

Interpretación de los resultados del análisis de interruptores de potencia

Pruebas importantes durante el análisis de interruptores de potencia e interpretación de los resultados medidos: corriente de la bobina, resistencia dinámica de contacto y análisis del movimiento

1 Introducción

Los interruptores de potencia son como los seguros para todas las redes de distribución de energía. Están ahí por si sucede algo malo. Y si sucede, cumplen con su deber y evitan daños adicionales. Por este motivo es necesario inspeccionar periódicamente los interruptores de potencia para garantizar que su funcionamiento es el especificado.

Los avanzados dispositivos de análisis de interruptores de potencia proporcionan métodos para identificar funcionamientos erróneos o partes desgastadas de un interruptor de potencia.

Para lograr una evaluación eficiente del estado, el análisis debe realizarse preferiblemente sin desmontar el interruptor de potencia.

2 Las diferentes mediciones y su interpretación

Para una evaluación confiable del estado de un interruptor de potencia es de vital importancia realizar una correcta interpretación de los resultados obtenidos durante el análisis. Como la interpretación de un análisis del sincronismo es bastante sencilla, este artículo no se detendrá en ello. Sin embargo, para sacar conclusiones correctas del análisis de corriente de la bobina, de las mediciones de resistencia dinámica de contacto, y del análisis del movimiento, se requiere un conocimiento más profundo de lo que pasa dentro de un interruptor de potencia.

Estos tres métodos se utilizan ampliamente en todo el mundo para la evaluación del estado correcto de los interruptores de potencia. Sin embargo, nuestro trabajo diario revela que, por lo general, surge una gran cantidad de preguntas cuando se trata de la interpretación de los resultados medidos.

El **análisis de corriente de la bobina** de disparo proporciona un conocimiento más profundo de lo que sucede durante la secuencia de apertura o cierre de los contactos principales. Revisando más de cerca la corriente de la bobina se puede obtener gran cantidad de información útil. Por ejemplo:

- Las propiedades eléctricas de las bobinas, tales como la constante de tiempo
- La fuerza, es decir, la corriente proporcional a esa fuerza que debe aplicarse para disparar el resorte,
- La secuencia de sincronismo correcta de los contactos auxiliares 52a y 52b

La medición de la **resistencia dinámica de contacto** combinada con un análisis del movimiento, es un método comúnmente utilizado para determinar la longitud y el estado del contacto de arco sin necesidad de desmontar los contactos principales del interruptor de potencia. Ese contacto implica una abrasión natural, porque cada vez que un interruptor de potencia se activa durante la carga, se crea un arco que vaporiza partes del contacto de arco. Debido a esta abrasión relacionada con el proceso hay que revisar periódicamente el contacto para evitar funcionamientos incorrectos. Cuando la longitud de contacto es inferior a un valor de referencia determinado por el fabricante, ya no puede garantizarse el correcto funcionamiento del interruptor de potencia y hay que realizar el mantenimiento del mismo.

Un **análisis del movimiento** puede detectar componentes mecánicos débiles de un interruptor de potencia. Por ejemplo, unidades de amortiguación desgastadas, problemas con el almacenamiento de la

energía (un resorte desgastado o fugas en el sistema de presión) para el disparo o el cierre, y contactos que ya han llegado al final de su ciclo de vida.

Mediante la detección de estos problemas en una etapa temprana, se pueden aplicar medidas que garanticen un funcionamiento correcto del interruptor de potencia y aseguren una distribución confiable de la energía eléctrica en toda la red.

3 Interpretación del análisis de la corriente de la bobina

Durante el análisis de la corriente de la bobina se mide el flujo de corriente en la bobina de disparo o de cierre durante la secuencia de apertura o cierre de los contactos principales y se muestra en un diagrama en función del tiempo. Las desviaciones resultantes de la curva respecto a las propiedades eléctricas previstas de la bobina (constante de tiempo), la fuerza motriz necesaria (corriente proporcional) y la secuencia correcta de sincronismo de los contactos auxiliares, son indicadores de problemas eléctricos o mecánicos del mecanismo de disparo y cierre del interruptor de potencia. En el diagrama siguiente se proporciona una interpretación de las diferentes secciones de la curva.

