



Método de medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra

Rafael Maydagán Solés

Recibido: Diciembre de 1999

Aprobado: Diciembre de 1999

Resumen / Abstract

Con el objetivo de medir con gran exactitud la resistencia óhmica del sistema de puesta a tierra de centrales eléctricas, subestaciones e industrias sin desenergizar, ni interrumpir en lo más mínimo el proceso normal de producción de dichas instalaciones, se realiza intencionalmente un cortocircuito monofásico (capacitivo) sólido metálico a tierra en una red trifásica, trifilar, cuyo neutro está aislado de tierra. Por el mencionado cortocircuito circulará a tierra una pequeña corriente capacitiva cuya magnitud estará por debajo de 10 : 15 A, por lo que será fácilmente medible con un amperímetro conectado a través de un transformador de corriente, al cable que realiza el referido cortocircuito. Entonces a través de un filtro de secuencia cero se obtiene el voltaje de secuencia cero. Así es que con las magnitudes, medidas en un multímetro digital de potencia: corriente de secuencia cero, voltaje de sec. y potencia de sec. cero y mediante determinadas ecuaciones matemáticas, se obtiene el valor de la resistencia óhmica del sistema de puesta a tierra: R_f .

Palabras clave: método de medición, resistencia, sistema de puesta a tierra

A single-phase (capacitive), solid, metallic short circuit is intentionally done to earth in a three-phase, three-wire network, whose neutral is insulated from the earth. This is done with a view to measure with high accuracy the ohmic resistance of the earthing system of power stations, substations, and industries without having neither the need to de-energize them nor to interrupt, in the least, the normal production process of the said power stations, substations, and industries. A capacitive current of about 10 15 amperes will circulate to earth through the above-mentioned short circuit. Consequently, this capacitive current may be easily measured with an ammeter connected through a current transformer to the cable making the said short circuit. Then, through a zero-sequence filter, a zero-sequence voltage and a zero-sequence power and through certain mathematical equations the value of the ohmic resistance of the earthing system R_f will be obtained.

Key words: measurement method, resistance, earthing system.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es la exposición de un nuevo **Método de medición del sistema de puesta a tierra de centrales eléctricas, subestaciones y grandes industrias**, el cual se basa en la realización intencional de un cortocircuito monofásico, capacitivo, sólido, metálico a tierra y en la medición de sus voltaje, corriente y potencia de secuencia cero, después de lo cual, mediante determinadas ecuaciones matemáticas que expresan las leyes físicas que rigen

los circuitos eléctricos de corriente alterna, se obtiene el valor de la resistencia óhmica de dicho sistema de puesta a tierra.

DESARROLLO

El **Método de medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra**,¹ posee el Certificado de Autor de Invención No 22525, Resolución No 1101/1998, junio 2/1998, de la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial; Clasificación Internacional de Patentes de la Sexta Edición G01R 27/20.

Dicha invención está destinada a la medición del sistema de puesta a tierra de todas las centrales eléctricas, subestaciones de transmisión, subtransmisión y distribución, así como también de cualquier otra Industria (central azucarero, fabrica de fertilizantes, siderúrgica, etcétera).

El método de medición más comúnmente utilizado en Cuba es de **caída de potencial**. Este método tiene varios inconvenientes, uno de los cuales está bien explicado en la patente inglesa² GB2006969, en la cual se señala textualmente lo siguiente:

Una desventaja de los métodos convencionales de medición es que la diferencia de potenciales medida entre un par particular de posiciones de los electrodos de potencial puede ser afectado por una variación local de resistividad que surja por la presencia en la vecindad de la posición de los electrodos de una masa subsuperficial de un material que tenga propiedades eléctricas diferentes de las que posee el estrato que contiene la referida masa.

En el método propuesto en esta **invención** se elimina totalmente el efecto de la heterogeneidad del terreno. Esto se debe a que cuando se provoca intencionalmente un cortocircuito monofásico de fase a tierra, mediante la conexión sólida (metálica) de un cable de cobre entre una cualquiera de las fases de una red aislada (trifilar) y el sistema de aterramiento, circula a tierra una pequeña corriente capacitiva de 10 : 15 A. Cuando se dice que esta corriente circula a tierra, lo hace a través de todas las trayectorias posibles que le brinda el sistema de puesta a tierra en su conjunto. Por consiguiente, la corriente de cortocircuito agota inmediatamente el 100% de todas las trayectorias posibles hasta alcanzar un punto en el cual el potencial sea igual a cero y a ese punto se le designa como el potencial de la tierra.

