

# motor tico

BOLETÍN TRIMESTRAL PREPARADO POR [WWW.MOTORTICO.COM](http://WWW.MOTORTICO.COM), COSTA RICA

ABRIL-JUNIO 2018

## Prueba de Descarga Dieléctrica (DD) en máquinas eléctricas rotativas

### Introducción

Algunas organizaciones mundiales, como la Agencia Internacional de Energía, indican que los sistemas con motores eléctricos consumen entre 43% y 46% de la electricidad en el mundo. Este valor puede aumentar en casos particulares. Definitivamente las máquinas eléctricas rotativas son las que mueven la industria y soportan gran parte del desarrollo alcanzado. Pero cada parada no programada de un motor tiene costos muy altos para el usuario, se dice que las máquinas nunca fallan en buenos tiempos. Esto es: paradas de producción, fallas en las entregas, personal ocioso, pérdida del servicio eléctrico, etc. Una buena selección de pruebas dieléctricas ayudará a la correcta operación de las máquinas. Hoy día existen técnicas que facilitan el diagnóstico, que guíen a su vez la toma de decisiones. La prueba de descarga dieléctrica (DD) es una de ellas, la cual se presenta en este boletín.

### Pruebas dieléctricas

El objetivo de las pruebas dieléctricas es evaluar la condición del sistema de aislamiento, el cual sufre de un inevitable desgaste con el paso del tiempo. Hay factores anormales de operación de las máquinas que pueden acelerar el proceso normal de deterioro. Aquellas máquinas eléctricas que operan en los rangos permitidos, pueden cumplir con la vida útil estimada por el fabricante. Por lo tanto, se recomienda la aplicación periódica de pruebas que identifiquen si existe este deterioro, y si la condición es reversible o no. Así, el propósito de las pruebas dieléctricas será:

- *Identificar* si existe un deterioro aumentado.
- *Determinar* la causa de éste, en lo posible.
- *Identificar*, si es posible, la mejor medida de corrección para el daño detectado.

Pero no es suficiente realizar una sola prueba para determinar la condición del sistema de aislamiento, se debe contar con un grupo de ensayos que, en conjunto, evalúen la condición. Un dato interesante, es que cerca del 50% de los ensayos (en general) son para verificar la condición del sistema de aislamiento. Por ejemplo, la Fig. 1 muestra un estator de media tensión con restos de polvo blanco (nitrato de zinc) producto de las descargas parciales, lo cual requerirá de una prueba para su detección y evaluación.

Fig. 1 Polvo blanco por descargas parciales

La Tabla 1 presenta un resumen de los problemas en el sistema de aislamiento.



Tabla 1 Clasificación de problemas de aislamiento en máquinas

Polarización	Conducción
Envejecimiento. Arcos. Oxidación. Presencia de lubricantes, polvo, agentes químicos (sales), agentes corrosivos. Envejecimiento térmico. Por descargas parciales. Humedad dentro de los materiales aislantes.	Humedad en la superficie de los aislantes, como: gotas o por aire húmedo. Contaminantes en la superficie, como rastros de partículas (ejemplo: carbón, partículas metálicas). Desechos de las fallas. Caminos para las corrientes de fuga.

### Prueba de DD

Los problemas en cualquier aislación son producidos por mecanismos de conducción o polarización, o combinación de ambos, operando dentro de los materiales aislantes (según Tabla 1). Por un lado, la polarización modifica la estructura y condición de los materiales aislantes. Y la conducción facilitan la formación de cargas libres que circulan por los aislantes. Durante décadas, los problemas causados por la conducción y la polarización se han detectado a través de la medición de la resistencia de aislamiento en CC (según la norma IEEE 43-2013). La prueba mide la condición del aislamiento durante la carga del sistema por una tensión CC, la corriente se compone de: i) conducción (conducción de cargas), y, ii) absorción (por la polarización), que decae exponencialmente a cero en un tiempo más largo. Esta prueba se realiza mediante la aplicación de una fuente a través del sistema de aislación, entre el devanado y la carcasa. La resistividad de la suciedad, el aceite y agua (si están presentes) son bajas, por lo tanto, se produce alta corriente superficial, lo que produce una lectura de resistencia de aislamiento baja. La prueba en CC es viable para determinar el alcance de la contaminación. Pero, si existe un vacío (vacuola) dentro del sistema por: i) impregnación inadecuada, ii) deterioro térmico, etc., la prueba en CC no sería capaz de detectarlo. En devanados a base de mica se presenta una particularidad, ya que tiene resistividad virtualmente "infinita" (esto dificultaría el análisis). Sin embargo, si existe un camino de conducción entre el devanado y la masa (tierra), aparecería una baja resistencia, y la prueba de resistencia de aislamiento lo detectará. Si se combina esta prueba con el fenómeno de la descarga (cuando se desconecta la tensión CC), sería posible un mejor diagnóstico (con la prueba de DD).