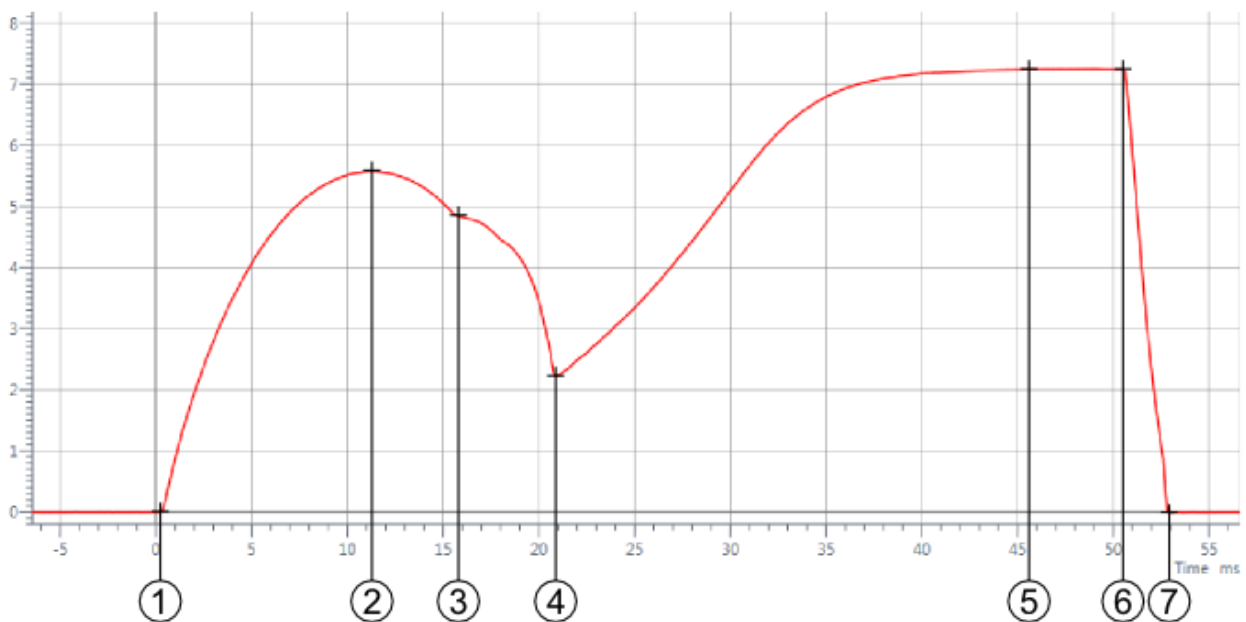


Figura 1: Curva típica del flujo de corriente de la bobina

Sección 1 a 2 de la curva

Una vez energizada la bobina la corriente empieza a fluir. La velocidad de la subida de la corriente depende de la impedancia de la bobina. Esa impedancia depende de la posición del inducido, que todavía permanece estático entre el punto 1 y 2 de la curva (véase la figura 2). Tras el punto 2, el inducido comienza a salir de la bobina.

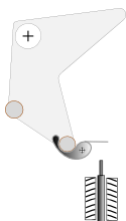


Figura 2: Bobina en el punto 1

Toda desviación del flujo de corriente en esta sección indica un problema con las propiedades eléctricas de la bobina y la tensión de alimentación. Aquí es importante asegurarse de que la bobina se dispara incluso en condiciones de baja tensión.

La constante de tiempo (L/R) de la bobina se puede calcular midiendo el tiempo entre el punto 1 y el punto 2 y la corriente de pico en el punto 2. Si la constante de tiempo de la bobina se desvía del valor de referencia, indica que una bobina está dañada (por ejemplo, devanados en cortocircuito).

