



**Universidad Nacional de Mar del Plata.
Facultad de Ingeniería.
Departamento de Ingeniería Eléctrica.**

Práctica de Laboratorio

**Tema: Medición de la Resistencia de Aislación
Utilización de un MEGOHMETRO.**

Cátedra: Medidas Eléctricas I
3° año de la carrera de Ingeniería Eléctrica.
Área Medidas Eléctricas – UNMDP.
Prof. Adjunto: Ing. Susana B. Jacob.
J. T. P.: Ing. Guillermo J. Murcia.
Ayudante Graduado: Ing. Jorge L. Strack.

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE AISLACIÓN. UTILIZACIÓN DE UN MEGOHMETRO.

Objetivo del Trabajo Práctico

Evaluar el estado de la aislación eléctrica de distintas máquinas/instalaciones mediante la medición de su resistencia.

Introducción Teórica:

En toda máquina, dispositivo o instalación eléctrica se tienen materiales conductores destinados a facilitar la circulación de la corriente eléctrica, y materiales aisladores que se oponen a la circulación de corriente entre puntos que se encuentran a distinta tensión.

Los aisladores utilizados en la construcción de máquinas y equipos no son dieléctricos perfectos cuando se encuentran sometidos a una tensión eléctrica. Por lo tanto, se produce a través de ellos una corriente de conducción que no sigue caminos definidos, razón por la cual se la llama “corriente de dispersión”.

Las propiedades dieléctricas de estos materiales aislantes se van degradando progresivamente durante la utilización del equipo en cuestión. Esto se debe a un proceso de envejecimiento natural ocasionado por el transcurso del tiempo. Sin embargo, este proceso de degradación se puede ver acentuado, incluso hasta el punto de provocar una falla de aislación, por una o varias de las causas siguientes:

- Calentamientos o enfriamientos excesivos.
- Daños mecánicos.
- Vibraciones.
- Polvos, suciedades, etc.
- Aceites.
- Vapores y humos corrosivos.
- Humedad originada en procesos industriales.
- Humedad del ambiente.

Por esta razón, en toda máquina, aparato o instalación debe medirse periódicamente la resistencia de aislación entre:

- cualquier parte de la máquina, aparato o instalación que en funcionamiento normal se encuentre a tensión y la carcasa de la máquina o tierra.
- Las partes de la máquina, aparato o aislación que en funcionamiento normal se encuentren a tensiones diferentes.

Las mediciones de resistencia de aislación resultan, dentro de este contexto, la metodología más adecuada para la evaluación rápida, sencilla y económica, del estado en que se encuentra la aislación de un equipo.

Toda medición de resistencia de aislación debe realizarse bajo norma. Cuando se debe verificar la resistencia de aislación de una máquina o equipo se debe aplicar la norma IRAM específica para ese equipo. En caso de que no exista dicha, se puede aplicar una normativa general como la IRAM 2325. Esta norma general se aplica a cualquier instalación o aparato, ya sea nuevo, en servicio, reparado, o fuera de servicio.

También existe a nivel domiciliario la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina. Veremos a continuación los lineamientos generales de ambas normativas.

Medición de la Resistencia de Aislación según norma IRAM 2325:

Según la norma IRAM 2325 se entiende por **Resistencia de Aislación (RA)** a la resistencia óhmica que presenta la aislación eléctrica de un equipo o instalación, al aplicarle una tensión continua de ensayo “E”. El valor de esta resistencia puede variar apreciablemente desde el instante en el que se aplica la tensión continua “E”, hasta el instante en que tiende a estabilizarse su valor.

También se define la **Resistencia de Aislación Instantánea (RA_t)** como la resistencia de aislación en un instante “t” posterior a la aplicación de la tensión continua de ensayo “E”. El valor de (RA_t) se obtiene de la relación entre la tensión continua “E” y la corriente total instantánea que toma la aislación.

Además de RA y RA_t la norma IRAM define dos índices que son de utilidad para calificar el estado de la aislación. Así se tiene:

Relación de absorción dieléctrica (RAD): Es la relación entre la resistencia de aislación medida a los 60 segundos, y la medida a los 30 segundos, de aplicada la tensión continua “E” al equipo o instalación.

$$RAD = \frac{RA(60s)}{RA(30S)}$$

Índice de Polarización (IP): Es la relación entre la resistencia de aislación medida a los 10 minutos, y la medida al minuto, de aplicada la tensión continua “E” al equipo o instalación.

$$IP = \frac{RA(10 \text{ min})}{RA(1 \text{ min})}$$

El instrumento que se utiliza para medir la resistencia de aislación se denomina megóhmetro. Este instrumento provee uno o varios niveles de tensión de ensayo “E”, seleccionables a voluntad, cuyos valores se mantienen lo suficientemente estables durante el tiempo necesario para efectuar las mediciones. Para ciertas mediciones este instrumento se reemplaza por voltímetros y amperímetros adecuados, combinados con una fuente de tensión continua estabilizada.

- Valores de la Tensión Continua de Ensayo “E”

Salvo que exista una norma IRAM particular para el equipamiento ensayado que indique lo contrario, la tensión continua de ensayo “E” utilizada para las mediciones de resistencia de aislación tendrá los valores indicados en la siguiente tabla:

TENSIONES CONTINUAS DE ENSAYO EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN NOMINAL
DEL EQUIPAMIENTO

Tensiones alternas nominales del equipamiento " U_N " (V)	Tensiones continuas de ensayo " E " (V)
$U_N \leq 110$	100 y 250
$110 < U_N \leq 660$	500 a 1000
$660 < U_N \leq 1000$	500 a 2500
$1000 < U_N \leq 3300$	1000 a 5000
$3300 \leq U_N$	2500 a $E_{\text{máx}}$ (*)

(*) Donde:

$E_{\text{máx}} = 1,3 \cdot U_E$ para equipamiento sin uso;

$E_{\text{máx}} = 0,95 \cdot U_E$ para equipamiento usado;

U_E Es el valor eficaz de la tensión alterna de ensayo a frecuencia industrial de corta duración (habitualmente 1 min), prescrita en la norma particular y correspondiente a dicho equipamiento sin uso.

- Corrección de la Resistencia de Aislación en función de la temperatura:

La resistencia de aislación disminuye su valor con el aumento de la temperatura del aislante ensayado.

