

PROTECCION DE FALLAS A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Ing. Carlos Arroyo Arana

Profesor de “Protección de Sistemas de Potencia” de la
Universidad Nacional de Ingeniería

Lima, marzo de 1998

ANTECEDENTES

- **Introducción**

La detección de las fallas a tierra de alta impedancia en los sistemas de distribución de MT es uno de los problemas más difíciles y cada vez más frecuentes.

En nuestro medio, los esquemas de protección generalmente se han desarrollado principalmente en base a relés de sobrecorriente calibrados por encima de los valores nominales del alimentador, por lo tanto, es imposible discriminar una falla a tierra si esta tiene valores de corriente muy por debajo de sus valores normales de carga como resultado de una alta resistencia de contacto del conductor eléctrico con el terreno.

Es importante indicar que generalmente en nuestro medio (en la ciudad de Lima) el tipo de puesta a tierra del neutro del sistema de distribución de 10 kV no es determinante para mejorar la detección de estas fallas ya que la resistencia de contacto del conductor caído con el terreno es muy alta.

- **Orígenes del problema**

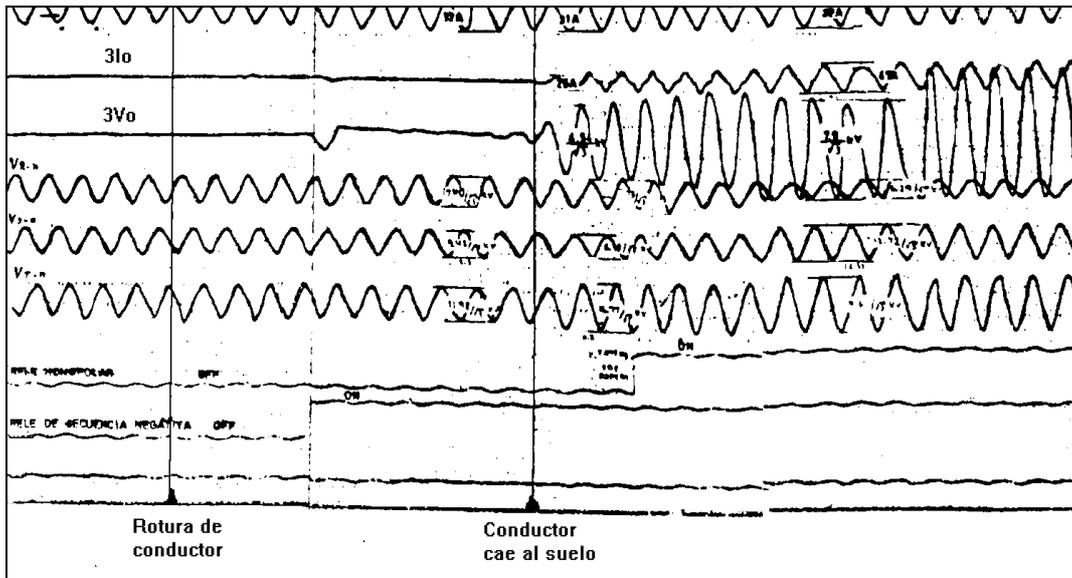
El problema de las fallas a tierra no tendría importancia si la distribución de la energía eléctrica fuera mediante cables subterráneos, sin embargo desde ya hace más de 20 años se viene utilizando cada vez más las líneas aéreas, lo que origina un peligro latente de riesgo eléctrico a las personas ante la caída a tierra de un conductor.

- **Investigación del fenómeno de fallas a tierra**

En vista de la importancia de este problema, en **ELECTROLIMA** a fines de la década del 70, se estudió el comportamiento de las fallas a tierra en diferentes tipos de terreno, encontrando el modelo matemático que permite analizar teóricamente estas fallas.

En las pruebas que se efectuaron y que fueron complementadas por el sector de Proyectos de SET's de aquella época, se registraron características muy importantes del comportamiento de las tensiones y corrientes homopolares en condiciones de falla

que identifican claramente este tipo de fenómeno eléctrico. En el gráfico de a continuación se puede observar el momento en que se rompe el conductor aéreo y cuando el conductor toca el suelo, el momento en que aparecen las tensiones y corrientes homopolares es el instante que el conductor toca el suelo.



Las pruebas también permitieron calcular el orden de las resistencias de fallas a tierra y el comportamiento de la resistencia en función del tiempo, observándose que en general la resistencia de falla al inicio es alta y con el transcurso del tiempo disminuye.

En la tabla de a continuación se puede observar que estos valores dependen del tipo de terreno y en algunos casos pueden tener valores muy altos.

RESISTENCIAS DE FALLAS EN FUNCION DEL TERRENO

TIPO DE SUELO EN PUNTO DE FALLA	INTERVALO DE TIEMPO (ms)	RESISTENCIA DE FALLA (ohmios)
Jardín con cesped	0 .. 280	91.6
	290	137
	550 .. 850	40.5
Tierra seca y pocas piedras	85 .. 125	233
	125 .. 440	58.8
Tierra seca de cultivo	0 .. 220	62.9
	220 .. 700	42
Tierra humeda con hierba	0 .. 50	17.6
	50 .. 260	13.3
	260 .. 700	9.6
Tierra de cultivo	0 .. 110	43.3
	200 .. 400	15
Pedregoso con residuos de construcción	0 .. 300	253
	310	289
	550 .. 1050	98.6
Terreno arenoso con piedras	0 .. 150	7619
	150 .. 215	1515
	215 .. 285	920
	285 .. 415	553
Asfalto	415 .. 915	395
	0 .. 105	141
Vereda humeda	105 .. 400	203
	0 .. 450	38.1
Arena seca	450 .. 800	31.2
	0 .. 300	659
Acequia con poca agua	0 .. 65	47
	65 .. 175	27
	175 .. 895	23

- ### Diseño del Sistema de Protección contra Fallas a Tierra

Después de los estudios efectuados donde determinaron el modelo matemático de la falla a tierra, el área de Proyectos SET's de **ELECTROLIMA** se dedicó a estudiar la concepción de un relé que sea capaz de detectar este tipo de falla tan peculiar y se llegó a determinar que la protección más adecuada sería con relés direccionales de sobrecorriente homopolar de alta sensibilidad para los sistemas con neutro aislado y relés de sobrecorriente homopolar, no direccionales, para los sistemas con el neutro puesto a tierra. Con los principales fabricantes de equipos de protección de la época, a fines de la década del 70, se coordinó para que se fabricase un relé con las características deseadas, siendo ASEA de Suecia el primer fabricante que nos proporcionó un relé direccional de sobrecorriente homopolar para los sistemas con neutro aislado y un relé de sobrecorriente homopolar, no direccional, para los sistemas puestos a tierra. Estos relés se instalaron en las SET's Puente, con sistema aislado, y Villa Salvador, con sistema rígido a tierra, obteniéndose resultados satisfactorios en las pruebas de fallas a tierra que se efectuaron.

Una vez que se obtuvieron resultados satisfactorios en las pruebas realizadas y que ELECTROLIMA decidió la implementación de estos relés en toda su red de distribución con líneas aéreas, BBC mostró interés y se le sugirió modificar el diseño de uno de sus relés de potencia de manera de tener una sensibilidad equivalente a los relés anteriormente mencionados, fabricados por ASEA, dando como resultado el modelo REX911.

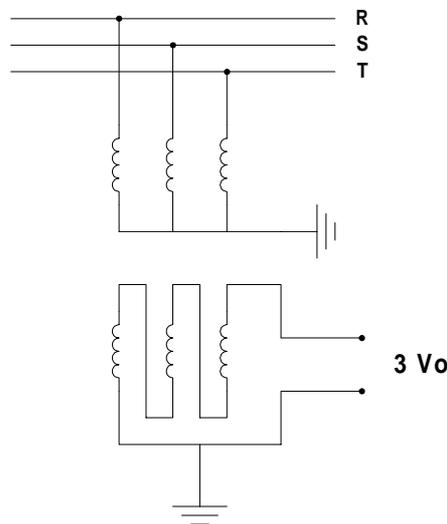
En la actualidad se viene coordinando con los diferentes fabricantes de manera que nos proporcionen relés para alimentadores que tengan todas las funciones de protección necesarias así como la de falla a tierra en una sola unidad, de manera de facilitar el montaje, mantenimiento y operación de estos, habiéndose logrado que varios fabricantes ya tengan en su línea de producción estas unidades y otros estén por fabricarlos. Adicionalmente, se está coordinando para implementar nuevas funciones de fallas a tierra, el cual se explicará en futuros artículos.