Sección 2 a 3 de la curva

El inducido en movimiento produce una fuerza electromotriz de retroceso que provoca una reducción de la corriente de la bobina. Un movimiento lento del inducido es un indicador de que ha penetrado lubricante en la zona equivocada.

Punto 3

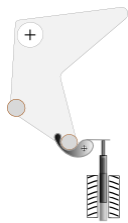


Figura 3: Bobina en el punto 3

Aquí el inducido golpea el disparador que, hasta este punto, evitaba que se moviese el resorte cargado (véase la figura 3). El inducido debe tener la potencia suficiente para vencer la resistencia mecánica del mecanismo de disparo.

Cualquier desviación aquí indica generalmente que hay aceite o grasa en la zona de la bobina lo que provoca un efecto de amortiguación sobre el movimiento.

Con la ayuda del diagrama de corriente de la bobina puede detectarse en esa sección una configuración de inducido y disparador deficientemente alineados u obstáculos que bloquean el mecanismo de disparo.

Sección 3 a 4 de la curva



Figura 4: Bobina entre 3 y 4

El inducido libera el resorte cargado y sigue moviéndose hasta que alcanza su posición final (véase la figura 4). El nivel de corriente disminuye hasta que el inducido llega a una parada. Una desviación respecto al valor de corriente más bajo indica que el inducido no alcanzó su posición final designada debido a un problema mecánico.

Sección 4 a 5 de la curva



Figura 5: Bobina entre 4 y 5

Ahora que el inducido ha llegado a una parada, ya no se genera más fuerza electromotriz de retroceso que reduzca el flujo de corriente (véase la figura 5). Por lo tanto el nivel de corriente aumenta de nuevo. Sin embargo, esta vez el valor de la corriente alcanza un nivel más alto, porque la inductancia de la bobina ha cambiado debido al desplazamiento del inducido. Una desviación respecto a la constante de tiempo prevista, indica una vez más que hay daños eléctricos en los devanados de la bobina.

Punto 5

En este momento la corriente ha superado la inductancia de la bobina y se mantiene constante hasta que el contacto auxiliar se abre e interrumpe el flujo de corriente. Una interrupción temprana o tardía indica que hay que ajustar el sincronismo entre los contactos principales y auxiliares (52a y 52b).

Punto 6

Entre la liberación del resorte cargado en el punto 3 y el punto 6, el contacto principal y (con un pequeño retardo) los contactos auxiliares, cambian su estado y se abren.

Sección 6 a 7 de la curva

El estado cambiante del contacto auxiliar interrumpe el suministro de tensión a la bobina y, en consecuencia, el inducido comienza a moverse de vuelta a la bobina hasta que alcanza su posición inicial de nuevo. Una bajada más lenta de la corriente o incluso un pequeño aumento de la misma pueden indicar que el movimiento del inducido se ha desacelerado. Una desviación importante respecto del valor de referencia, indica una fricción mecánica o un diodo de recuperación dañado.