Existe una regla aproximada por la cual cuando la temperatura sube 10°C , la resistencia de aislación de una máquina se reduce a la mitad, y aumenta al doble por cada 10°C de disminución de la temperatura. Así, teniendo en cuenta que 50°C es una temperatura común en los arrollamientos de un transformador en servicio por ejemplo, puede deducirse que existe una gran diferencia entre la correspondiente resistencia de aislación a esta temperatura de trabajo y aquella que podría medirse estando la máquina a temperatura ambiente.

Esta regla tiene una aplicación práctica muy importante: **cuando se requiere evaluar la resistencia de aislación lo ideal es medir su valor estando la máquina a su temperatura de funcionamiento.**

Cuando no resulta posible medir la resistencia de aislación de una máquina a la temperatura normal de funcionamiento, dicha resistencia puede deducirse del valor medido "en frío", con una aproximación aceptable usando tablas de corrección o gráficos que existen en la bibliografía o en la normativa.

Otras veces se requiere comparar la resistencia de aislación medida en distintas oportunidades, para esto se recurre a corregir los valores medidos para referirlos a una misma temperatura de referencia " θ_0 ". Veamos distintos métodos que existen para estimar el efecto de la temperatura.

Ejemplo 1:

Se mide la resistencia de aislación de una máquina que se encuentra a 25°C y se obtiene un valor medido de 100 MΩ. Se quiere estimar que resistencia tendría la máquina a 65°C.

Solución usando ábacos de corrección presentes en la bibliografía (No es norma IRAM):

Se traza la Recta A uniendo 100 MΩ con 25°C, obteniéndose la resistencia de aislación que tendría la máquina corregida a 20°C (temperatura tomada como referencia para este ábaco). Posteriormente se traza la Recta B uniendo 65°C con la resistencia de aislación corregida a 20°C y se obtiene la resistencia corregida a 65°C.

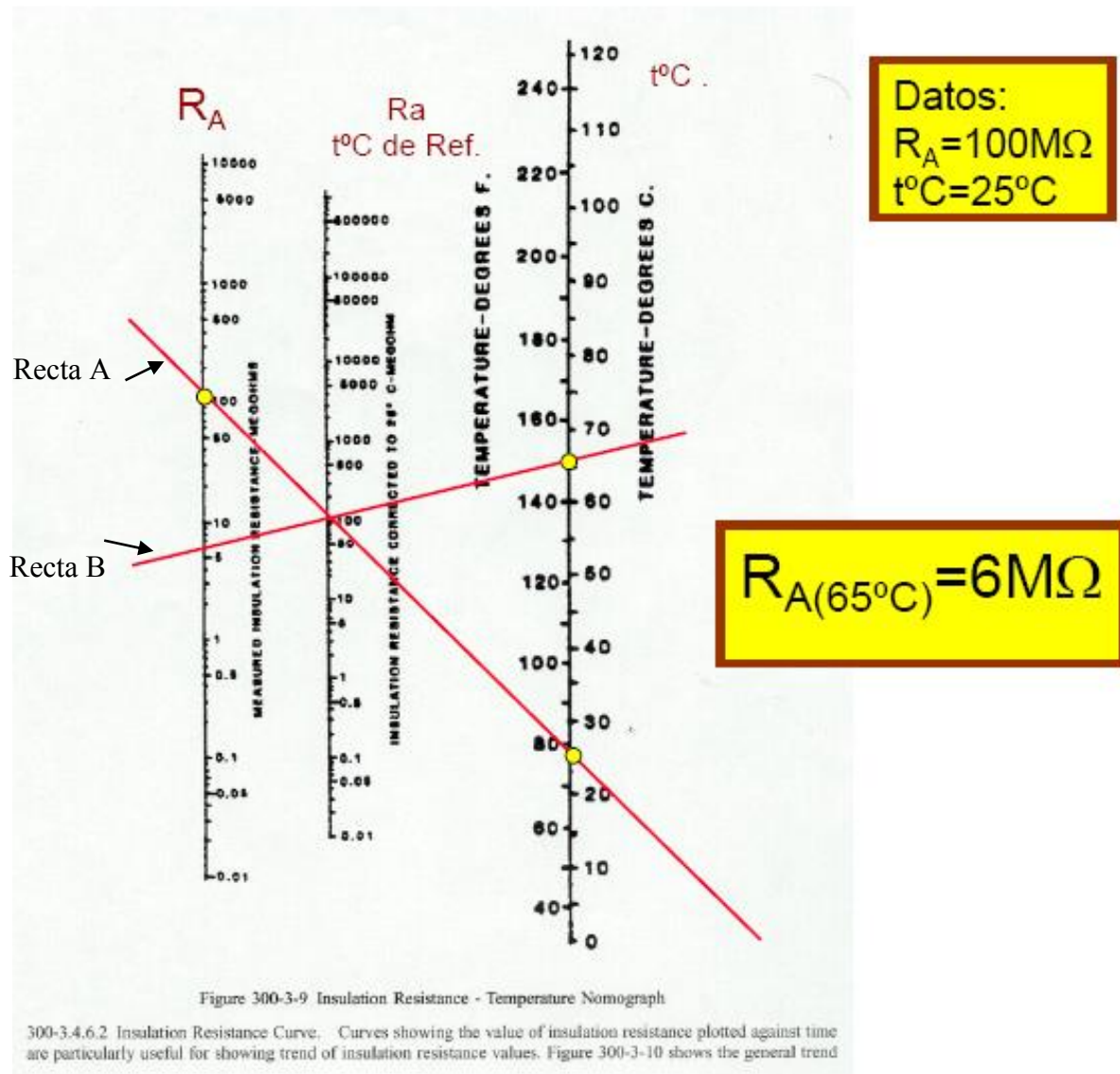


Figure 300-3-9 Insulation Resistance - Temperature Nomograph

300-3.4.6.2 Insulation Resistance Curve. Curves showing the value of insulation resistance plotted against time are particularly useful for showing trend of insulation resistance values. Figure 300-3-10 shows the general trend

Figura 1

Solución usando la norma IRAM 2325:

Salvo que la norma IRAM particular indique lo contrario, se pueden utilizar las curvas dadas en figura 2a para máquinas eléctricas y figura 2b para cables, que permiten obtener factores de corrección “ $K(\theta)$ ” para llevar una resistencia de aislación medida a la temperatura θ , al valor de la temperatura de referencia $\theta_0=20^\circ\text{C}$. Por lo tanto se tiene:

