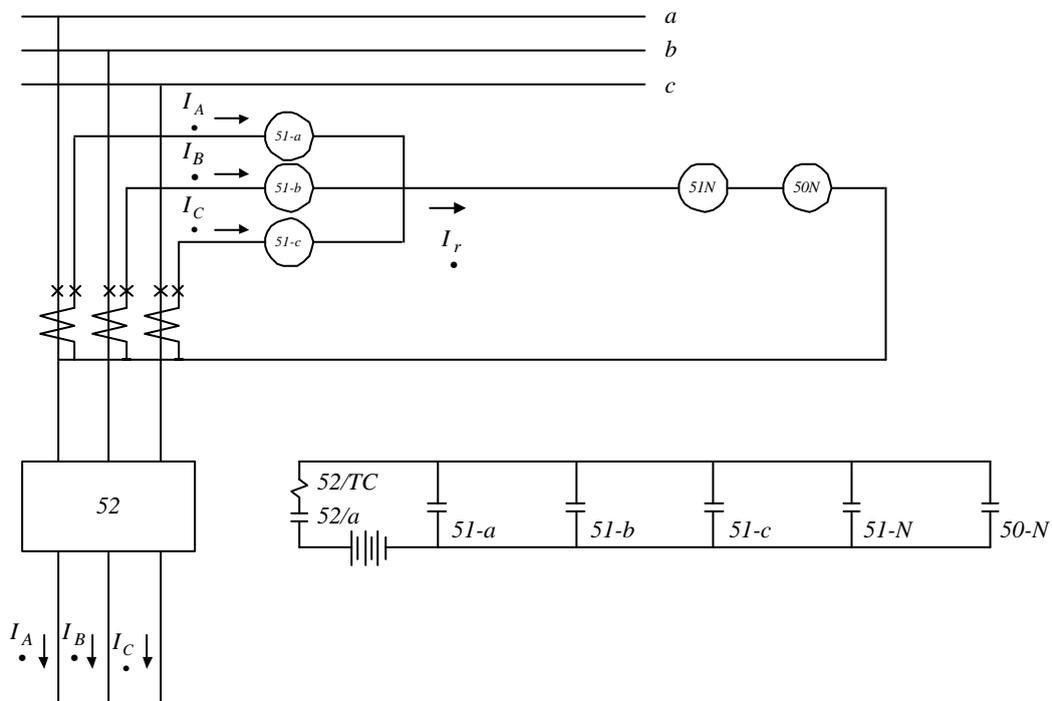


Figura N°10.

Si todos los TC'S fuesen ideales en condiciones de operación normal balanceada del sistema y en condiciones de fallas sin tierra, no circularía corriente por los relés de protección residual; sin embargo, debido a que transformadores de corriente de razones nominales de transformación idénticas, tienen en la práctica razones de transformación real diferentes, por esta razón algo de corriente pasa por los relés residuales. Esto también se debe a la diferencia en las cantidades del magnetismo residual. A esta corriente se le denomina corriente de desbalance o corriente residual falsa y es de un valor que fluctúa entre 10mA o 100mA en condiciones nominales, siendo mucho mayor su magnitud en casos de fallas, bifásicas sin tierra o trifásica intensas.

De la figura 10, obviamente se deducirá que durante la operación normal, y también para fallas trifásicas o bifásicas sin tierra, la corriente residual será nula:

$$I_r = I_a + I_b + I_c = I_a + a^2 I_a + a I_a = 0$$

(fallas trifásicas)

$$I_r = I_a + I_b = I_a - I_a = 0$$

(falla bifásica s/tierra, fases A, B)

Cuando ocurre una falla monofásica a tierra o bifásica a tierra, por los relés pasa la corriente de secuencia cero. Por el circuito equivalente del TC, se tiene:

$$I_s = I_p - I_e = (I_p - I_e) / n$$

donde

- I_s = corriente del secundario
- I_p = corriente del primario referida al secundario
- I_e = corriente de excitación referida al secundario
- I_p = corriente del primario
- I_e = corriente de excitación
- n = relación nominal de transformación (primario/secundario)

Por lo tanto, para cada transformador de corriente se tiene que:

$$I_a = \frac{(I_A - I_{Ae})}{n} ; I_b = \frac{(I_B - I_{Be})}{n} ; I_c = \frac{(I_C - I_{Ce})}{n}$$

luego

$$I_r = \frac{1}{n} (I_A + I_B + I_C) - \frac{1}{n} (I_{Ae} + I_{Be} + I_{Ce})$$

es decir,

$$I_r = \left(\frac{3I_0}{n} - I_{fr} \right)$$

donde $I_{fr} = \frac{1}{n} (I_{Ae} + I_{Be} + I_{Ce}) =$ corriente residual falso o de desbalance o

Es decir, que $I_r = \left(\frac{3I_0}{n} - I_{fr} \right)$

Es decir, que $I_r = \left(\frac{3I_0}{n} - I_{fr} \right)$ indica que el relé para fallas a tierra responde a la corriente de secuencia cero, y que el valor de calibración de su sensibilidad o valor de pick-up, debe escogerse ligeramente mayor a la corriente de desbalanceo.