Adicionalmente a los relés de protección, existía la necesidad de detectar la corriente homopolar sin influencia de la corriente de carga del sistema, definiéndose que la forma más adecuada era con transformadores de corriente toroidal seccionable que permitirían la instalación de estos en cables trifásicos NKY existentes.

DETECCION DE PARAMETROS ELECTRICOS

- **Tensiones Homopolares**

Para poder efectuar la detección de las tensiones homopolares simplemente hay que reproducir la ecuación matemática en un circuito eléctrico, tal como se muestra a continuación:



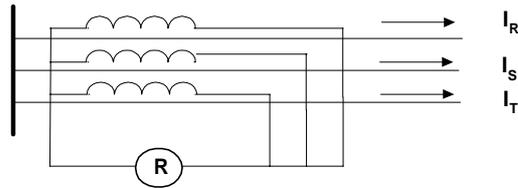
$$V_o = (V_R + V_S + V_T) / 3$$

- **Corriente Homopolar**

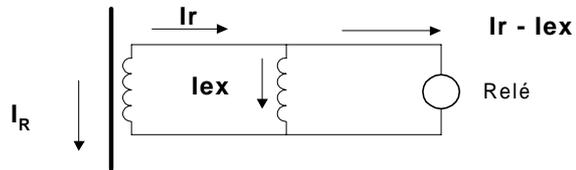
De igual manera, para la detección de la corriente homopolar hay que reproducir la ecuación matemática en un circuito eléctrico. Sin embargo debido a que la corriente homopolar es muy pequeña en comparación de la corriente del alimentador y si la detección de la corriente se efectúa a través de la suma de tres transformadores de corriente, es posible que el resultado del filtro homopolar sea una corriente debido a la diferencia de corrientes de excitación que daría como resultado operaciones incorrectas. Para solucionar este problema debemos efectuar la suma de las tres corrientes dentro de un solo núcleo magnético, lo cual da como resultado una corriente en el secundario del transformador siempre y cuando exista corriente homopolar en el sistema primario. Para poder introducir las tres fases dentro de un núcleo magnético la única forma es que el electroducto sea un cable.

Al respecto indicamos que fue ASEA de Suecia el primer fabricante que proporcionó este tipo de transformadores de corriente, existiendo en la actualidad varios fabricantes que tienen en su línea de producción estos transformadores especiales.

A continuación graficamos la explicación dada:



$$I_0 = (I_R + I_S + I_T) / 3$$



luego la corriente en el relé es :

$$I_{rele} = (I_r - I_{exr}) + (I_s - I_{exs}) + (I_t - I_{ext})$$

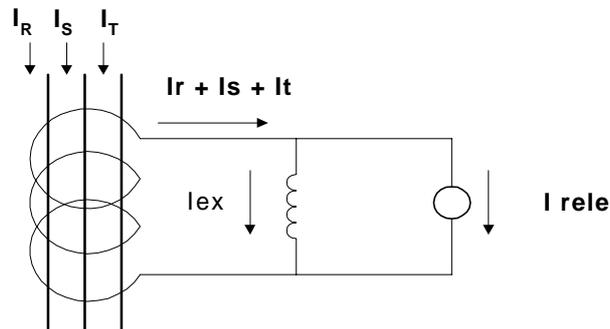
$$I_{rele} = (I_r + I_s + I_t) - (I_{exr} + I_{exs} + I_{ext})$$

- si el sistema no tiene falla a tierra

$$I_{rele} = - (I_{exr} + I_{exs} + I_{ext})$$

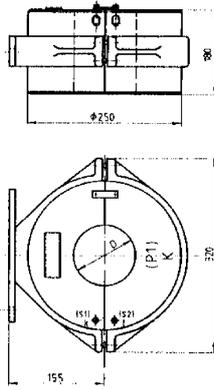
esta corriente puede originar operaciones incorrectas del relé

Para solucionar este inconveniente es preferible sumar las tres corrientes dentro de un solo núcleo magnético



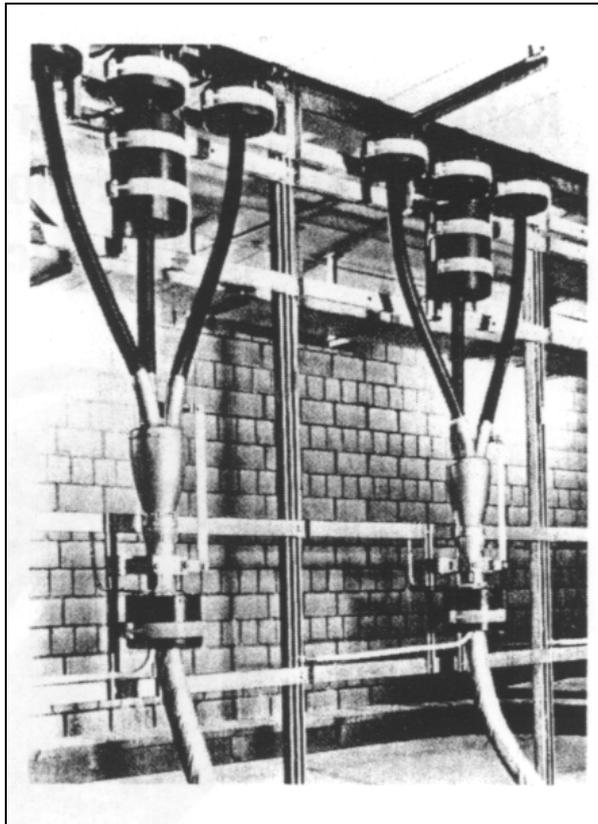
$$I_{rele} = (I_r + I_s + I_t) - I_{ex}$$

En los gráficos de a continuación mostramos un croquis dimensional de un transformador de corriente toroidal seccionable y su montaje :



Durchmesser
Diamètre
Diametro

D = 60...120 mm

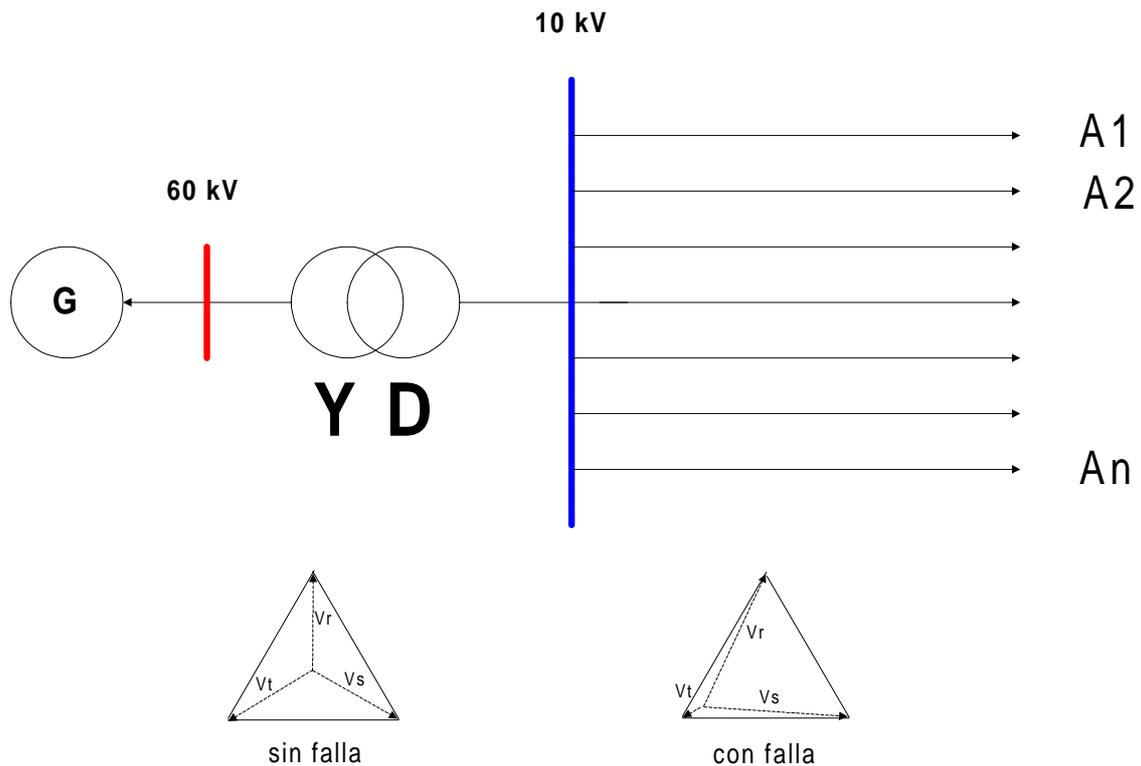


TIPOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION

Existen básicamente dos tipos de sistemas de distribución, sistemas con neutro aislado y sistemas con neutro puesto a tierra, sin embargo existen sistemas intermedios, por ejemplo un sistema puesto a tierra a través de una resistencia.