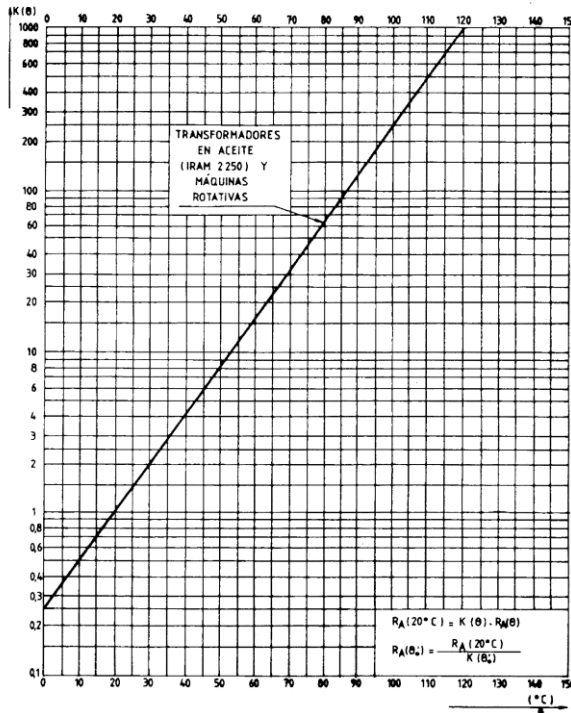


Figura 2a
Factor de corrección por temperatura $K(\theta)$ para máquinas eléctricas

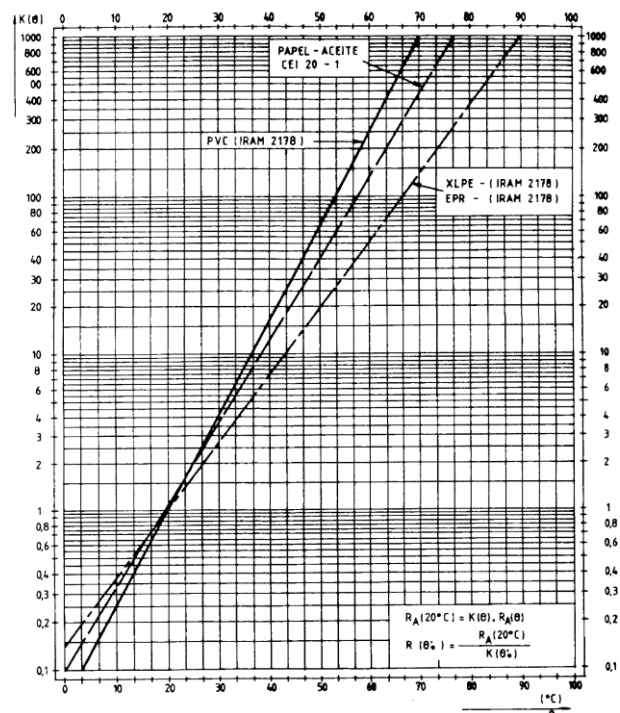


Figura 2b
Factor de corrección por temperatura “ $K(\theta)$ ” para cables

$$R_A(20^\circ\text{C}) = K(\theta) R_A(\theta)$$

$$R_A(\theta) = \frac{R_A(20^\circ\text{C})}{K(\theta)}$$

Siguiendo con el ejemplo se tendría:

Datos:
 $R_A = 100\text{M}\Omega$
 $t^\circ\text{C} = 25^\circ\text{C}$
Temp. trabajo 65°C

$$R_A(20^\circ\text{C}) = K(25^\circ\text{C}) \times R_A(25^\circ\text{C})$$

De la figura 2a (página siguiente) se tiene $K(25^\circ\text{C}) = 1,5$ aproximadamente

$$R_A(20^\circ\text{C}) = 1,5 \times 100\text{M}\Omega = 150\text{M}\Omega$$

Luego, de la figura 2a (página siguiente) se tiene $K(65^\circ\text{C}) = 23$ aproximadamente

$$R_A(65^\circ\text{C}) = \frac{R_A(20^\circ\text{C})}{K(65^\circ\text{C})} = \frac{150\text{M}\Omega}{23} = 6,5\text{M}\Omega$$

Obsérvese la similitud de ambos métodos.