Por cuanto el neutro de todas las capacitancias distribuidas a lo largo de cada fase, está al potencial igual a cero de la tierra, es que entonces la corriente de cortocircuito regresa a la red desde este propio punto, después de haber pasado por el 100% de todas las trayectorias posibles que le brindó el sistema de puesta a tierra en su conjunto.

Por tanto, la resistencia óhmica al paso de la corriente desde la fase hasta el potencial igual a cero de la tierra, será la verdadera **resistencia equivalente**, del sistema de puesta a tierra, en su conjunto.

Por otra parte, en el método tradicional de medición (caída de potencial), la contribución principal a la

resistencia del medio proviene de las secciones que limitan directamente con los electrodos; desde el punto de vista físico esto se explica por el hecho de que al aumentar la distancia entre los electrodos crece respectivamente el área eficaz del medio por el que circula la corriente. El aumento de la distancia entre los electrodos aumenta la resistencia mientras que el aumento del área la disminuye, estos factores se compensan prácticamente y **la resistencia resulta ser independiente de la distancia**, por consiguiente, es muy importante asegurarles una buena conductividad a los electrodos para lo cual se usan electrodos que posean un área grande de superficie y además se entierren a una profundidad bastante grande, donde la presencia de las aguas subterráneas garantiza una buena conductividad del suelo.

Como en el método de caída de potencial se necesitan dos electrodos auxiliares: uno de corriente y otro de potencial a los cuales hay que asegurarles una buena conductividad, estos electrodos se convierten en una fuente de inexactitudes y errores para dicho método tradicional.

Otra desventaja de los métodos tradicionales de medición es la necesidad de ubicar el electrodo auxiliar de corriente a una distancia igual a 6,5 veces, la longitud de la diagonal equivalente del sistema de puesta a tierra, mientras que el electrodo de potencial se coloca aproximadamente en el centro de la distancia mencionada, en terrenos cuya estructura sea prácticamente homogénea. Sin embargo, si se trata de un terreno de estructura heterogénea, entonces la distancia hasta el electrodo auxiliar de corriente puede alcanzar valores de hasta 50 veces la longitud de la diagonal equivalente³ del sistema de puesta a tierra, a pesar de lo cual solo se alcanzaría una precisión del 98,5% en la medición.

La desventaja principal de los métodos tradicionales de medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra, es la necesidad de desenergizar la central eléctrica (subestación o industria) durante la medición, debido a la posibilidad de un alto voltaje de toque, en el sistema de puesta a tierra provocado por la conducción o por la inducción de voltajes y corrientes en dicho sistema de puesta a tierra. Esa indispensable medida de seguridad ocasiona muchas dificultades y muchos gastos, por la energía dejada de producir.

Cuando se utiliza una de las variantes de los métodos tradicionales (el de caída de potencial, por ejemplo) para medir el sistema de puesta a tierra de las centrales eléctricas, subestaciones y grandes Industrias, que

posean grandes instalaciones ubicadas muy cerca de los edificios principales y con un gran número de redes técnicas de intercomunicación, sobre todo si los sistemas de puesta a tierra de las instalaciones aledañas están interconectados con el que se está midiendo, entonces resulta frecuentemente imposible la ubicación cercana de los electrodos de medición en la zona de potencial igual a cero y por el contrario será necesario ubicar dichos electrodos a una distancia igual a 50 veces la longitud de la diagonal equivalente, pues siempre va a estar presente determinado error por defecto en la medición. Este error por defecto se fundamenta en que no existen, en el área circundante a la malla de puesta a tierra que se está midiendo, puntos cercanos cuyo potencial sea igual a cero debido a que las mallas de puesta a tierra de las instalaciones aledañas facilitan cierta equiparación de los potenciales.