Puesto que la corriente de descarga no se ve afectada por la corriente de fuga, una corriente anormalmente alta concluiría que existe un problema interno como: i) falta de curado, ii) envejecimiento térmico, iii) daños mecánicos, o iv) absorción de humedad. Para explicar que se define como una "corriente anormalmente alta", se deben analizar las magnitudes esperadas de las diferentes tecnologías de aislamiento en un estado satisfactorio. La Fig. 2 presenta un diagrama del ensayo en CC, mostrando las 2 etapas: i) la **carga** que se realiza por medio de la tensión del megohmetro  $U_0$  midiendo la  $i_p$  (prueba de resistencia de aislamiento/índice de polarización); y, ii) la **descarga**, que se realiza cuando se apaga el megohmetro, para realizar la prueba DD midiendo la  $i_d$ .

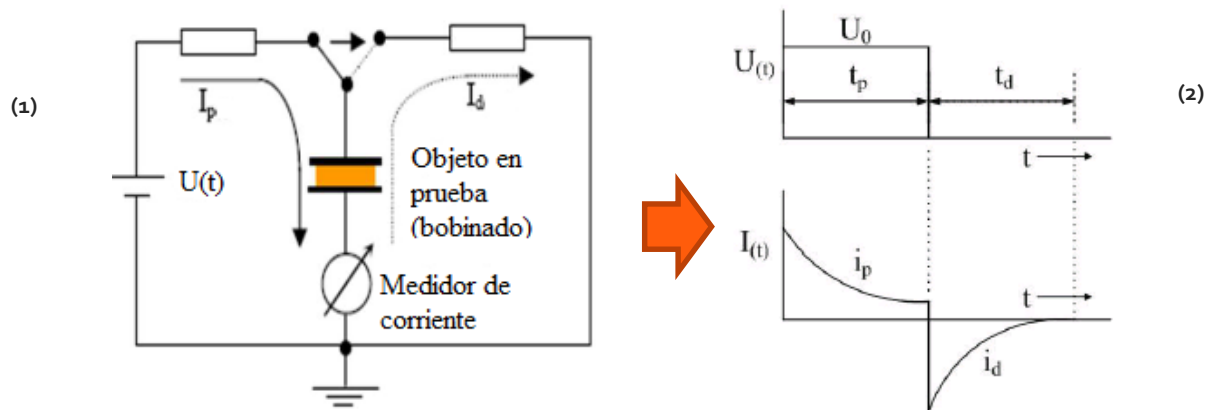


Fig. 1 (1) Diagrama de la prueba. (2) Respuesta de la corriente

Al retirar el campo externo (tensión CC) los dipolos pueden volver a su orientación original al azar con la ayuda de energía térmica, dando lugar a la relajación dieléctrica, y se produce la corriente de descarga. La corriente de **Descarga Dieléctrica** que aparece al eliminar fuente de tensión CC, fluye por un circuito de descarga debe ser proporcionado. La corriente se manifiesta en: i) corriente de descarga capacitiva, que desaparece casi instantáneamente, dependiendo de la resistencia de descarga; y, ii) la corriente de absorción, que decaerá de un alto valor inicial a casi cero con las mismas características que la corriente de carga inicial, pero con la polaridad opuesta. Esto puede demorar más de 30 min, dependiendo del tipo de aislamiento y el tamaño.