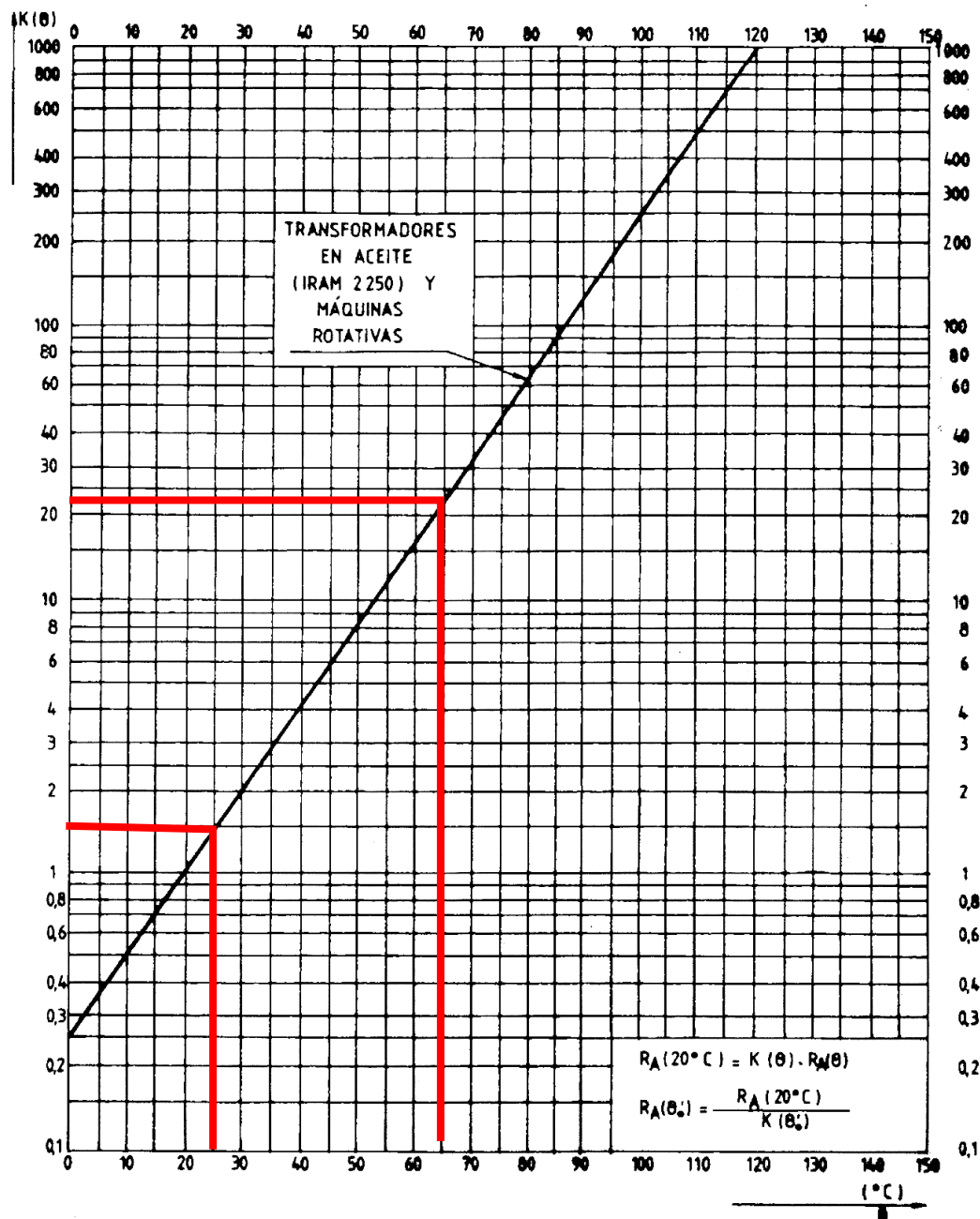


Figura 2a
Factor de corrección por temperatura $K(\theta)$ para máquinas eléctricas

- Requisitos que debe cumplir la Resistencia de Aislación

La norma IRAM 2325 establece tres métodos de ensayo para determinar el estado de la aislación. **Estos métodos no son equivalentes ni complementarios sino que simplemente son tres maneras distintas de evaluar la aislación eléctrica.**

El ensayo de medición única que se explica a continuación es excluyente (es decir que se realiza obligatoriamente) en cuanto a que si para una aislación se determinan valores menores a los mínimos recomendados, dicha aislación tiene un estado “cuestionable”

1. **Ensayo de medición única:**

El ensayo consiste en realizar una lectura de la resistencia de aislación a los 60 segundos de aplicada la tensión continua de ensayo “E”.

Al mismo tiempo se mide la temperatura de la aislación.

El valor de la resistencia medida se corrige por temperatura usando las figuras 2a o 2b dependiendo del caso, y la resistencia de aislación así obtenida (a 20°C) debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$R_A(20^\circ C) \geq R_{A \text{ MINIMA}}(20^\circ C)$$

Siendo

$R_A(20^\circ C)$ la resistencia de aislación medida referida a 20°C

$R_{A \text{ MINIMA}}(20^\circ C)$ la resistencia de aislación mínima admisible a 20°C para el equipamiento en cuestión.

La resistencia de aislación mínima es el resultado de la experiencia empírica, pero dependiendo del caso se aplican las siguientes ecuaciones:

- Si se trata de máquinas eléctricas rotativas la resistencia de aislación mínima es una constante más un valor proporcional a la tensión nominal del equipamiento ensayado:

$$R_{A \text{ MINIMA}}(20^\circ C) = 4.(K_V + 1)$$

Siendo:

K_V la tensión nominal del equipamiento ensayado expresada en kilovolt.

$R_{A \text{ MINIMA}}(20^\circ C)$ resistencia de aislación mínima obtenida en el ensayo de medición única referida a 20°C en MΩ.

Es de hacer notar que para aislaciones en buen estado la experiencia muestra que se obtienen valores reales de medición de 10 a 100 veces mayores que los que surgen de la formula anterior.

- Si se trata de transformadores de potencia nominal mayor o igual que 100kVA se aplica la siguiente ecuación:

$$R_{A \text{ MINIMA}}(20^\circ C) = \frac{C.U_N}{\sqrt{S_N}}$$

Siendo:

C un coeficiente igual a 0,8 para transformadores en baño de aceite y 1,6 si se mide entre un arrollamiento y tierra usando el terminal de guarda.

U_N la tensión nominal del equipamiento ensayado expresada en kilovolt.

S_N la potencia nominal del arrollamiento ensayado.

$R_{A \text{ MINIMA}}(20^\circ C)$ resistencia de aislación mínima obtenida en el ensayo de medición única referida a 20°C en MΩ.

- Si se trata de cables por lo general la norma IRAM particular del tipo de cable considerado establece como calcular el valor de resistencia de aislación mínima específica (en $M\Omega \times km$). A modo de ejemplo la norma IRAM propone las siguientes curvas (que se aplican para tramos de más de 100 metros):