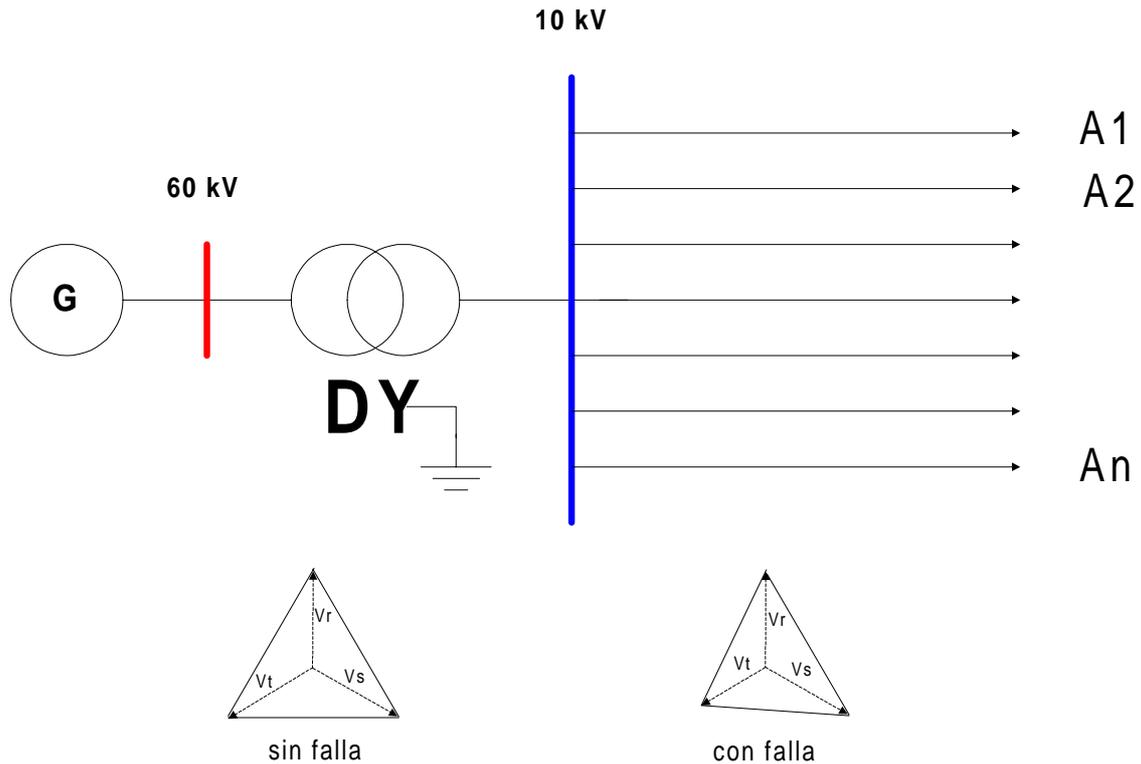
- **Sistemas con Neutro Aislado**

A continuación mostramos un sistema con neutro aislado en la que se indican los fasores de tensión antes y después de una falla a tierra, en esta se puede observar el corrimiento del neutro ante la falla a tierra, característica importante de este tipo de fallas que permite la generación de tensiones homopolares que polarizan los relés direccionales.



- **Sistemas con Neutro Puesto a Tierra**

El sistema mostrado es con neutro puesto a tierra. Ante una falla a tierra, el neutro prácticamente no se desplaza, lo cual no permite la generación de tensiones homopolares o resultan muy pequeñas, lo que impediría el uso de relés direccionales.

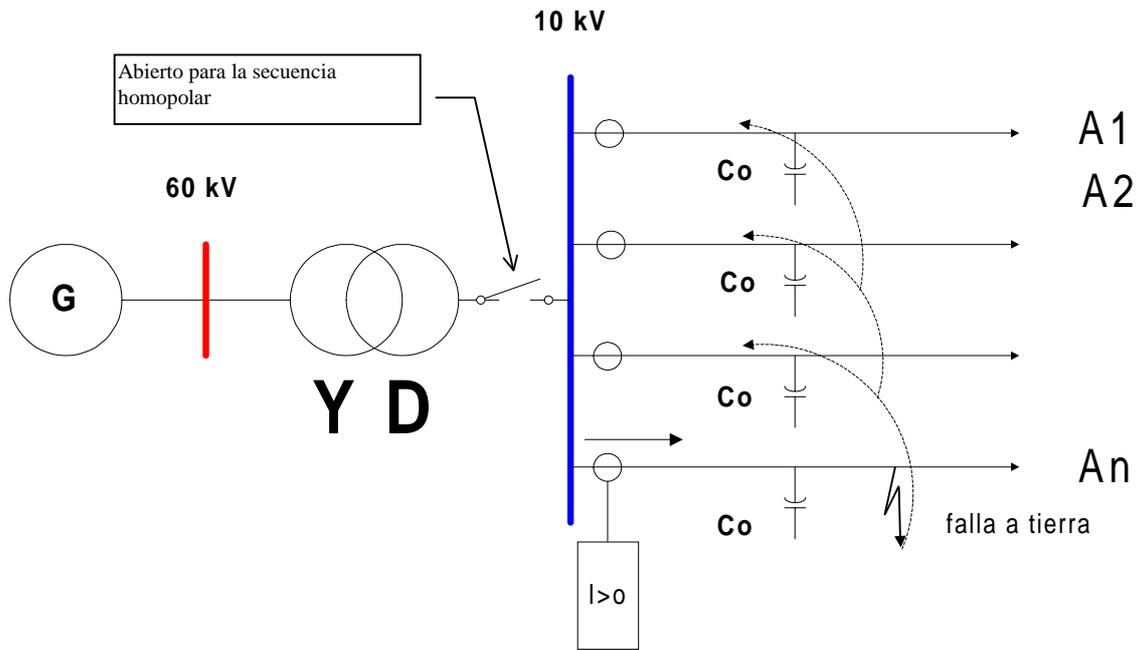


ANALISIS TEORICO DE LAS FALLAS A TIERRA

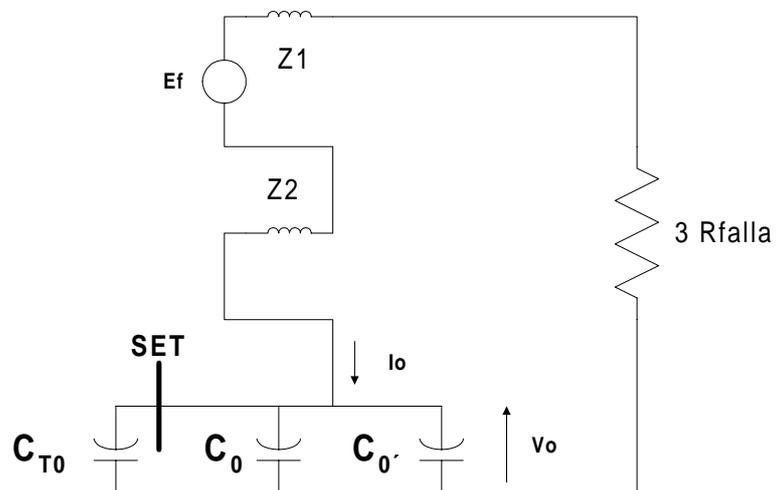
- **Sistemas con Neutro Aislado**

En el gráfico de a continuación mostramos el comportamiento de las corrientes homopolares en un sistema de distribución con neutro aislado ante una falla a tierra. Como se puede apreciar, en el alimentador con la falla a tierra existe una corriente desde la barra de la S.E. hacia la falla. Debido a que la conexión en delta del transformador de potencia aísla al transformador del sistema de distribución, de acuerdo a la teoría de las componentes simétricas, según la ley de Kirchoff esta corriente tiene que regresar a la barra a través de los otros alimentadores y de sus capacidades homopolares teniendo una dirección contraria; es decir, ante un falla a tierra de un alimentador, en todos los alimentadores de la S.E. circulan corrientes homopolares siendo la dirección de la corriente homopolar en el alimentador con falla en un sentido y en sentido contrario en todos los otros alimentadores.