El método de medición propuesto en esta invención no se perjudica por el hecho de tener grandes instalaciones muy cerca de la malla que se está midiendo, ni por la cantidad o la complejidad de las redes técnicas de intercomunicación, ni tampoco por el hecho de que las mallas de puesta a tierra de las instalaciones aledañas estén o no interconectadas con la que se está midiendo, ya que el resultado que se obtiene será la **resistencia equivalente** del 100 % de todas las trayectorias posibles que encuentra la corriente de cortocircuito en su paso desde la fase fallada hasta el punto (o superficie) de potencial igual a cero de la tierra.

MÉTODO

Con el objetivo de medir con gran exactitud la resistencia óhmica del sistema de puesta a tierra, R_f , en centrales eléctricas, subestaciones e industrias; sin interrumpir en lo más mínimo el proceso normal de producción, se realiza intencionalmente un cortocircuito monofásico (capacitivo), sólido, metálico a tierra, desde una cualquiera de las tres fases de una red trifásica, trifilar, que tenga el neutro aislado de tierra, sin ningún peligro para el personal o el equipamiento. Este cortocircuito se repite tres veces, desde cada una de las tres fases.

Por el mencionado cortocircuito, circulará una corriente capacitiva de **estado estable**, cuya magnitud será de $10 \div 15$ A, aproximadamente, por lo que será fácilmente medible con un amperímetro conectado a través de un transformador de corriente al cable que realiza el cortocircuito.

A través de un filtro de secuencia cero, se obtendrá el voltaje de secuencia cero de la red, dicho voltaje

se aplica a la bobina de potencial de un wattímetro mientras que su bobina de corriente estará conectada al referido transformador de corriente y de este modo se obtiene la potencia de secuencia cero disipada en la resistencia de secuencia cero de la red.

Con las tres magnitudes, medidas experimentalmente, siguientes:

- Voltaje de secuencia cero.
- Corriente de secuencia cero.
- Potencia de secuencia cero.

Y mediante determinadas ecuaciones matemáticas que rigen los circuitos eléctricos, trifásicos de corriente alterna, se obtiene el valor de la resistencia óhmica equivalente del sistema de puesta a tierra, en su conjunto.

También se obtiene la impedancia capacitiva de secuencia cero: Z_0 , de cada una de las tres fases de la red.

En la figura 1 se muestra el esquema de corriente alterna que muestra la trayectoria de la I_{cc} , durante el cortocircuito monofásico (capacitivo), sólido, metálico a tierra, en una red trifásica, trifilar, con el neutro aislado de tierra.

Las capacitancias a tierra distribuidas uniformemente a lo largo de toda la línea, están representadas en forma concentrada en un punto de las barras de voltaje de la red. En este dibujo no se muestran las capacitancias entre fases porque ellas no son parte de la red de secuencia cero.

En la figura 2 aparece un diagrama espacial que muestra la distribución uniforme de la corriente de secuencia cero, en toda la longitud de las barras de voltaje desde el punto del cortocircuito, simbolizado en la figura por la fuente de voltaje de secuencia cero E_{k0} ; dicha fuente de voltaje tiene su valor máximo, precisamente en el propio punto del cortocircuito.

Esa distribución espacial de la corriente de secuencia cero que se muestra en la figura 2, corresponde con la trayectoria de esa propia corriente que aparece en la figura 1.

En la figura 3 aparece el esquema trifásico completo para la medición de la resistencia R_f del sistema de puesta a tierra.

En esta misma figura 3 se muestra el interruptor de aceite a través del cual se realiza, intencionalmente,

el cortocircuito monofásico, capacitivo, sólido, metálico a tierra y la conexión del amperímetro y de la bobina de corriente del wattímetro, al enrollado secundario de un transformador de corriente, instalado en el propio cable que realiza el referido cortocircuito.

También se muestra la conexión del voltímetro y de la bobina de potencial del wattímetro, al enrollado terciario (conectado en delta rota) del transformador de potencial, el cual es un filtro de secuencia cero.