NORMA IRAM 2325:1992

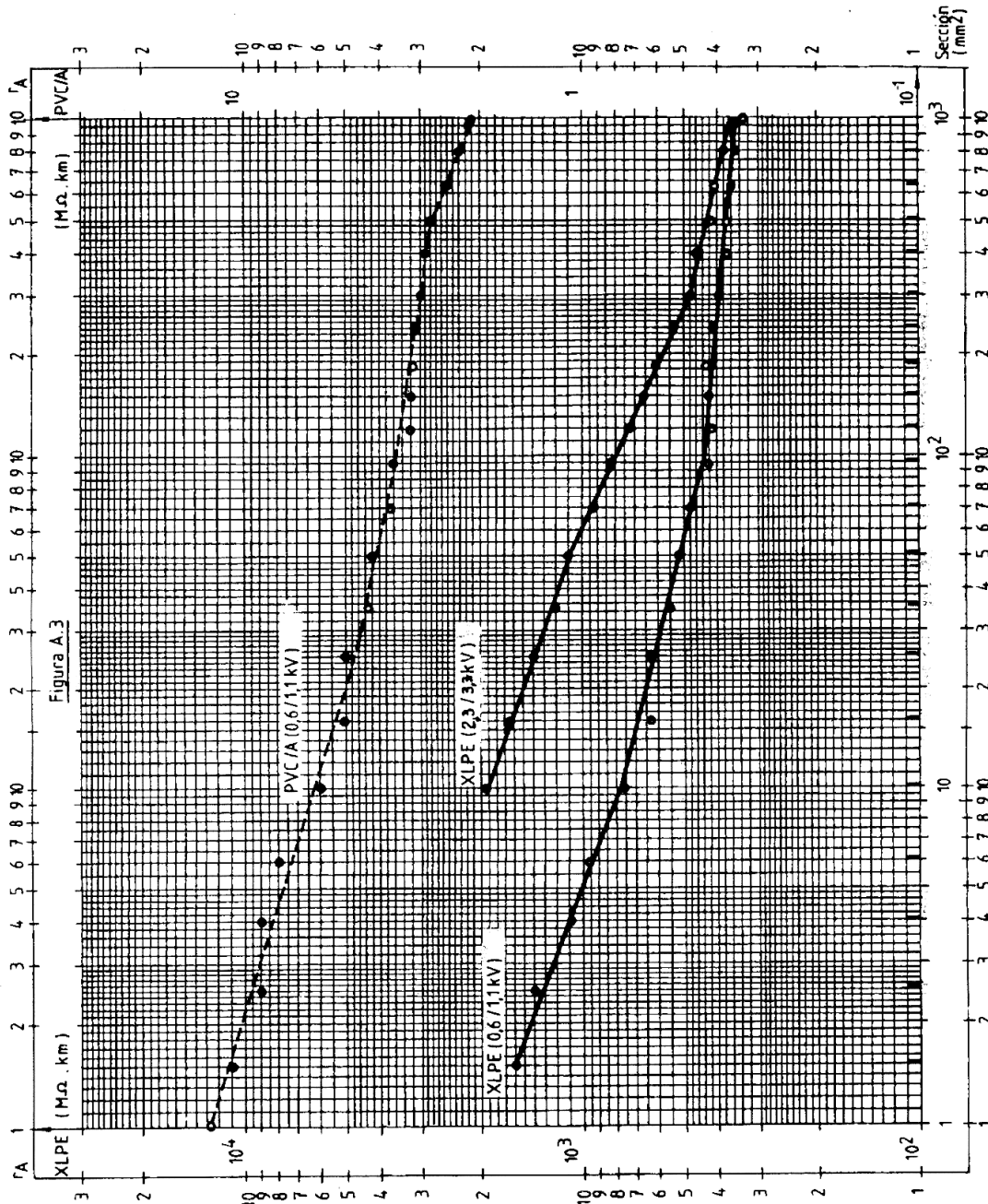


Figura A.3. Ejemplo de la resistencia de aislación mínima " r_i " ($M\Omega \cdot km$) de un conductor contra los otros conductores y demás partes metálicas conectadas a tierra, a 20°C, para cables nuevos, de las aislaciones y tensiones nominales indicadas en las curvas, según la norma IRAM 2 178/90. Para XLPE corresponde el eje vertical izquierdo y para PVC/A el eje vertical derecho.

2. Ensayo de absorción dieléctrica:

El ensayo consiste en aplicar la tensión continua de ensayo “E” y medir la resistencia de aislación cada 10 segundos hasta completar el primer minuto. Para mediciones simplificadas se pueden obviar mediciones y realizar una lectura de la resistencia de aislación a los 30 segundos y al minuto.

De ser posible se continua aplicando la tensión de servicio “E” y se continúa midiendo a partir del primer minuto la resistencia de aislación cada minuto hasta llegar a los 10 minutos.

Se grafican los valores medidos en función del tiempo para el primer minuto.

Se calcula el RAD.

Se calcula el IP.

Se registra durante el ensayo la temperatura de la aislación, aunque no es imprescindible efectuar la corrección de los valores medidos, salvo casos especiales.

Una vez realizado el ensayo se verificará lo siguiente:

- La curva de resistencia de aislación en función del tiempo, (para el primer minuto) mostrará un incremento continuo del valor medido.

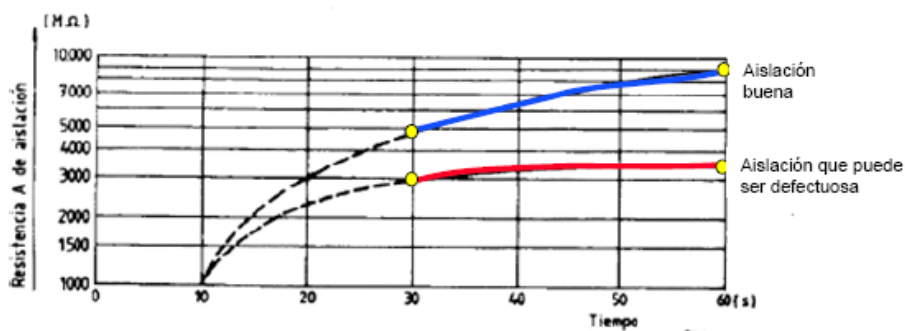


Figura 4

- El RAD y el IP indicarán la condición en que se encuentra la aislación de acuerdo a la siguiente tabla:

Relación de absorción dieléctrica RAD	Indice de polarización IP	Clasificación del estado de la aislación
$RAD < 1,1$	$IP < 1 (**)$	"Peligroso" (**)
$1,1 \leq RAD < 1,25$	$IP < 1,5$	"Cuestionable"
$1,25 \leq RAD < 1,4$	$1,5 \leq IP < 2$	"Aceptable"
$1,4 \leq RAD < 1,6$	$2 \leq IP < 3$	"Bueno"
$1,6 \leq RAD$	$3 \leq IP < 4$	"Muy bueno"
	$4 \leq IP$	"Excelente"

(*) Los valores indicados se consideran relativos y sujetos a la experiencia que se obtenga aplicando este método durante periodos prolongados (cinco años o más).

(**) Se considera que un $IP < 1$ es inaceptable y la puesta en servicio del equipamiento entraña un inminente riesgo de falla.

Según la misma norma IRAM, la tabla anterior es tan solo aplicable a equipamientos con aislaciones extensas, como los transformadores de subtransmisión (S_N de decenas de MVA, y U_N de 132 kV y mayores), y a máquinas eléctricas rotativas de gran potencia nominal

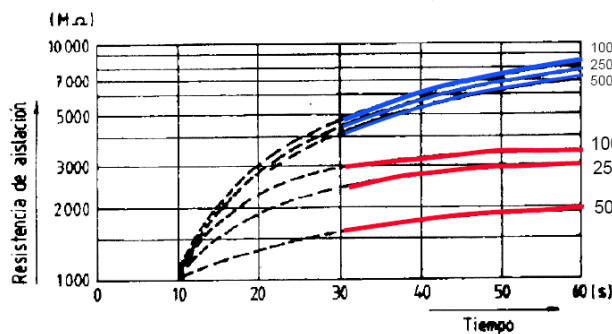
La determinación del índice de polarización IP en el ensayo de absorción dieléctrica, es solo posible en aquellos casos donde la extensión de la aislación es considerable y su respectiva capacitancia es elevada. El índice de polarización, cuando se lo puede determinar, además de depender de la aislación, también es función del contenido de humedad del dieléctrico, de la naturaleza del sistema aislante y de su grado de inhomogeneidad. Por todo esto es que el ensayo de absorción dieléctrica debe interpretarse cuidadosamente para evitar diagnósticos erróneos.