La Fig. 3 muestra que la carga que se almacena durante una prueba de resistencia de aislamiento, se descargará al final de la prueba de DD, por medio de los resistores de descarga del equipo de aislamiento.

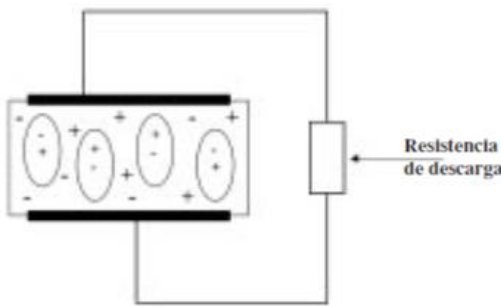
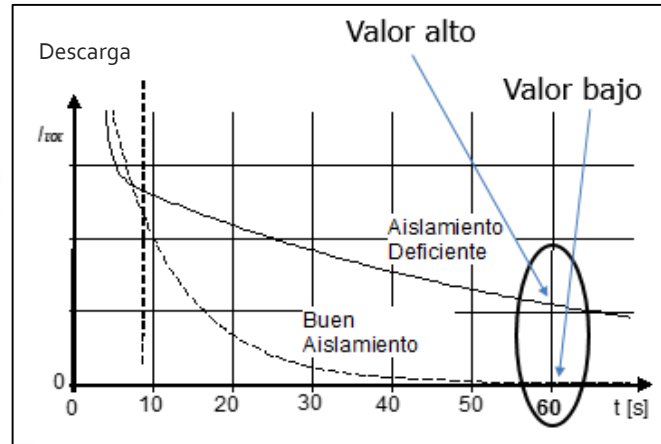


Fig. 2 Fenómeno de la descarga en la prueba de DD



La rapidez de la descarga depende de los resistores de descarga y de la cantidad de carga almacenada en el aislamiento. Sin embargo, la carga capacitiva se descarga rápidamente hasta que el voltaje a través del aislamiento se ha reducido a casi a cero. En ese momento el efecto de las corrientes capacitiva será despreciable. Sólo queda la inversión de la absorción dieléctrica. Esto se conoce como re-absorción dieléctrica y es una imagen espejo de la absorción.

La corriente de absorción (o re-absorción) siempre comienza en un nivel alto, pero tiene una constante de tiempo mucho mayor (hasta minutos). Es ocasionada por los dipolos que se alinean dentro del aislamiento. El objeto en prueba se carga entre 10 a 30 minutos hasta que haya tenido lugar la absorción total. En este tiempo, la capacitancia se carga totalmente y la absorción eléctrica está esencialmente completa. Sólo la corriente de fuga continúa fluyendo. En este punto se remueve el voltaje de prueba y el aislamiento se descarga a través de los resistores internos del instrumento para descargar rápidamente la carga capacitiva. Después de 60 segundos de descarga, se mide cualquier flujo de corriente remanente. En este tiempo, la capacitancia se descarga y el voltaje se colapsa de modo que la carga almacenada en los dipolos puede verse independientemente de las corrientes que dominan durante la fase de descarga de una prueba de aislamiento. La prueba de DD fue desarrollada por Electricité de France, y se define como:

$$DD = \frac{I_{des@1min}}{V * C}$$

donde:

$I_{des@1min}$ : Corriente de descarga al minuto (mA).

C: Capacitancia del sistema de aislación (F).

V: Voltaje de prueba de resistencia de aislamiento (V).

El DD es útil para evaluar sistemas de aislamiento de múltiples capas (como en máquinas), y la Fig. 4 presenta la interpretación.

DD	Condición del sistema de aislamiento
>7	Malo
4 a 7	Pobre
2 a 4	Cuestionable
<2	OK

Fig. 3 Interpretación de la prueba DD

El valor recomendado de DD debe ser menor a 2. Esto significa que lo ideal es que el bobinado en prueba se descargue lo más rápido posible, lo que indica que el aislamiento se encuentra en buenas condiciones.