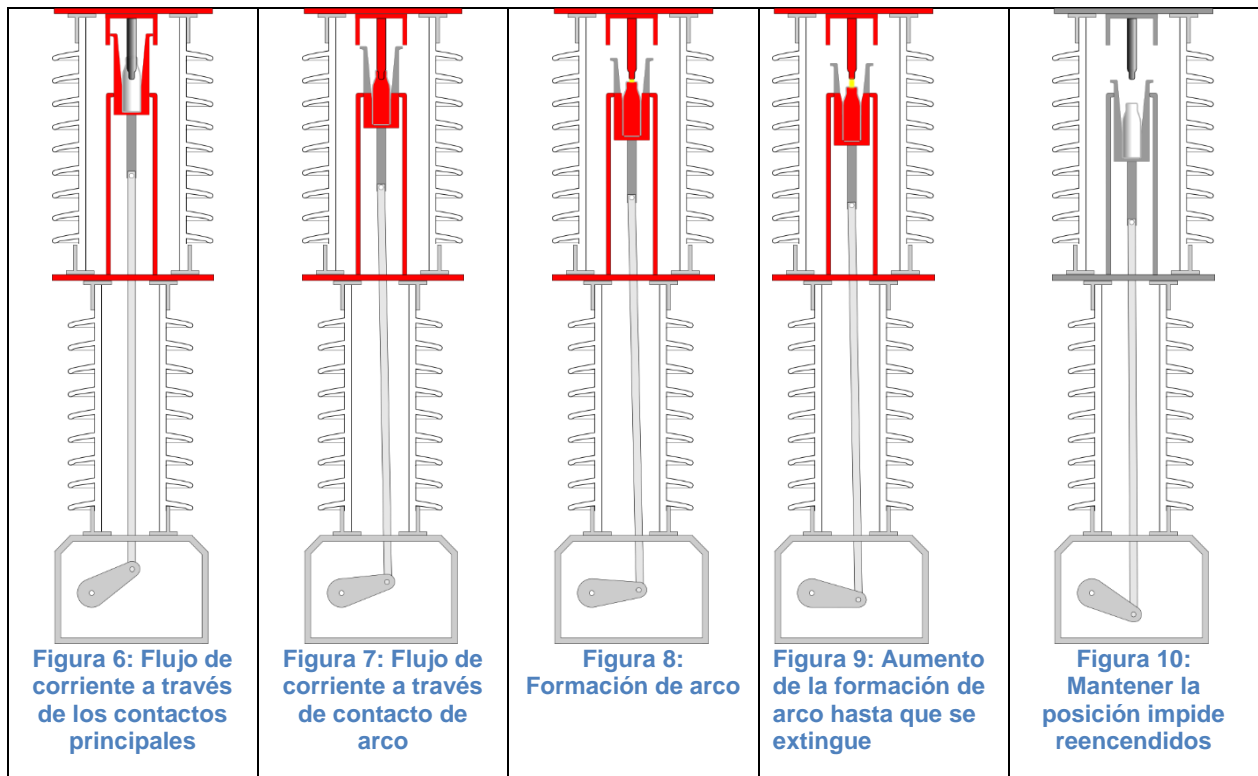
4 Interpretación de los resultados de la DRM

Motivación para la medición de la resistencia dinámica de contacto

La medición de la resistencia dinámica de contacto es un método comúnmente utilizado, ya que determina la longitud de contacto sin tener que desmontar el interruptor de potencia.

Cuando el contacto de arco llega a ser más corto que el requisito mínimo especificado por el fabricante del interruptor de potencia, ya no puede garantizarse un funcionamiento seguro y hay que realizar el mantenimiento correspondiente de la unidad de interrupción.

Para aplicar dicho método, es importante conocer los componentes de la unidad de interrupción del interruptor de potencia SF6 y cómo se interrumpe la corriente durante una operación de apertura. En las figuras 6 a 10 se muestran las diferentes fases de una secuencia de apertura.



Descripción detallada de una secuencia de apertura

Cuando la unidad de interrupción está cerrada, la corriente fluye a través del contacto principal y de arco del interruptor de potencia (véase la figura 6). Al iniciarse el proceso de apertura, los contactos principales se separan primero y la corriente fluye ahora solo a través de los contactos de arco (véase la figura 7). Tras unos pocos milisegundos, los contactos de arco también se separan, pero la corriente continúa fluyendo, debido a que la tensión a través de los contactos inicia un arco (véase la figura 8). Cuando la corriente en forma sinusoidal pasa por el punto cero, la resistencia dieléctrica entre los contactos es suficiente para resistir un reencendido y se eliminan los gases ionizados. En este punto se extingue el arco (véase la figura 9).

Los contactos continúan separándose, aumentando el umbral de resistencia dieléctrica a medida que aumenta la tensión a través de los contactos, lo que evita cualquier reencendido (véase la figura 10).

Durante cada proceso de apertura, el arco resultante destruye partes del material de contacto de arco. La cantidad de desgaste depende del nivel de la corriente. Cuanto más altas sean las corrientes, más material de contacto se quema. Durante la etapa de formación de arco la corriente solo está limitada por la impedancia del circuito de alimentación.