3. Ensayo de saltos de tensión:

Para realizar este ensayo, el megóhmetro debe tener dos o más niveles de tensión de ensayo.

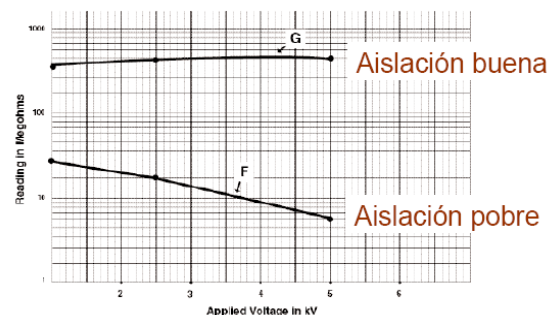
Se aplican los niveles disponibles de tensión con valores sucesivos crecientes. Para cada uno de esos niveles se mide cada 10 segundos la resistencia de aislación a partir de su instante inicial hasta llegar a los 60 segundos.

Con los valores medidos para cada valor de tensión de ensayo, se trazan curvas resistencia – tiempo, y con los valores medidos a los 60 segundos curvas de resistencia tensión como las mostradas en las graficas siguientes:



Curvas resistencia-tiempo para el ensayo con saltos de tensión

Figura 5a



Curvas obtenidas con los valores de R_A (60 s)

Figura 5b

Una vez realizado el ensayo se verificará lo siguiente:

- Las curvas de la resistencia de aislación-tiempo para los diferentes valores de tensión de ensayo, quedarán agrupadas en una banda relativamente estrecha como en la Figura 5a mostrada arriba.
- Los valores de la resistencia de aislación medidos para distintos valores de tensión, y representados como ilustra la Figura 5b, tenderán a estabilizarse o a variar levemente, pero no mostrarán una disminución sustancial con el aumento de la tensión aplicada.

Medición de la Resistencia de Aislación según la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina:

Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la Asociación Electrotécnica Argentina también establece valores mínimos de resistencia de aislación. Esta normativa se aplica a viviendas, oficinas y locales comerciales.

Según esta normativa, la resistencia de aislación mínima será de $1000 \Omega/V$ de tensión aplicada por cada tramo de la instalación de 100 metros o fracción.

Nota: Se entiende por tensión aplicada aquella inyectada por el instrumento de medición y no la tensión nominal de la instalación.

La resistencia de aislación medida bajo la tensión de ensayo será considerada satisfactoria, si cada circuito con los aparatos de utilización desconectados, presenta una resistencia de aislación igual o superior al valor indicado en la siguiente tabla:

Tensión nominal del circuito [V]	Tensión de ensayo en corriente continua [V]	Resistencia de aislación [$M\Omega$]
MBTS MBTF	250	$\geq 0,25$
Inferior o igual a 500V, con excepción del caso anterior	500	$\geq 0,5$
Superior a 500V	1000	≥ 1

Donde: MBTS: Muy Baja Tensión de Seguridad (hasta 24V de Vca o Vcc)
MBTF: Muy Baja Tensión Funcional (hasta 24V de Vca o Vcc)

Se probará la instalación completa, y si no alcanza el valor de aislamiento indicado, se medirán las secciones integrantes de la misma debiendo cada una tener la resistencia mínima mencionada. Se recomienda que la tensión de ensayo no sea menor que la tensión de servicio.

Al hacer la prueba de aislación entre conductores, todos los artefactos, llaves, y fusibles estarán conectados, pero sin lámparas, motores u otros aparatos de consumo.

Documentación de los Resultados

Teniendo en cuenta el papel importante que desempeñan los aislantes en la seguridad de los equipos eléctricos y las posibilidades de una disminución peligrosa de su resistencia de aislación, se comprende la necesidad de realizar mediciones periódicas preventivas llamadas de rutina, para determinar los puntos débiles en la aislación y evitar posibles averías y accidentes personales.

Independientemente de la norma que se utilice, los resultados de estos ensayos deben ser anotados en tablas para tener así una historia del estado de aislación de la máquina, aparato o instalación eléctrica.

Instrumento utilizado para medir resistencias de aislación: Megóhmetro

El instrumento que se utiliza para medir la resistencia de aislación se denomina megóhmetro. Como se dijo, este instrumento provee uno o varios niveles de tensión de ensayo “E”, seleccionables a voluntad, cuyos valores se mantienen lo suficientemente estables durante el tiempo necesario para efectuar las mediciones.

Para ciertas mediciones, este instrumento se reemplaza por voltímetros y amperímetros adecuados, combinados con una fuente de tensión continua estabilizada.

Existen distintos tipos de megóhmetros. Veamos los más importantes.

Megóhmetro construido con logómetro de IPBM (Megger).

El principio de funcionamiento es el siguiente: dos bobinas iguales fijadas sobre el mismo eje y recorridas por las corrientes I_1 e I_2 se encuentran en un campo magnético uniforme de inducción B . Por la interacción de éste con las corrientes que circulan por las bobinas aparecen las fuerzas F .