Por consiguiente, con la finalidad que la detección de la falla sea selectiva, se hace necesario la implementación de relés direccionales de sobrecorriente homopolar en cada alimentador, en caso de utilizar relés no direccionales, todos los relés operarían.



El circuito equivalente para el análisis de este tipo de fallas será efectuado de acuerdo a la teoría de las componentes simétricas y se muestra a continuación :



donde :

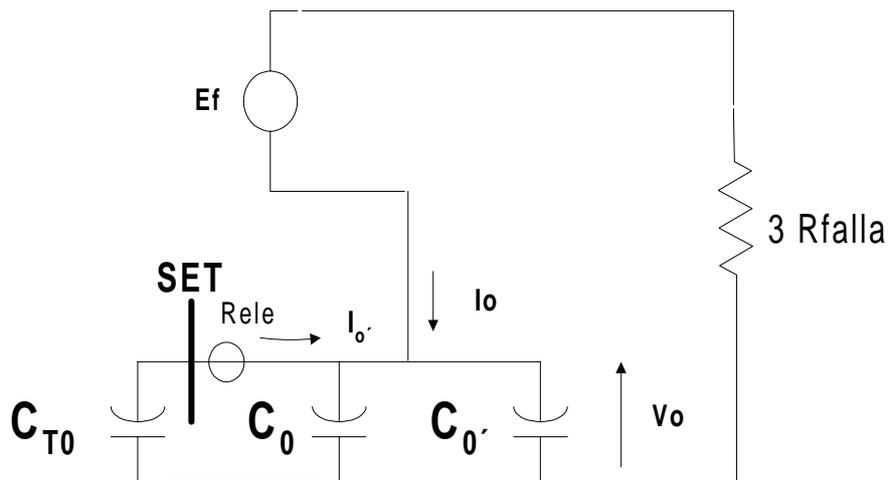
C_{T0} = capacidad total homopolar de los alimentadores no involucrados en la falla

C_0 y $C_{0'}$ = capacidad homopolar del alimentador fallado

$Z1$ y $Z2$ = impedancia de secuencia positiva y negativa del sistema

R falla = resistencia de falla a tierra

Debido a que generalmente las reactancias homopolares son mucho mayor que las reactancias de secuencia positiva y negativa del sistema, podemos aproximar el circuito anterior como sigue :



donde :

$$I_0 = \frac{Ef}{\sqrt{(3Rf)^2 + \frac{1}{w^2(C_{T0} + C_0 + C_0')^2}}}$$

La corriente homopolar del rele es:

$$I'_0 = I_0 \frac{C_{T0}}{C_{T0} + C_0 + C_0'}$$

En una S.E. con varios alimentadores donde

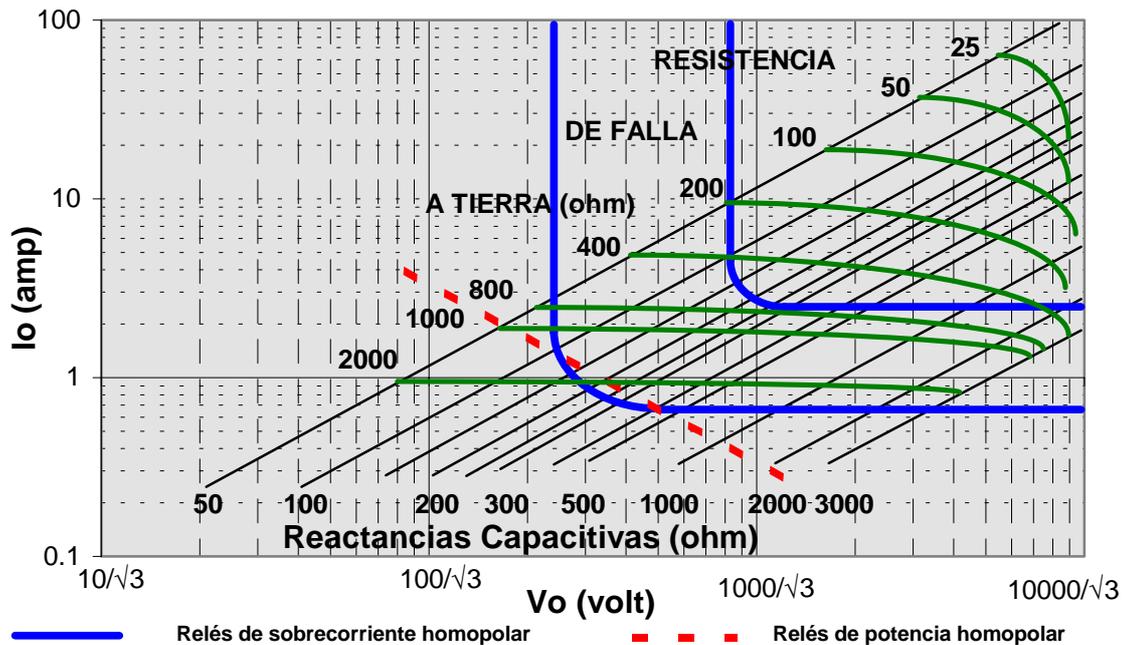
$$C_{T0} \gg C_0 + C_0' \dots \dots \dots I'_0 \approx I_0$$

$$I'_0 = \frac{Ef}{\sqrt{(3Rf)^2 + (wC_{T0})^2}}$$

$$V_0 = \frac{I'_0}{wC_{T0}}$$

Las ecuaciones mostradas las podemos graficar con la finalidad de poder visualizar el comportamiento del sistema en función de diferentes capacidades homopolares y de resistencias de fallas a tierra, resultando lo siguiente :

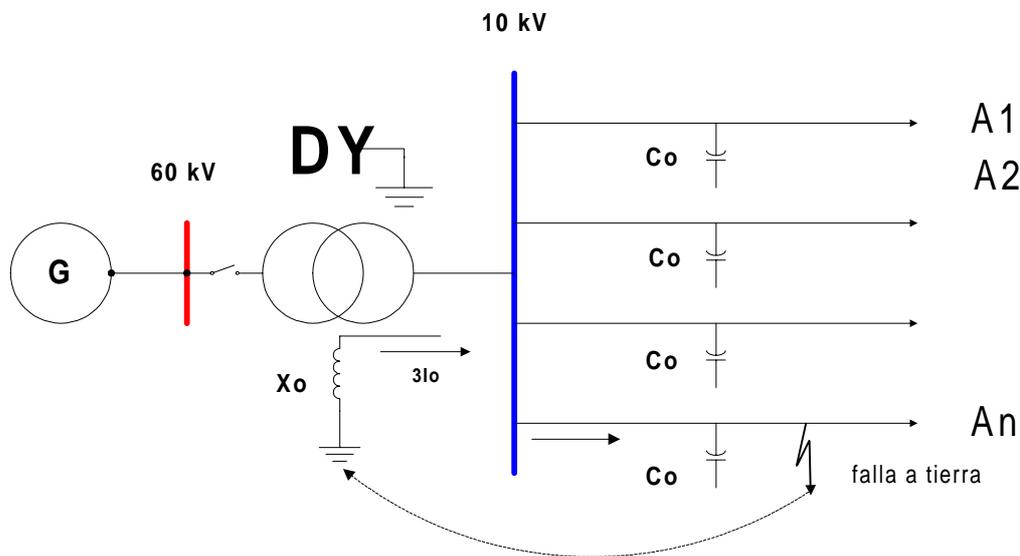
CARACTERISTICA DE OPERACION DE RELES HOMOPOLARES