A continuación se exponen las ecuaciones principales⁴ sobre el nuevo método de medición.

$$I_A = (E_0 + E_1) Y_A; \quad \dots(1)$$

$$I_B = (E_0 + a^2 E_1) Y_B; \quad \dots(2)$$

$$I_C = (E_0 + a E_1) Y_C; \quad \dots(3)$$

donde:

I_A, I_B, I_C : Corrientes por las fases A, B, C.

E_0 : Voltaje de secuencia cero.

E_1 : Voltaje de secuencia positiva.

Y_A, Y_B, Y_C : Admitancias de las tres fases.

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \text{ operador vectorial}$$

Por cuanto la red trifásica, trifilar se ha asumido aislada de tierra, la suma de las tres corrientes de fase es igual a cero. Esto permite determinar la razón del voltaje de secuencia cero al voltaje de secuencia positiva, sumando las ecuaciones 1, 2, 3, y reagrupando los términos; quedará de la manera siguiente:

$$\frac{E_0}{E_1} = -\frac{(Y_A + a^2 Y_B + a Y_C)}{Y_A + Y_B + Y_C} \quad \dots(4)$$

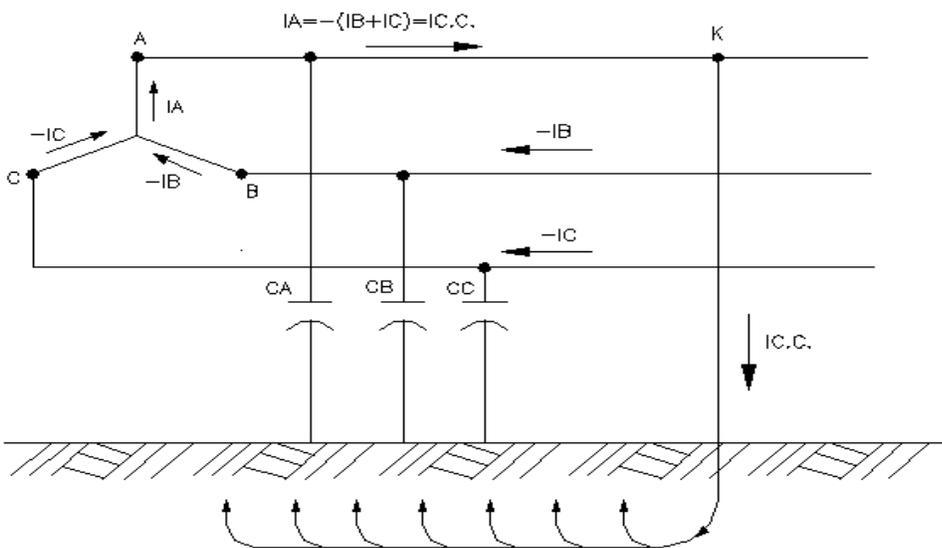
La ecuación 4, es una ecuación fasorial que plantea la igualdad de dos fasores, uno de ellos es el fasor E_0 y el otro es la relación de admitancias.

Estos dos fasores son iguales en módulo y ángulo, en virtud de lo cual, para resolver esta ecuación y despejar la única incógnita R_f , se plantea la igualdad de los valores absolutos de sus dos miembros:

$$\left| \frac{E_0}{E_1} \right| = -\left| \frac{Y_A + a Y_B + a^2 Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C} \right| ;$$

Estas son las ecuaciones de las tres admitancias:

$$Y_A = j\omega C_A + G_A + \frac{1}{R_f}$$



Esquema de corriente alterna que muestra la trayectoria del cortocircuito monofásico (capacitivo) a tierra .

$$Y_B = JWC_B + G_B$$

$$Y_C = JWC_C + G_C ;$$

donde:

$JWC_A; JWC_B + JWC_C$: Suceptancias de las 3 fases.

$G_A; G_B; G_C$: Conductancias de las 3 fases.