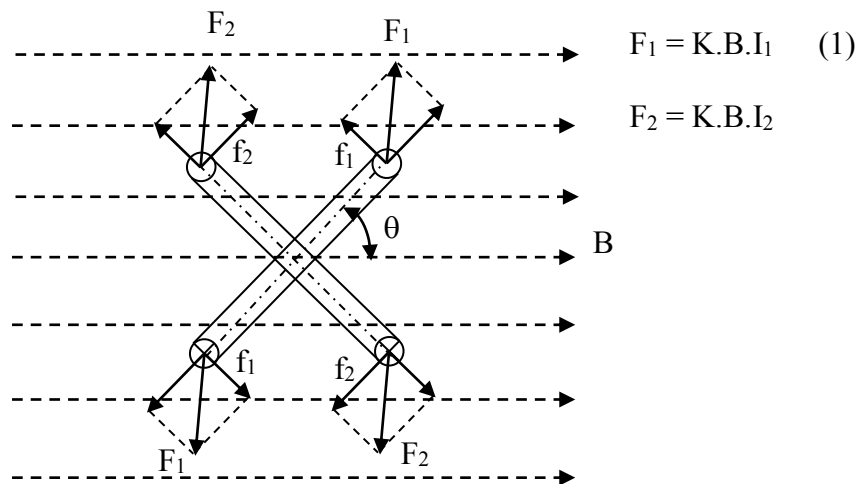


Figura 6

Siendo θ el ángulo de la bobina recorrida por la corriente I_1 forma con la dirección del campo; si el coeficiente “a” es el ancho de las bobinas, resultan como expresiones de las cuplas que actúan sobre ellas:

$$C_1 = a \cdot f_1 = a \cdot K \cdot B \cdot I_1 \cdot \cos \theta \quad (2)$$

$$C_2 = a \cdot f_2 = a \cdot K \cdot B \cdot I_2 \cdot \sin \theta$$

Si sobre el sistema móvil constituido por las dos bobinas no actúa ningún resorte (cupla antagónica o directriz) y si las corrientes circulan en el sentido tal que las cuplas tienden a hacerlo girar en sentido opuesto, como se ha indicado en la figura, el sistema móvil girará hasta que el ángulo θ tenga un valor tal que las dos cuplas se equilibren.

De la condición de equilibrio $C_1 = C_2$ se deduce:

$$I_1 / I_2 = \tan \theta \quad (3)$$

La desviación angular θ del sistema móvil resulta así una medida del cociente de las intensidades de las corrientes que circulan por las bobinas. Por lo tanto, si conectamos estas en serie con resistencias R_1 y R_2 en la forma indicada, con la tensión U común a ambas ramas en paralelo y que determina la circulación de las corrientes $I_1 = U/R_1$ e $I_2 = U/R_2$ (4), suponiendo contenidas en R_1 y R_2 las resistencias de las bobinas se deduce aplicando las expresiones (4) en la (3) que:

$$R_2 = R_X = R_1 \cdot \tan \theta$$

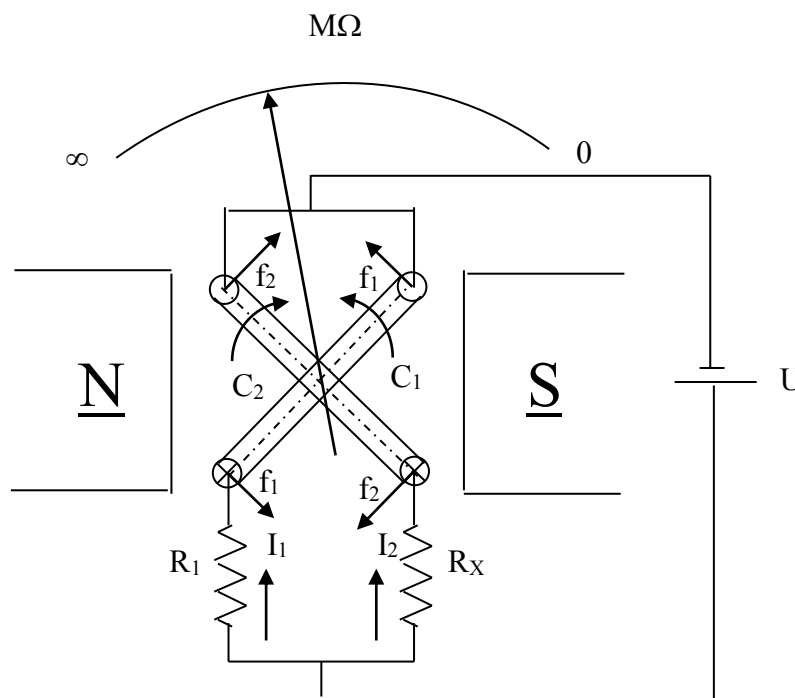


Figura 7

Lo que permite medir R_X graduando la escala en Ω , $K\Omega$ o $M\Omega$.

Para $R_2 = \infty$ actúa solo la cupla C_1 que lleva al sistema móvil hacia la izquierda, indicando la aguja infinito. Para valores finitos de R_2 actúa también la cupla C_2 tanto más cuanto menor es R_2 . Para $R_2 = 0$ la aguja ocupa la posición extrema derecha.

A la bobina conectada en serie con R_1 se la llama “bobina de control” y hace las veces de resorte. A la bobina conectada en serie con R_X que determina el valor de ésta sobre la escala se la llama “bobina deflectora”.

Un aspecto constructivo muy delicado es la unión eléctrica de las bobinas móviles con las partes fijas del instrumento, unión que se realiza mediante cintas metálicas de dimensiones muy reducidas, de modo que no produzcan prácticamente ninguna acción directriz.

La fuente de alimentación U del instrumento está incorporada al mismo a través de un “inductor de manivela” que no es más que un generador de corriente continua

cuyo inductor está constituido por un imán permanente, y cuyo inducido es accionado a mano mediante una manivela y un juego adecuado de engranajes que imprimen al rotor una velocidad adecuada a la tensión que se quiere generar; siendo los valores más comunes 500 y 1000 V.

Megóhmetro construido como óhmetro serie con IPBM.

El principio de funcionamiento se basa en un instrumento de imán permanente y bobina móvil de campo radial uniforme en serie con una fuente de tensión continua estabilizada de valor adecuado, la resistencia R_i y la incógnita R_x .

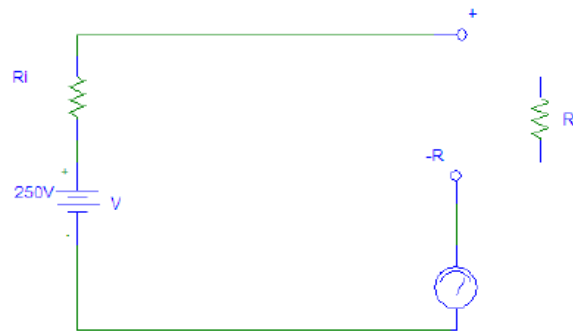


Figura 8

Existe una relación definida entre la corriente I y el valor de X si los demás parámetros del circuito permanecen constantes, por lo tanto, la escala del instrumento (por ejemplo un microamperímetro) puede calibrarse directamente en unidades de ohms.