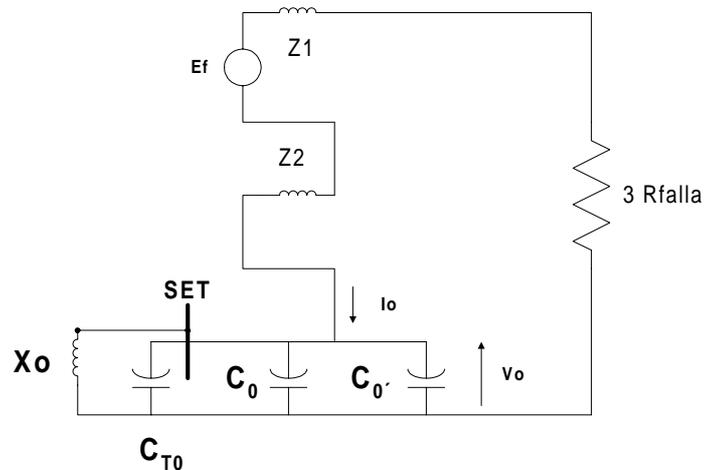
- **Sistemas con neutro puesto a tierra**

El comportamiento de las corrientes homopolares en un sistema puesto a tierra se muestra a continuación, en esta se puede observar que debido al hecho de que el neutro del transformador de potencia esté puesto a tierra y que su reactancia homopolar sea mucho menor que la reactancia capacitiva homopolar de los alimentadores, al existir una falla a tierra, prácticamente toda la corriente homopolar retorna a la barra a través del neutro del transformador de potencia, existiendo corriente solo en el alimentador fallado y no en los otros alimentadores; es por esto que no se justifica la instalación de relés direccionales, en este caso es suficiente la instalación de relés no direccionales sensitivos de corriente homopolar.

Adicionalmente, en caso de utilizarse relés direccionales estos no operarían debido a que las tensiones homopolares generadas serían muy pequeñas, debajo del 1%, los relés direccionales necesitan de 3 a 5 % de tensión para poder polarizarse.



De igual manera el esquema de principio es el siguiente :



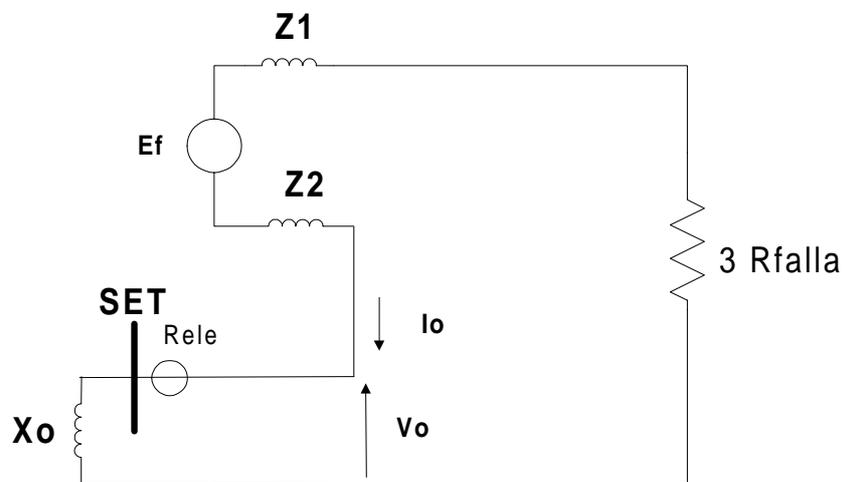
donde :

C_{T0} = capacidad total homopolar de los alimentadores
no involucrados en la falla

X_0 = reactancia homopolar del trafo de potencia

generalmente $X_0 \ll X_{ct0}$

luego podemos simplificar el circuito como sigue:



donde :

$$I_0 = \frac{E_f}{\sqrt{(3R_f)^2 + (Z_1 + Z_2 + X_0)^2}}$$

Z_1 = impedancia de secuencia positiva

Z_2 = impedancia de secuencia negativa

X_0 = reactancia homopolar del trafo

R_f = resistencia de falla a tierra

generalmente $Z_1 = Z_2 \approx X_0$

$$I_0 = \frac{E_f}{\sqrt{(3R_f)^2 + (3Z_1)^2}}$$

$$V_0 = I_0 \cdot X_0$$

$$I_{rele} = 3I_0$$

SELECCION DE LOS EQUIPOS DE PROTECCION EN SISTEMAS AISLADOS

- **Transformadores de Tensión**

Sean las tensiones nominales del sistema y del relé las siguientes :

Tensión nominal del sistema = 10 kV
Tensión nominal del Relé = 110 V

Luego la relación de transformación de cada unidad monofásica deberá ser la siguiente considerando que necesitamos un arrollamiento para las mediciones del sistema y otro para la detección de la tensión homopolar.

$$\frac{10}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{3} \text{ kV}$$

- **Transformadores de Corriente**

La selección de la relación de transformación del transformador de corriente toroidal seccionable se realiza considerando una resistencia de falla de cero ohmios (R falla = 0 ohm), con la finalidad de obtener la mayor corriente posible, luego aplicando las ecuaciones anteriores llegamos a lo siguiente :

$$I_o = \frac{E_f}{\frac{1}{\omega C_{T0}}}$$

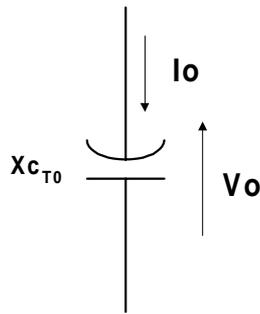
$$I \text{ trafo} = 3I_o \quad \dots \quad (200 / 1A)$$

Para la zona de Lima, calculando la ecuación anterior llegamos a la conclusión que las máximas corrientes que podrían presentarse están en el orden de los 200 Amps. y siendo la corriente nominal del relé de 1 Amp., se desprende que la relación de transformación más conveniente es de 200/1 Amp.

Esta deducción hay que calcularlo para cada zona en la que se aplicaría la protección, con la finalidad de elegir una relación de transformación más adecuada.

- **Angulo Característico del Relé**

Las tensiones y corrientes homopolares en los sistemas aislados, forman siempre un ángulo característico de 90 grados debido a que la reactancia de secuencia cero es de naturaleza capacitiva, tal como se indicara en los gráficos anteriores, lo que se muestra a continuación.



angulo entre V_o e I_o siempre es 90°

angulo caracteristico del rele = 90°

• Sensibilidad Máxima

La selección de la sensibilidad máxima del relé se efectúa considerando por ejemplo que la máxima resistencia de falla que se pretende detectar es de 2000 ohm. Luego se tiene lo siguiente :

R_{max} de falla = 2000 ohm
Relación de trafo corriente = 200

$$I_{relé} = \frac{10000/\sqrt{3}}{2000 \times 200} = 14 \text{ ma}$$

De donde se desprende que la sensibilidad máxima podría ser **10 ma.** y el **Rango de calibración = 10, 20, 30, 40, 50 ma** ó más.

CRITERIOS DE CALIBRACION

Para la calibración de la protección direccional de sobrecorriente homopolar, simplemente se procede a aplicar las ecuaciones vertidas, por ejemplo, si tenemos un sistema de distribución de 10 kV cuya reactancia homopolar total es de 400 ohm y se desea calcular los ajustes para una falla a tierra de 500 ohm, siendo la relación de transformación de 200/1 A, se obtiene lo siguiente :

$X_{CT0} = 400 \text{ ohm}$
 $R_{falla} = 500 \text{ ohm}$
 $V_n = 10 \text{ kV}$
T.C. = 200/1 A

$$I_o = \frac{10/\sqrt{3}}{\sqrt{(3 \times 500)^2 + 400^2}} = 3.72 \text{ A en el primario}$$

Luego el ajuste del relé sería :

$$I_{rele} = 3 I_o / 200 = 56 \text{ ma}$$

$I_{relé} = 56 \text{ ma}$

De igual forma se procede para otras resistencias obteniéndose el cuadro siguiente :

Rfalla	Io	Vo	I rele (ma)	V rele
0	14.43	5773.50	216.51	110.00
100	11.55	4618.80	173.21	88.00
200	8.01	3202.56	120.10	61.02
300	5.86	2344.84	87.93	44.68
400	4.56	1825.74	68.47	34.79
500	3.72	1487.62	55.79	28.34
750	2.53	1010.56	37.90	19.25
1000	1.91	763.05	28.61	14.54
1500	1.28	511.18	19.17	9.74
2000	0.96	384.05	14.40	7.32