R_f : Resistencia del sistema de puesta a tierra.

$$G_A = G_B = G_C = \frac{1}{R_{p\acute{e}rdidas}}$$

Las redes de corriente alterna, trifásicas, trifilares, para los servicios propios de las centrales eléctricas, subestaciones e industrias, que tienen el neutro aislado de tierra, se consideran simétricas si el voltaje de desbalance, medido en el filtro de secuencia cero que forma el enrollado terciario del transformador de potencial, conectado en delta rota, es menor del 5 % del máximo voltaje de secuencia cero, el cual ocurre durante la falla monofásica sólida, metálica a tierra. Esto se puede comprobar experimentalmente, en virtud de lo cual se considera que las capacitancias y resistencias de secuencia cero de las tres fases son iguales entre sí:

$$C_A = C_B = C_C \quad y \quad R_{0A} = R_{0B} = R_{0C}$$

Además, la impedancia de secuencia cero, tendrá la expresión siguiente:

$$Z_0 = R_0 - JX_{C0} ;$$

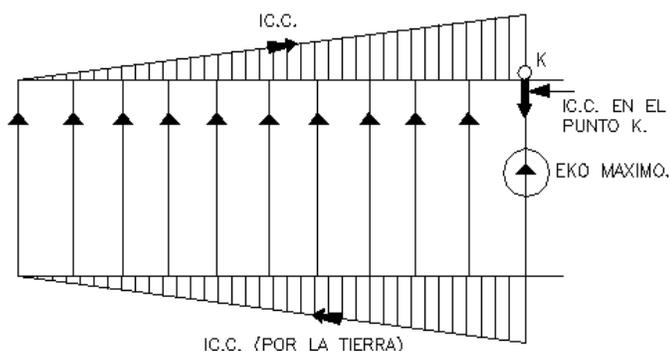


Diagrama espacial que muestra la distribución uniforme de la corriente de secuencia cero en toda la longitud de las barras de voltaje.

2

El equivalente en paralelo de la impedancia en serie de secuencia cero se halla por la expresión:

$$\left(\frac{R_0^2 + X_{C0}^2}{R_0} \right) - J \left(\frac{R_0^2 + X_{C0}^2}{X_{C0}} \right) = Z'_0 = R'_0 - JX'_{C0}$$

y el al recíproco de la impedancia en paralelo Z'_0 , se le llama admitancia de secuencia cero Y_0 :

$$Y_0 = \left(\frac{R_0}{R_0^2 + X_{C0}^2} \right) - J \left(\frac{X_{C0}}{R_0^2 + X_{C0}^2} \right) = G_0 + JB_0 ;$$

Como se puede apreciar en la figura 3, por la resistencia del sistema de puesta a tierra: R_f circulan únicamente las corrientes de secuencia cero de las tres fases, en virtud de lo cual dicha resistencia R_f tiene que ser multiplicada por tres e incluida *en la resistencia de secuencia cero de la red*⁵: R_0 , es decir:

$$R_0 = R_{p\acute{e}rdidas} + 3R_f$$

$$\therefore R_{p\acute{e}rdidas} = R_0 - 3R_f$$

I sustituyendo este valor, en la ecuación de la admitancia de secuencia cero:

$$Y_0 = \left[\frac{(R_0 - 3R_f)}{(R_0 - 3R_f)^2 + X_{C0}^2} \right] + J \left[\frac{X_{C0}}{(R_0 - 3R_f)^2 + X_{C0}^2} \right] = G_0 + JB_0$$

$$Y_A = Y_0 + \frac{1}{R_f} ;$$

$$Y_B = Y_0 ;$$

$$Y_C = Y_0 ;$$

Como se puede observar, en estas ecuaciones de las admitancias de las tres fases, existe una sola incógnita: la resistencia del sistema de puesta a tierra: R_f .

Sustituyendo las ecuaciones de las admitancias en la ecuación 4:

$$\left| \frac{E_0}{E_1} \right| = - \left| (\text{Relación de Admitancias}) \right| ;$$

En virtud de que se tiene el valor experimental exacto de la corriente del cortocircuito intencional, monofásico

$$I_{cc} = 3I_0 = I_A$$

se utiliza la ecuación 1:

$$|E_0 + E_1| Y_A(R_f, R_{0A}, X_{C0A}) = I_A = 3I_0$$

Ahora se despeja E_1 de la ecuación 4 y se sustituye su valor en la ecuación 1, quedando de la forma siguiente:

$$\left| E_0 - \frac{E_0}{(\text{Relación de Admitancias})} \right| = \left| \frac{3I_0}{Y_A(R_f, R_{0A}, X_{C0A})} \right| \quad \dots(5)$$