Megóhmetro con electrodo de GUARDA

Existen megóhmetros que en lugar de contar con dos bornes cuentan con tres. Este tercer borne denominado “electrodo de GUARDA” permite desafectar de la medición ciertas resistencias parásitas cuya influencia no se desea considerar.

Esquemáticamente, un megóhmetro con electrodo de guarda se puede representar por el circuito de la figura siguiente:

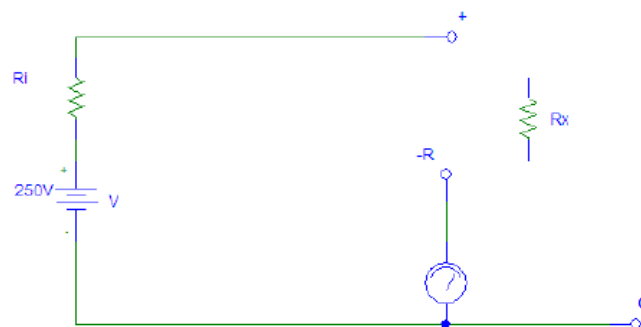


Figura 9

Para ilustrar la aplicación del electrodo de guarda veamos un ejemplo: Se quiere medir la resistencia de aislación entre el primario y el secundario de un transformador montado dentro de una carcasa metálica. (Ver Figura 10)

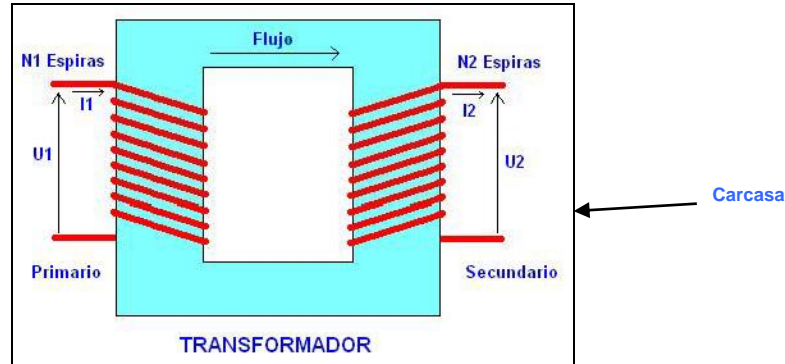
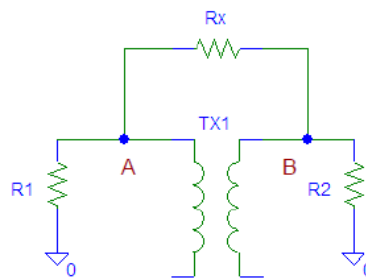


Figura 10

Se puede considerar cualquier equipamiento representándolo por sus resistencias de aislación, así el transformador de la Figura 10 se puede representar con el circuito de la Figura 11.



R_x : Resistencia de aislación entre primario y secundario
 R_1 : Resistencia de aislación entre primario y carcasa
 R_2 : Resistencia de aislación entre secundario y carcasa

Figura 11

Si se desea medir R_x y se conecta el megóhmetro sin hilo de guarda entre un terminal del bobinado primario y un terminal del bobinado secundario del transformador (puntos A y B de la Figura 11), aparecerá R_x en paralelo con R_1 y R_2 . En esta condición el instrumento no medirá R_x sino una combinación de las resistencias R_x , R_1 y R_2 como indica la Figura 12, introduciendo un error en la medición.

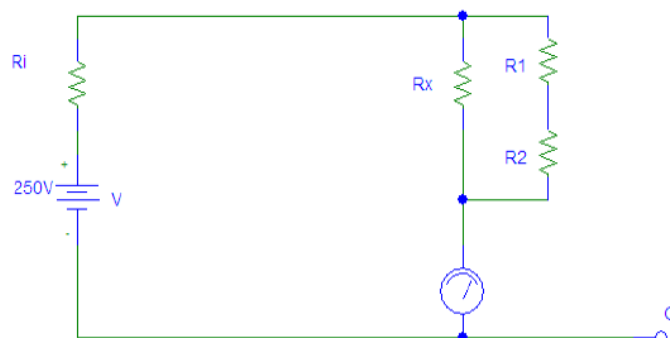


Figura 12

Puede ocurrir que a los fines prácticos no importe si se mide R_x o una combinación de R_x con R_1 y R_2 , ya que por ejemplo solo se pretende verificar el estado general de la aislación y no interesa discriminar estos valores. Note que con esta conexión se mide un valor inferior a R_x y esto puede ser suficiente para “decir” si la aislación es aceptable o no.

Pero si en otros casos interesa conocer el valor de R_x y eliminar la influencia de R_1 y R_2 se recurre a conectar la carcasa del transformador al electrodo de guarda. Bajo esta conexión el circuito es el siguiente:

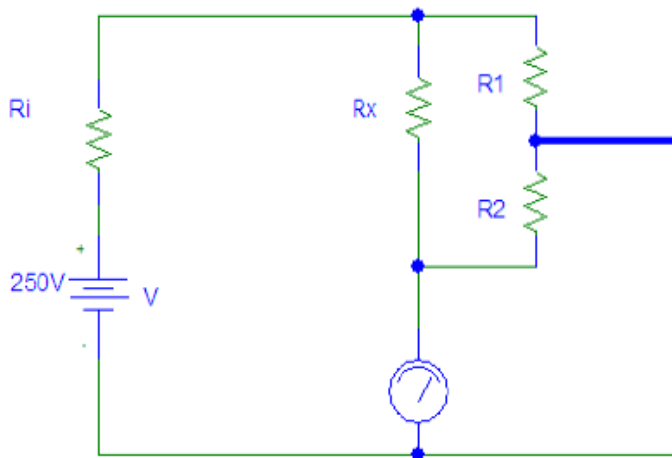


Figura 13

De la Figura 13 se ve que por R_1 circula una corriente que no pasa por el instrumento (el microamperímetro) y, por lo tanto, no afecta a la lectura. En verdad, la corriente a través de R_1 genera un cierto error, ya que ocasiona una caída de tensión adicional en R_i no prevista en la calibración del megóhmetro, pero es mínimo.

De la Figura 13 se ve que R_2 (que tiene un valor que se mide en $M\Omega$) queda en paralelo con una resistencia de bajo valor (la del microamperímetro) y por lo tanto tiene escasa influencia en la lectura.

De esta forma, mediante la utilización del electrodo de guarda se puede discriminar las resistencias de aislación entre fases de la resistencia de aislación entre fases y masa.