PROBLEMATICA DE IMPLEMENTAR LA PROTECCION DE FALLAS A TIERRA

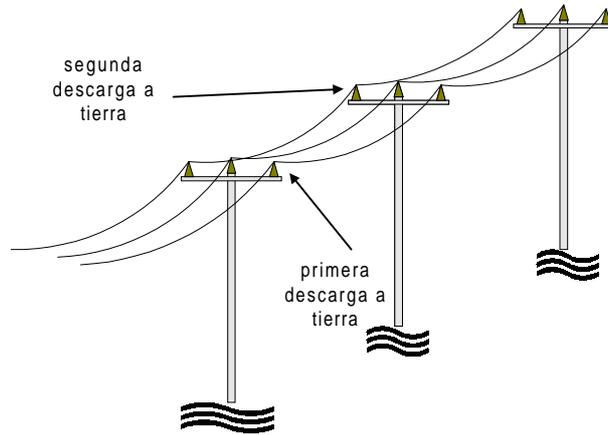
La implementación de la protección contra las fallas a tierra se efectúa para proteger a las personas de los choques eléctricos al romperse un conductor de una línea de distribución mas no para proteger al sistema eléctrico.

Como resultado de la implementación de esta protección en los sistemas de distribución, al producirse una falla a tierra ya sea un conductor caído o una descarga en los aisladores, la protección detectaría estas fallas y abriría el interruptor del alimentador correspondiente.

- **Fallas evolutivas bajan la calidad del servicio**

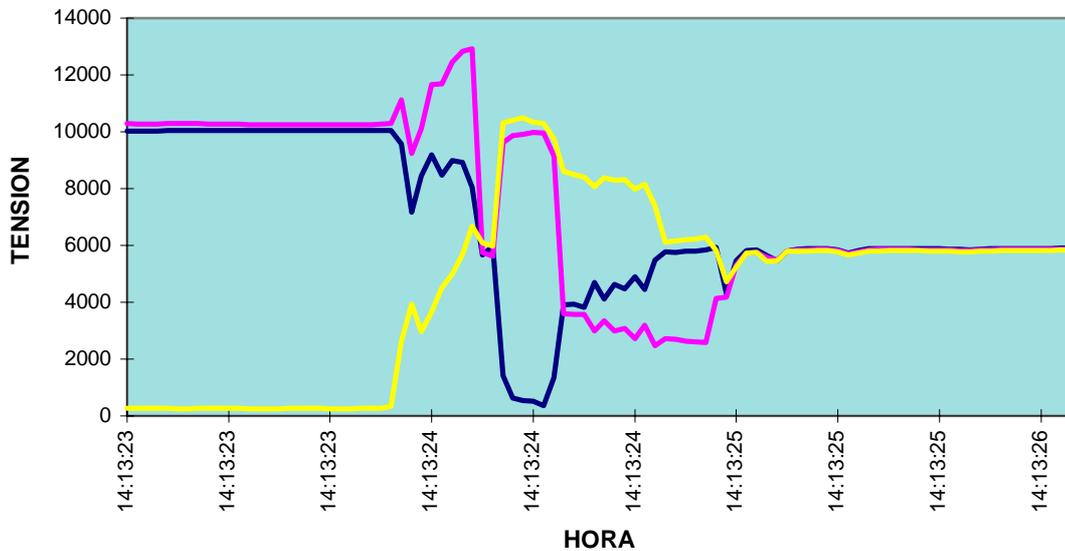
En los sistemas de distribución frecuentemente al existir una descarga a tierra como resultado de un conductor caído o de una descarga en algún aislador del sistema, produce el desplazamiento del neutro originando que las tensiones fase tierra de las fases no falladas se incrementen en todo el sistema de distribución dando origen a nuevas descargas en algún punto del sistema de distribución, esto ocurre generalmente en alimentadores que se encuentran con un grado de polución alto, en otras palabras alimentadores sin mantenimiento, resultando de este fenómeno que aperture más de un alimentador a la vez. Se han dado casos en que han aperturado 5 alimentadores simultáneamente.

El fenómeno descrito anteriormente merma notablemente la calidad del servicio, por lo que en la aplicación de este tipo de protección debe existir un ajuste adecuado de la protección de manera que este opere ante la mayoría de fallas a tierra por desprendimiento del conductor y no ocurran muchas aperturas por descargas en aisladores, lo que generalmente es difícil de conseguir.

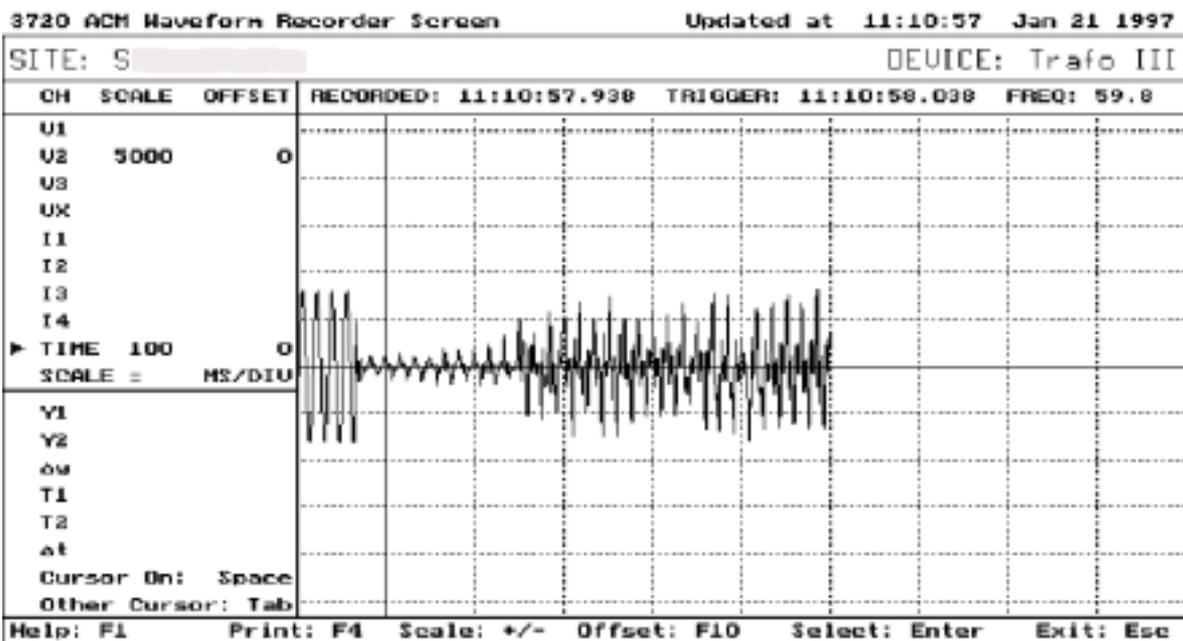
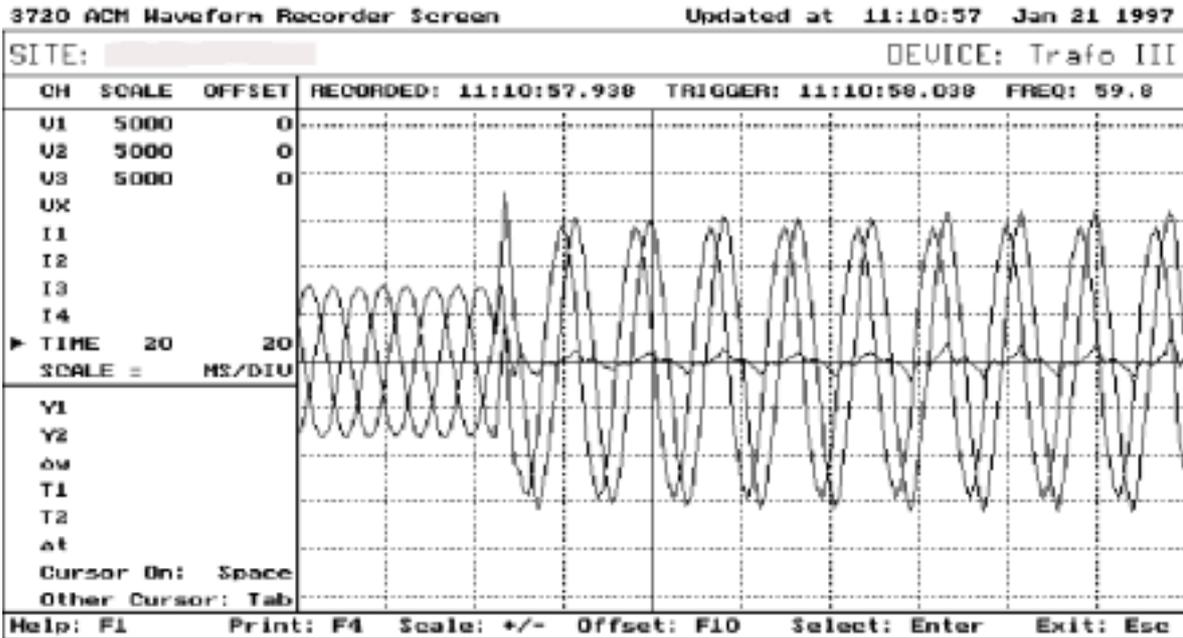