Determinación de la longitud de contacto

El método de la resistencia dinámica de contacto mide la resistencia de contacto de forma continua durante la operación de apertura de la unidad de interrupción del interruptor de potencia. Esto se realiza con el interruptor aislado de la alimentación de alta tensión y mediante una prueba de medición de resistencia de cuatro hilos durante la operación de apertura.

La medición de la resistencia dinámica de contacto pasa a través de las fases que se muestran en las figuras 6 a 10. Estas muestran un aumento de la resistencia mientras se abren los contactos. Cuando el contacto principal está abierto, puede verse una pronunciada disminución. Ahora el contacto de arco es la única conexión. El nivel de resistencia muestra importantes desviaciones. Estas tienen como causa el ruido producido durante el proceso de formación de arco.

Cuando el movimiento de contacto de arco llega a su fin, la resistencia aumenta de nuevo hasta que supera el límite medible y se vuelve infinita (es decir, el contacto está abierto).

La longitud del contacto de arco se determina midiendo el tiempo entre la figura 7 y la 8 (es decir, tiempo del flujo de corriente a través del contacto de arco hasta la interrupción). Este tiempo se utiliza para el cálculo de la carrera real del contacto (véase la figura 11).

Por lo general no se utiliza la operación de cierre para la medición de la resistencia dinámica de contacto, porque las fuerzas mecánicas aplicadas al contacto de dedos darían lugar a una medida de resistencia extremadamente "ruidosa".

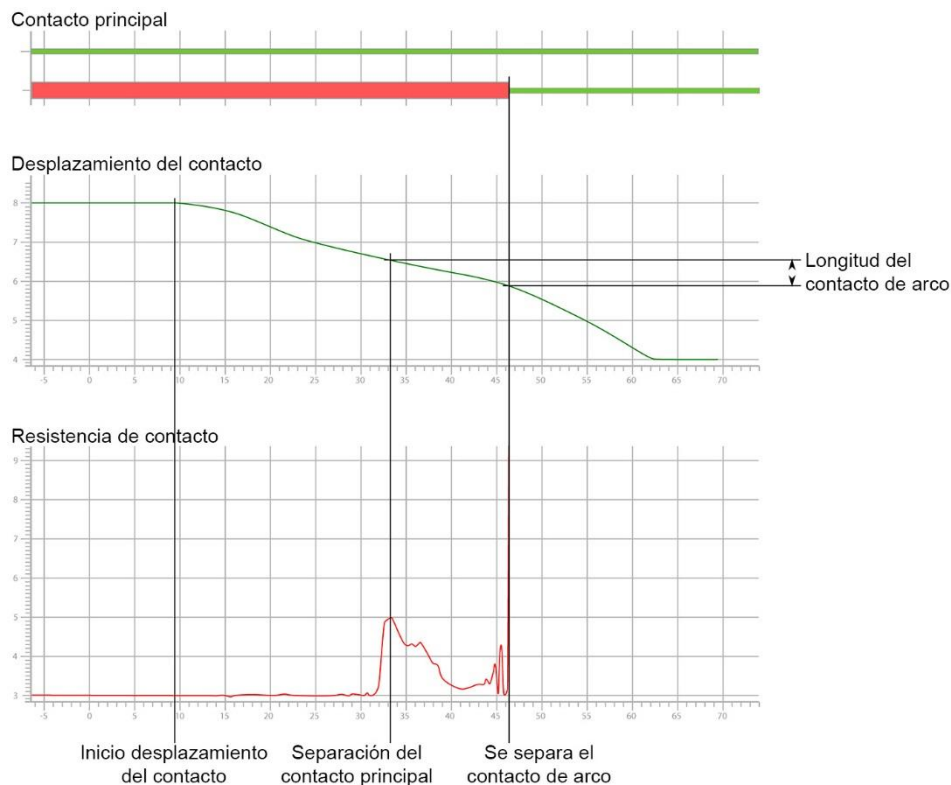


Figura 11: Interpretación de la curva de DRM

5 Interpretación del análisis del movimiento

Un sensor de movimiento fijado a la conexión mecánica de un interruptor de potencia revela una gran cantidad de información útil. Por lo tanto, es muy recomendable utilizar este método para trazar el movimiento del mecanismo de interrupción de corriente.