Ahora se sustituyen en la ecuación 5, los valores obtenidos experimentalmente de: $E_{0A}, I_{0A}, R_{0A}, X_{C0A}$. Después de las simplificaciones, se obtiene un polinomio de cuarto grado, de la forma:

$$aY^4 + bY^3 + cY^2 + dY + e = 0$$

Cuyos coeficientes resultan ser combinaciones algebraicas de los valores experimentales:

$$E_{0A}, I_{0A}, R_{0A}, X_{C0A}$$

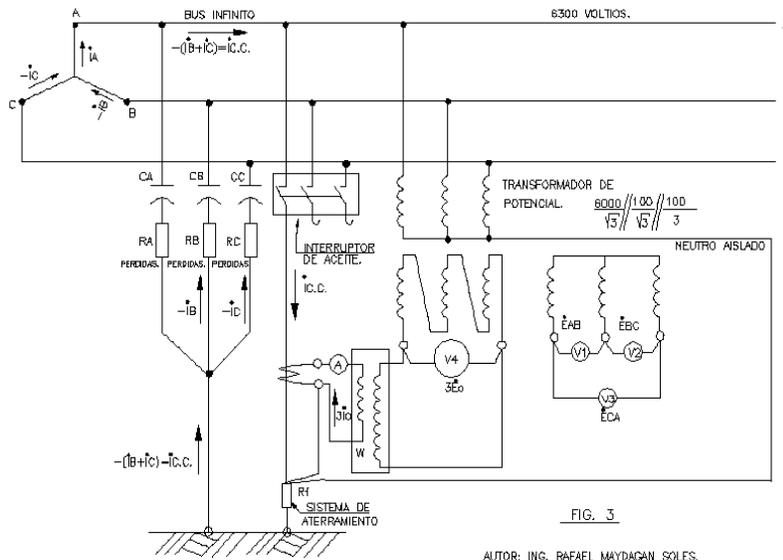
Como es evidente se trata de **una sola ecuación con una sola incógnita**, la cual se resuelve con la ayuda de un software, como puede ser el programa: DERIVE for Windows.

Esta ecuación 5, se resuelve tres veces, utilizando en cada ocasión los valores experimentales obtenidos en cada fase, después de lo cual se obtiene el valor promedio de las tres soluciones y dicho valor es el **resultado final de la medición**:

$$R_f = \frac{R_{fA} + R_{fB} + R_{fC}}{3}$$

REIVINDICACIONES

1. Método de medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra que comprende un transformador de potencial que tiene conectado su primario, a las barras de voltaje de la red trifásica, trifilar, con el neutro aislado y se caracteriza porque a la salida del terciario, conectado en **delta rota**, se conecta un voltímetro para leer el voltaje de secuencia cero y en paralelo con este, se conecta la bobina de potencial de un wattímetro; por medio de un interruptor de aceite, se realiza un cortocircuito monofásico a tierra a través de la resistencia del sistema de puesta a tierra; mediante un transformador de corriente, se interrumpe la corriente de cortocircuito y se le entrega a la bobina de corriente del referido wattímetro y a un amperímetro, en el cual se lee la magnitud de la corriente del cortocircuito monofásico a tierra; mientras que en el wattímetro se lee la magnitud de la potencia de secuencia cero.



Esquema trifásico de corriente que muestra una red con el neutro aislado y las tres capacitancias por fase concentradas en un punto.

2. Método de acuerdo a la reivindicación No. 1, que permite obtener el valor de la resistencia del sistema de puesta a tierra y de la impedancia capacitiva de secuencia cero de las tres fases de la red de voltaje trifásica, trifilar, con el neutro aislado, de las lecturas de voltaje del voltímetro, de potencia del wattímetro y de corriente del amperímetro, mediante determinadas ecuaciones matemáticas que expresan las leyes físicas que rigen los circuitos eléctricos, trifásicos, de corriente alterna.