A continuación se muestra un gráfico de una descarga del tipo evolutivo que se ha registrado en el sistema de distribución de la zona de Lima. En el registro cada curva representa la tensión línea a tierra de cada fase, en esta observamos que existía inicialmente una falla a tierra en la fase con menor tensión, cercano a los 200 voltios mientras que en las otras fases la tensión es casi 10 kV, esto debido al desplazamiento del neutro, recordemos que en condiciones normales de operación cada fase debería estar a 5773 voltios. Luego de un periodo de tiempo, otra de las fases descarga a tierra, esto se manifiesta en que la tensión cae y las otras se recuperan, y finalmente se despeja la falla retornando todas las tensiones a 5773 voltios.

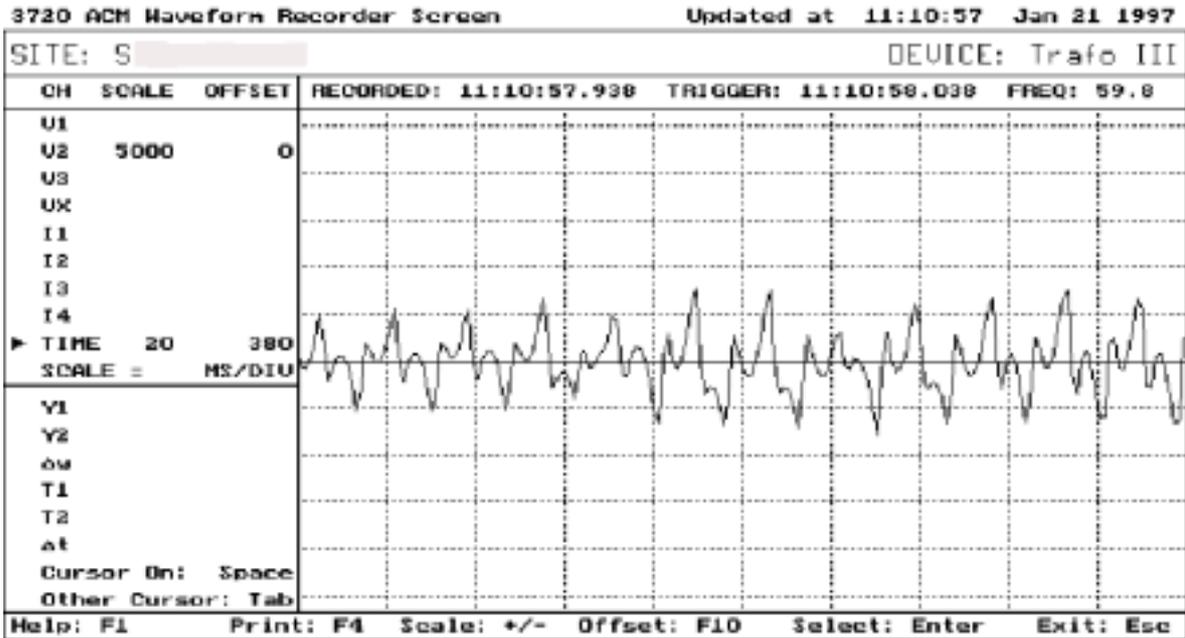
FALLA EVOLUTIVA A TIERRA



En los gráficos de a continuación se muestran algunos registros oscilográficos que nos permitirán entender el fenómeno de las fallas a tierra y corroborar lo manifestado y analizado teóricamente.



Si analizamos en detalle las formas de tensiones y corrientes de una falla a tierra notamos que tiene un alto componente de armónicos de tercer orden, por lo tanto es imprescindible que los relés direccionales de sobrecorriente homopolar tengan filtros de tercera armónica. En el gráfico siguiente mostramos en detalle la naturaleza de la onda de tensión de la fase fallada.



• Estadística de Fallas

La distribución porcentual del tipo de fallas para la zona de Lima aproximadamente es como sigue :

Fallas a tierra	90 %	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Transitorias} \quad 60 \% \\ \text{Permanentes} \quad 30 \% \end{array} \right.$	$\text{--- Caidas de líneas} \quad 3 \text{ a } 5 \%$
Otras fallas	10 %		

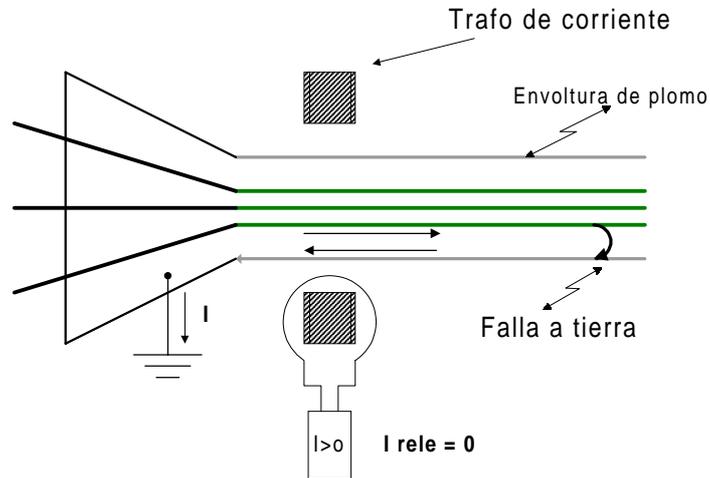
Esto significa que solo un 5 % de las fallas en distribución se deben a conductores caídos, razón por la que se instala la protección contra fallas a tierra, sin embargo el sistema de distribución detectaría y despejaría un 85 % de las fallas que se deben en un gran porcentaje a descargas transitorias y permanentes en aisladores; dicho de otra forma de cada 100 fallas la protección debería despejar 10 fallas de fases y 5 fallas por conductores caídos, en total 15 fallas, 15 interrupciones. Sin embargo la protección contra fallas a tierra despejaría adicionalmente 85 fallas, 60 transitorias y 25 permanentes; es decir 85 interrupciones adicionales, lo que evidentemente afectaría la calidad del servicio.

CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACION DE EQUIPOS EN CELDAS DE 10 KV

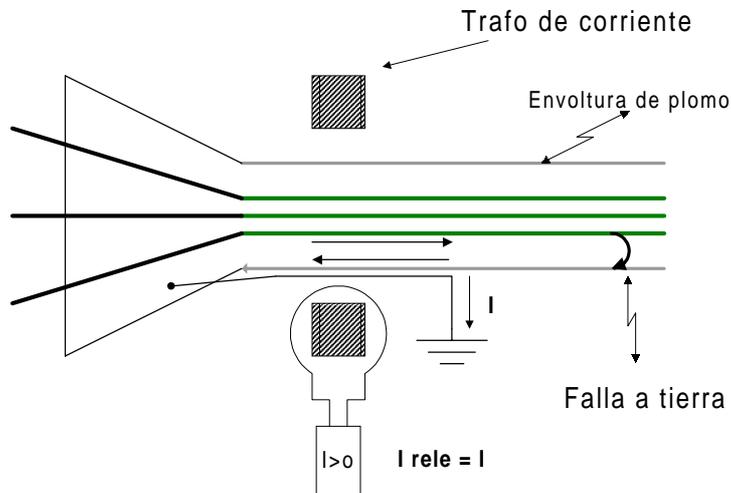
Existen consideraciones especiales que se deben tomar en cuenta para el montaje de los transformadores de corriente y de la botella terminal del cable, si no se efectúan, la protección podría no operar ante fallas a tierra o podría existir operaciones indebidas.