Para clasificar el estado de las unidades de amortiguación y los problemas mecánicos del mecanismo de funcionamiento del interruptor de potencia, los parámetros de funcionamiento importantes que hay que tener en cuenta son la sobrecarrera (amplitud, duración), la carrera total, y el comportamiento del sincronismo de los contactos.

En cada análisis del movimiento se comparan los datos de referencia especificados por el fabricante del interruptor de potencia con los valores medidos.

A continuación se muestran las curvas de medición de los tres parámetros de funcionamiento mencionados y su interpretación.

Curva de sobrecarrera

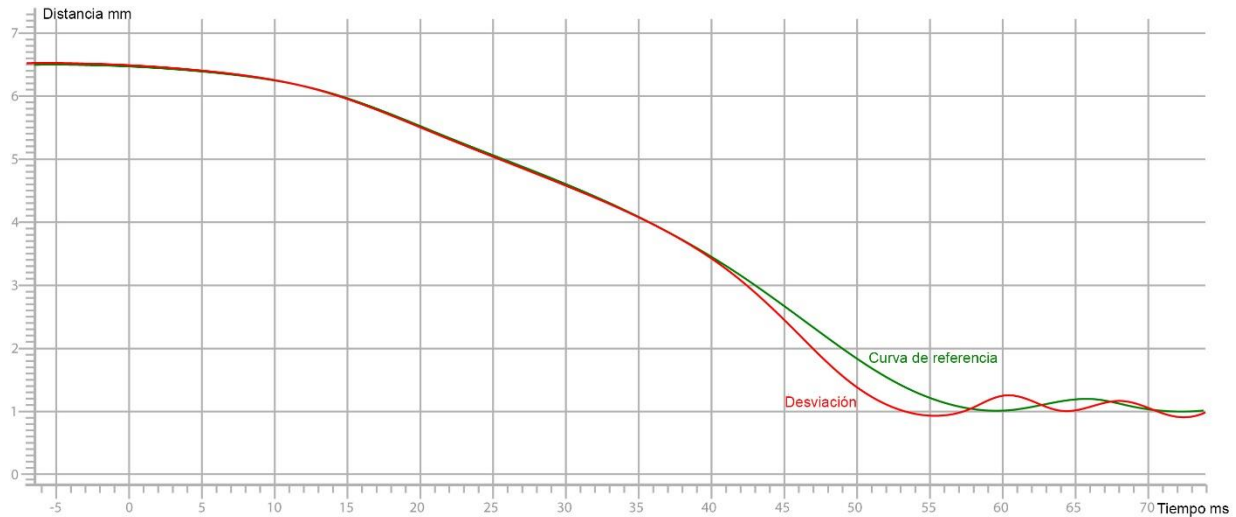


Figura 12: Curva de sobrecarrera

La curva de sobrecarrera muestra el movimiento de los contactos principales en función del tiempo. Una oscilación excesiva en el extremo de la curva indica un sistema de amortiguación defectuoso.

El propósito del sistema de amortiguación es ser capaz de evitar daños en los componentes mecánicos mediante la ralentización del movimiento de los contactos una vez que han alcanzado una posición segura.

Muy a menudo se utilizan sistemas basados en amortiguadores que tienen el mismo principio de funcionamiento que los sistemas de suspensión de los coches.

Como se ve aquí en el trazo del movimiento, el efecto de amortiguación de estos componentes depende de la velocidad y están diseñados para ralentizar los contactos móviles antes de que alcancen la posición final.