Hay muchas condiciones teóricas de las cuales puede resultar operaciones falsas de los relés de sobrecorriente residual. Estas condiciones se suscitan debido a las siguientes causas: a un mal funcionamiento de los TC's, por fallas entre fases diferentes de líneas paralelas (por ejemplo: cortocircuito entre la fase "a" de la línea 1 con la fase "c" (de la línea 2) (figura 11), por cierre no simultáneo de los polos de un interruptor (figura 12), por la corriente de "inrush" de transformadores de poder, por corrientes inducidas con una línea debido a una falla a tierra en una línea paralela (figura 13).

3. Relés de Sobrecorriente Instantáneos y/o de Tiempo Inverso Direccionales

El relé IBCG de la General Electric, contiene en una sola unidad estos tres elementos de protección (figura 14). La operación apropiada de los relés direccionales residuales, dependen de la disponibilidad de la cantidad de referencia con la cual la corriente de falla pueda ser comparada.

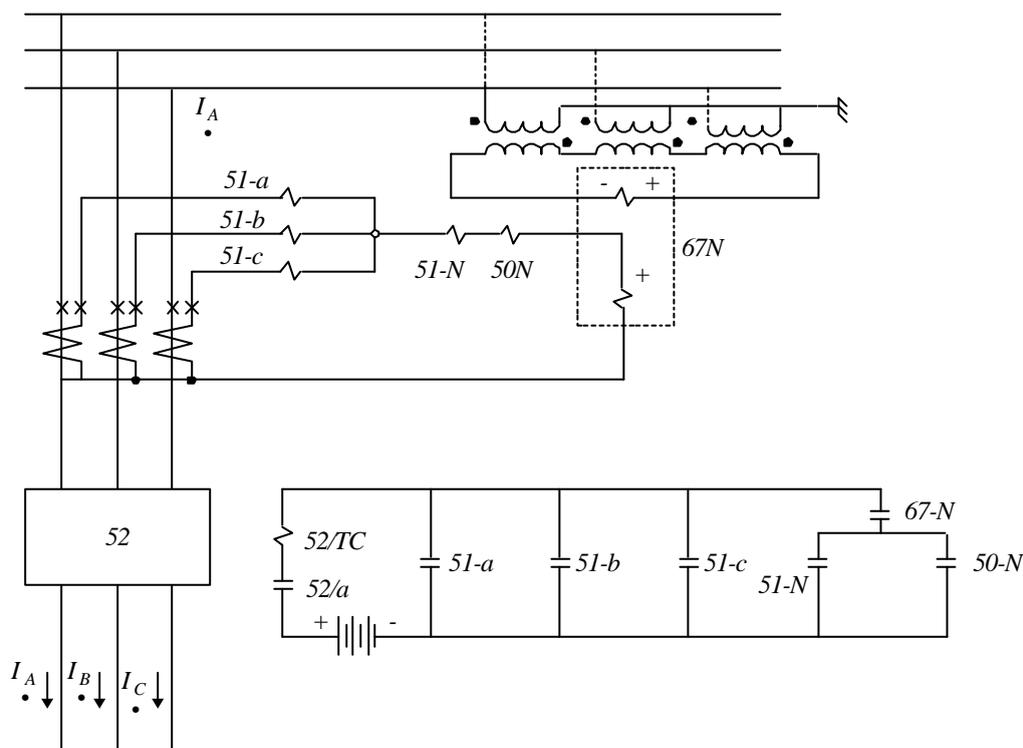


Figura 14.

4. Relés Tipo Producto de Tiempo Inverso

a. Generalidades

El principio de funcionamiento de este tipo de relé consiste en que compara la corriente de falla con una tensión o corriente de referencia (o polarización). De este modo se obtienen relés tipo producto polarizados por tensión o tipo producto polarizados por corriente. (figura 16). Estos elementos de protección son inherentemente direccionales y su empleo depende de las fuentes de tensión o corriente

de que se disponga con fines de polarización, y además, de las facilidades que presente la malla de Sec. cero para lograr selectividad entre las protecciones.

b. Relé tipo producto con polarización por corriente: ICC (G. Electric), CWG (Westinghouse)

Se emplea este tipo de protecciones en subestaciones con transformadores de poder conectados a tierra a través de baja impedancia. El hecho de que el transformador está conectado a tierra no asegura una buena corriente de referencia o polarización, siendo necesario conocer en forma completa su conexión y, a veces, el resto de las conexiones del sistema. Una buena cantidad de referencia (tensión corriente), es aquella que no cambia (su polaridad tensión) o sentido de circulación (corriente) donde quiera que ocurra una falla a tierra con respecto a la ubicación de la protección.

Las conexiones de transformadores de dos y tres devanados que son apropiados para obtener una adecuada fuente de polarización, se muestran en la figura 15; y aquella que no lo son, en la figura 16.