• Transformadores de corriente

El montaje de los transformadores de corriente toroidal seccionable debe efectuarse de una forma muy especial debido a que los cables con funda de plomo, NKY, normalmente tienen corrientes homopolares en estas y pueden dar falsas operaciones al relé direccional de sobrecorriente homopolar. En otro caso, por ejemplo si existe una falla a tierra en el cable el relé no detectaría la corriente si la conexión fuese la siguiente :



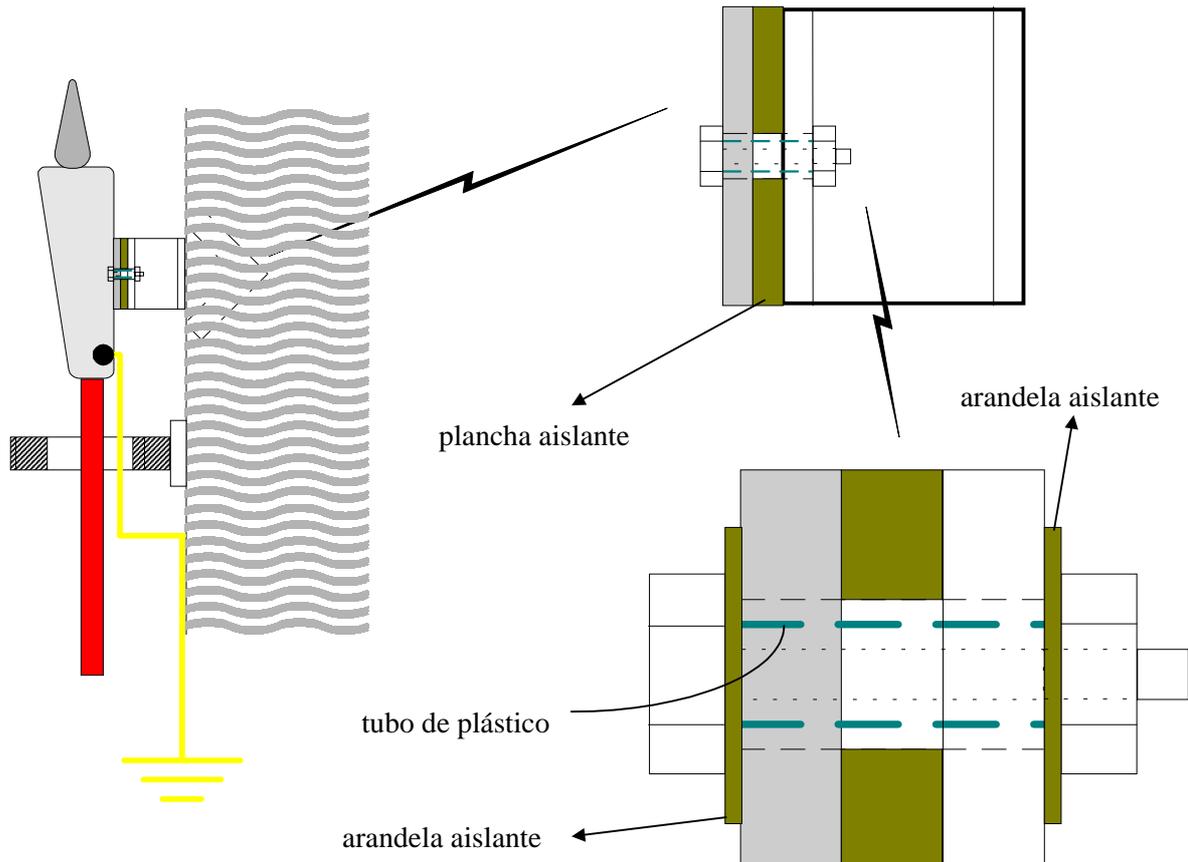
Para evitar todos estos inconvenientes, la puesta a tierra de la cabeza terminal de cable debe pasar por el transformador de corriente toroidal, tal como se indica a continuación :



• Botella terminal de cable NKY

El montaje de la cabeza terminal debe efectuarse aislándolo de tierra, con la finalidad que la corriente no circule a tierra a través del soporte del terminal, permitiendo de esta forma que toda la corriente de falla pase por el conductor de puesta a tierra dentro del transformador de corriente, tal como se indicara en el dibujo anterior.

El detalle del montaje se muestra en el dibujo de a continuación.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En sistemas con NPT los relés direccionales no funcionan, deben usarse relés de sobrecorriente no direccional.
- En sistemas con NPT no deben usarse cargas conectadas al neutro ya que esto impide la discriminación de las fallas a tierra por los relés de sobrecorriente homopolar.
- En sistemas con Neutro Aislado, la protección direccional de sobrecorriente homopolar solo es posible con más de un alimentador, en sistemas con NPT es posible con un alimentador.
- La protección en sistemas con Neutro Aislado con un solo alimentador es posible con relés de sobretensión homopolar.
- Es necesario que se respeten las áreas debajo de las líneas aéreas ya que si el conductor eléctrico le cae a una persona, esta sufrirá el efecto eléctrico y mecánico y luego funcionaría la protección.
- Es importante determinar y solucionar el problema de las caídas de conductores, las líneas no se deben caer por temblores, cortocircuitos, etc. por lo tanto es necesario definir calibres mínimos .
- Hay que darle importancia a la calidad de la ferretería, al montaje de la línea y a la recepción de las obras.

- Con la instalación de la protección de fallas a tierra, es necesario aumentar el periodo del mantenimiento para mejorar la calidad del servicio.
- Los sistemas aislados tienen una ventaja sobre los sistemas puestos a tierra desde el punto de vista de la tensión que se vería sometida una persona ante la caída de un conductor, en los sistemas aislados la tensión fase tierra del conductor caído es baja, mientras que en los sistemas puestos a tierra esta tensión prácticamente no varía con la falla siendo del orden de 5773 voltios para una red de 10 kV.
- Es importante hacer notar que todas las protecciones existentes en el mundo para que puedan operar primero tiene que existir la falla y después el relé estaría en condiciones de detectar y despejar la falla. Esto significa que la protección de sobrecorriente homopolar para que funcione primero tiene que caer el conductor al suelo para generar la corriente homopolar, es decir, si la línea cae encima de personas o viviendas estas serán sometidas al efecto eléctrico y después operaría la protección. No existe protección alguna que detecte el conductor en el instante que se rompe, ya que en ese momento no existe la corriente homopolar, parámetro determinante que indica la falla a tierra.
- La resistencia de contacto a tierra de un conductor caído puede tener un margen muy amplio, de cero ohmios hasta casi infinito, sin embargo toda protección tiene un rango de operación y fuera de esta la protección no actúa, en ese sentido es importante que las fallas a tierra tengan valores que sean capaces de ser detectados por los relés direccionales de sobrecorriente homopolar.
- De acuerdo a lo mencionado en el párrafo anterior, el diseñador de las redes de distribución aéreas, debe tratar en lo posible de buscar un recorrido de forma tal que al caerse el conductor se asegure la baja resistencia de contacto a tierra para permitir la operación del relé direccional de sobrecorriente homopolar. Por lo tanto no es conveniente pasar una línea aérea encima de veredas y asfalto ya que se corre el riesgo de que la protección no actúe.
- También hay que evitar instalar otros tipos de redes debajo de las líneas aéreas que impidan que el conductor llegue al suelo al romperse y no ser detectado por la protección. Adicionalmente se corre el riesgo que la tensión de 10 kV pase a la red instalada debajo de la línea con todos los problemas que puede ocasionar esta eventualidad a los usuarios de esas redes, por ejemplo una red telefónica.
- Para la adquisición de relés direccionales de sobrecorriente homopolar es muy importante efectuar la consulta sobre el buen funcionamiento de marcas y tipos, a empresas que tienen instalados por muchos años este tipo de protección, como EDELNOR y LUZ DEL SUR, ya que se han dado casos en que los fabricantes aseguran la buena operación de sus relés y en la práctica no operan.
- La protección direccional de sobrecorriente homopolar tiene una experiencia de casi 20 años en la zona de Lima, habiendo tenido buenos resultados.

CAA

98.03.10