Curva de la carrera total

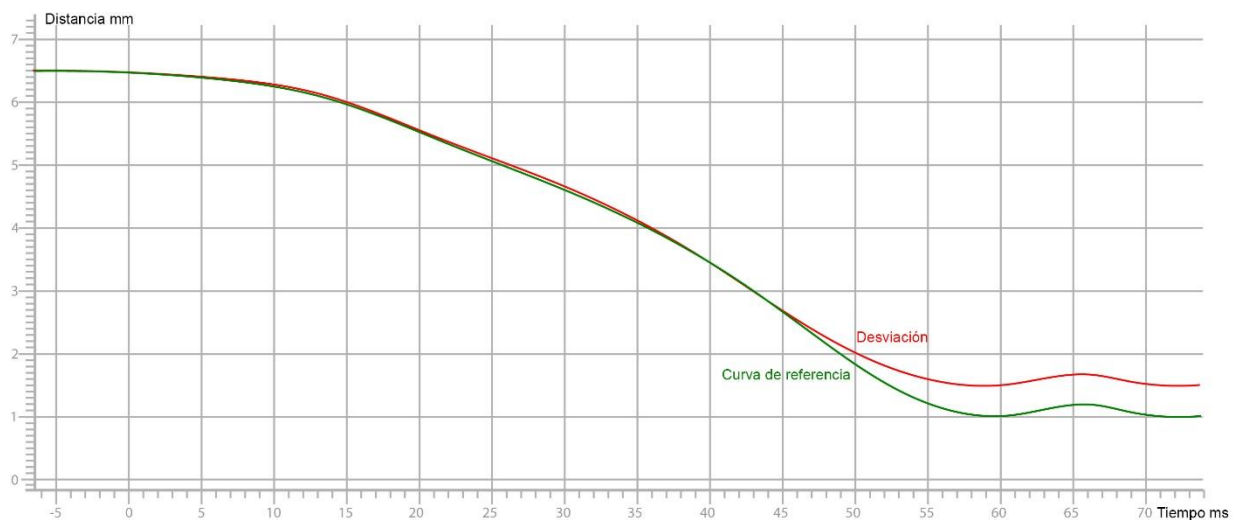


Figura 13: Curva de la carrera total

La curva de la carrera total muestra la diferencia entre la posición inicial y final de los contactos principales en función del tiempo. Si la carrera total varía de una medición a la siguiente esto podría ser una indicación de que no había suficiente energía almacenada (un resorte desgastado o un sistema de presión con fugas) o de que ha aumentado la energía consumida por el movimiento en sí debido a mayores fuerzas de fricción (corrosión en el interruptor de potencia o las partes mecánicas).