CONCLUSIONES

1. El nuevo método de medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra, de centrales eléctricas, subestaciones e industrias, es más exacto que los métodos existentes, porque utiliza **un solo punto** de conexión a tierra, desde una red de voltaje trifásico, trifilar, cuyo neutro esté aislado de tierra, pues el retorno de la corriente a la red se realiza a través de todas las capacitancias distribuidas a lo largo de las tres fases de la referida red.

2. La trayectoria de la corriente es **totalmente independiente** de la mayor o menor **heterogeneidad** del terreno, puesto que la corriente regresa a la red desde el punto (o superficie) de potencial igual a cero de la tierra, a través del 100 % de las capacitancias distribuidas a lo largo de la red, las cuales constituyen el 100 % de las trayectorias posibles: tanto si la resistividad ρ , del terreno, es homogénea, como si es heterogénea.

3. Se evita la necesidad de hincar los electrodos auxiliares de corriente y de potencial, que se usan en el método de caída de potencial, a distancias del orden de por lo menos $10D$, y D es el diámetro equivalente del área del sistema de puesta a tierra, que se está midiendo, con lo cual solo se logra una precisión del 95 %, debido a la proximidad del electrodo auxiliar de retorno de corriente.^{7,8}

4. Con el nuevo método, las mediciones se realizan sin desenergizar la instalación eléctrica de que se trate y sin interrumpir, en lo más mínimo, el proceso normal de producción, en virtud de lo cual, se pueden realizar series de mediciones continuas o por intervalos establecidos, con fines investigativos.

5. Las mediciones que se realicen con el nuevo método propuesto, no implican ningún riesgo para la red de voltaje o para el personal, puesto que el referido cortocircuito intencional, monofásico, capacitivo, sólido, metálico a tierra, provoca una pequeña corriente capacitiva, *de estado estable*, la cual es menor de

$10 \div 15 A$; además, en caso de fallo en el aislamiento, en cualquiera de las otras dos fases, durante el cortocircuito intencional, actúa la protección instantánea (debidamente ajustada) del interruptor de aceite que aparece en la figura 3; por otra parte, dicho cortocircuito puede ser instalado en cualquiera de las redes de bajo o muy bajo voltaje, interponiendo transformadores de potencial, convenientemente protegidos, los cuales independizan el circuito de operación del circuito de medición.

REFERENCIAS

1. **Maydagán Solés, Rafael:** *Método de Investigación de la resistencia del sistema de aterramiento, Certificado de Autor de Invención No 22525, Resolución No. 1101/1998*, Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. Clasificación Internacional de Patentes de la sexta edición GO1R 27/20.
2. UK Patent, Application GB 2 006 969 A. *Measuring the Electrical Resistivity of Ground*. (Patente Inglesa).
3. IEEE Std. 81.2 - 1991, *IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems*; (8. Measurement of Low-Impedance Grounding System by Test-Current Injection, pp. 20-21).
4. "Electrical Transmission and Distribution Reference Book", *Coupling Factors for Electric Induction*, pp. 749-752. Copyright 1950, Westinghouse Electric Corporation, East Pittsburgh, PA..
5. **Wagner, C. F. and R. D. Evans:** *Symmetrical Components*, (9. Independence of Sequences in Symmetrical Systems, pp. 22-23), McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London, 1933.
6. "Programa: DERIVE for Windows", *A Mathematical Assisnt*, Version 4.0, Copyright 1988-1996, Soft-Warehouse, Inc.
7. **Sarmiento, H. G.; D. Mukhedkar and V. Ramachandran:** "An Extension to the Study of Earth-Return Mutual Coupling effects in Ground Impedance Field Measurements", *IEEE Trans on Power Delivery*, Vol. 3, No. 1, pp. 96-101, January, 1988.
8. **Dawalibi, F. and C. J. Blatner:** "Earth Resistivity Measurements Interpretation Techniques". *IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol. 103, No. 2, pp. 374-382, February, 1984.

AUTOR

Rafael Maydagán Solés

Ingeniero Electricista, Unidad Empresarial Básica de Redes de Distribución, Empresa de Ingeniería y Proyectos INEL, Unión Nacional Eléctrica, Ministerio de la Industria Básica.

e-mail: maydagan@inel.une.cu