Curva de comportamiento del sincronismo

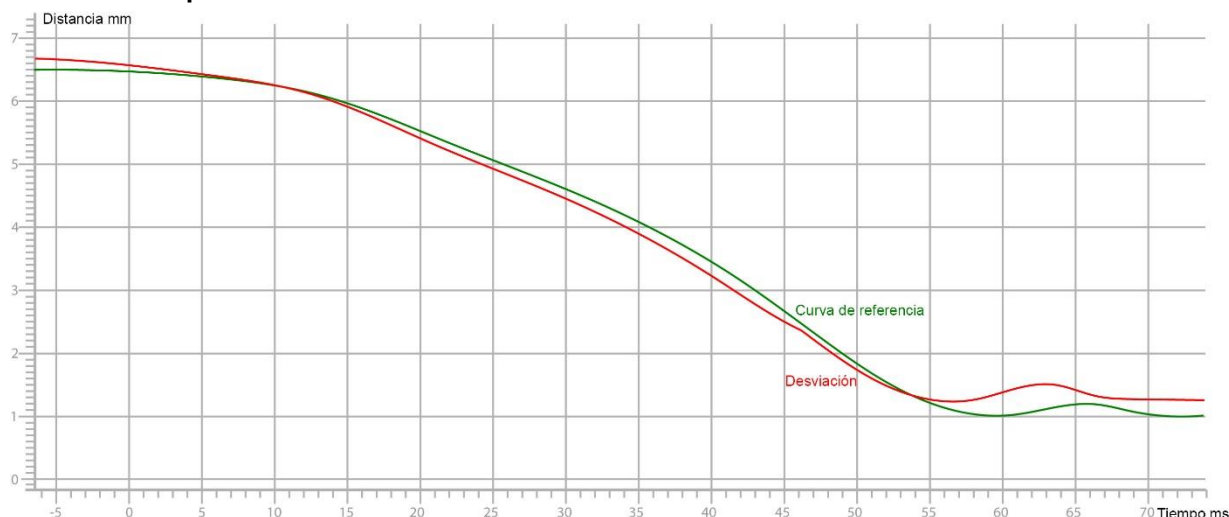


Figura 14: Curva de comportamiento del sincronismo

La curva de comportamiento del sincronismo muestra el movimiento de los contactos en función del tiempo.

Cuando se inicia el movimiento antes que en las mediciones anteriores, esto podría indicar que los contactos están desgastados.

Cuando el movimiento en las mediciones anteriores se inicia en el mismo momento, pero termina antes, indica un cambio en el equilibrio de la energía. Esto significa que durante la última medición se almacenó más energía (mayor presión en el sistema de presión) o que el propio movimiento de contacto ha consumido menos energía que durante la medición anterior (contacto demasiado corto).

De todos modos, es importante señalar que los contactos deben estar dentro de su tiempo mínimo y máximo de apertura según lo especificado por el fabricante. De lo contrario, hay que realizar el mantenimiento del interruptor de potencia.

Los contactos no deben abrirse demasiado rápido, porque no serían capaces de hacer frente a una corriente de cortocircuito transitoria. Por otra parte, no deben abrirse muy lentamente para evitar un reencendido de un arco que ya se había extinguido.

6 Resumen

En conclusión se puede decir que con una correcta interpretación de los resultados obtenidos por el análisis de la corriente de la bobina, las mediciones de la resistencia dinámica de contacto y el análisis del movimiento, se puede proporcionar una evaluación global de las propiedades eléctricas y mecánicas más importantes del interruptor de potencia. Esto le proporciona al usuario información adicional acerca de los resultados ya obtenidos a través de métodos estándar, tales como la resistencia estática de contacto y las mediciones generales del sincronismo. Con esta información, es mucho más fácil decidir si el interruptor de potencia debe someterse a tareas de mantenimiento o si todavía es apto para su funcionamiento.



Andreas Nenning tiene un grado en Ingeniería de Automatización y Mecatrónica otorgado por la Universidad de Ciencias Aplicadas en Dornbirn, Austria. Desde septiembre 2013 ha sido director de producto del nuevo equipo de prueba de interruptores de potencia CIBANO 500 de OMICRON.

Comenzó su carrera profesional con unas prácticas en los servicios públicos municipales de Feldkirch, Austria. Más tarde se graduó con un Máster en la Universidad de Ciencias Aplicadas en Dornbirn, Austria. Después de varios años en el extranjero trabajando como ingeniero de aplicaciones y jefe de proyectos, regresó finalmente a Austria para trabajar como director de producto en el campo de la energía renovable descentralizada. Andreas es miembro del Grupo de Trabajo Cigré A2.32 (Métodos no invasivos para la evaluación del estado de los interruptores de potencia).

OMICRON es una compañía internacional que presta servicio a la industria de la energía eléctrica con innovadoras soluciones de prueba y diagnóstico. La aplicación de los productos de OMICRON brinda a los usuarios el más alto nivel de confianza en la evaluación de las condiciones de los equipos primarios y secundarios de sus sistemas. Los servicios ofrecidos en el área de asesoramiento, puesta en servicio, prueba, diagnóstico y formación hacen que la nuestra sea una gama de productos completa.

Nuestros clientes de más de 150 países confían en la capacidad de la compañía para brindar tecnología de punta de excelente calidad. Los Service Centers en todos los continentes proporcionan una amplia base de conocimientos y un extraordinario servicio al cliente. Todo esto, unido a nuestra sólida red de distribuidores y representantes, es lo que ha hecho de nuestra empresa un líder del mercado en la industria eléctrica.

Para ver una lista detallada de la literatura actualmente disponible, visite por favor nuestro sitio web.