

## La manera más efectiva y rápida de probar Interruptores Encapsulados (GIS)

Determinación de tiempos de operación en interruptores de mediana y alta tensión aislados en Gas (GIS)

Christian Studen, M.Sc., Gerente de producto KoCoS Messtechnik AG, Korbach, Germany



Para valorar la funcionalidad total de los interruptores de mediana y alta tensión se tienen que verificar varios parámetros eléctricos y mecánicos. Los interruptores aislados en gas (GIS) representan en particular un reto único, incluyendo la conexión del equipo de prueba. Hoy en día, en que las pruebas son realizadas de una manera no invasiva, los equipos de prueba deben de ofrecer cierta flexibilidad y un rango amplio de soluciones para obtener los resultados correctos en tiempos reducidos

### **Determinación pasiva de los tiempos de operación a interruptores de potencia aislados en GAS en mediana tensión**

Normalmente, los tiempos de operación del interruptor y la resistencia de contactos son medidos en interruptores de mediana tensión. Además, las curvas de desplazamiento se registran para obtener conclusiones acerca del estado del mecanismo completo. Para los tiempos de los contactos, la conexión de los cables de prueba se realiza directamente sobre contactos principales o los puntos más accesibles de las barras de bus.

En las subestaciones de mediana tensión aisladas en gas, hay pocas posibilidades para realizar la conexión de los cables de prueba a los contactos principales del interruptor. La conexión podría ser hecha mediante paneles inversos u otros componentes. Si la subestación está en construcción y se están realizando pruebas de puesta en marcha, normalmente suele haber maneras de realizar las pruebas en la manera convencional. Esto se realiza antes de que se coloque el gas y los componentes de confinamiento, de tal manera que los contactos principales se encuentran aún accesibles. Sin embargo, cuando el sistema está en operación y se tiene que realizar pruebas, los costos y los beneficios son desproporcionados. Para ejecutar una prueba

convencional se debe de aislar completamente el interruptor y retirar el GAS. Esto puede tomar varios días. Los métodos de medición convencionales en interruptores aislados en GAS son simplemente inviables económicamente.

KoCoS ofrece un método de medición usando los equipos de pruebas de interruptores de la familia ACTAS y sensores externos, los cuales permiten que estos tipos de interruptores sean probados a un costo razonable. Cuando los interruptores no son aislados en gas, este procedimiento de medición es incluso más rápido que el empleado comúnmente en interruptores de potencia convencionales en mediana tensión. El VDS (sistema de detección de voltaje) instalado se emplea para medir los tiempos de operación. Estos son puntos capacitivos de medición para los indicadores de voltaje integrados de acuerdo con VDE 0682-415 o IEC 61243-5. Si no se instalan transformadores de potencia, estos puntos de medición son la única forma segura de establecer una conexión a los contactos principales del interruptor.

Los puntos de medición capacitivos pueden ser conectados directamente a las entradas de medición analógicas del equipo de pruebas ACTAS incluidas para este propósito sin colocar componentes de medición adicionales. Los puntos de medición capacitivos se utilizan para medir las formas de onda de las tres fases. Si el interruptor es operado de manera remota, la caída de voltaje se mostrara en el equipo de pruebas ACTAS. Sin embargo, para poder determinar el tiempo de operación, se emplean pinzas sensoras de corriente sobre los circuitos de las bobinas de apertura y cierre. Se puede emplear señales externas de inicio de la operación para activar el registro de los valores de medición y su evaluación correspondiente. Los activadores externos pueden ser configurados en el ACTAS bajo cualquier

## PRUEBA DE INTERRUPTORES

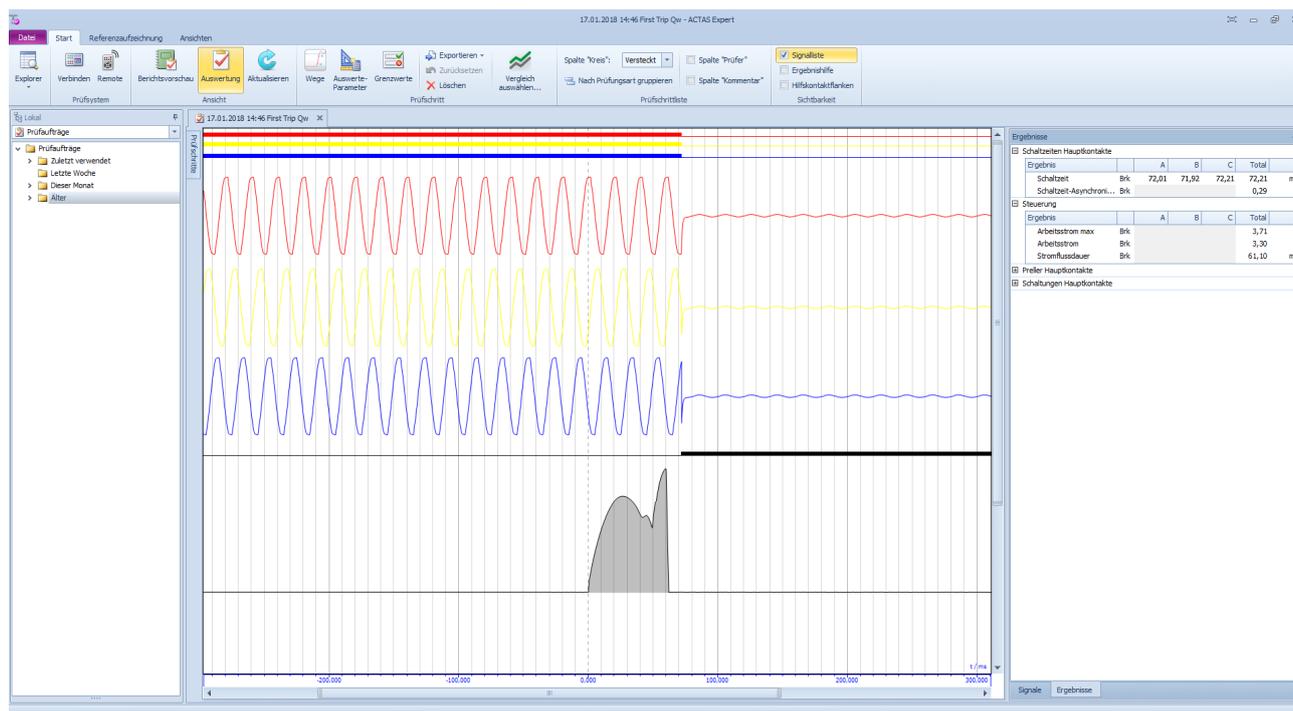


Figura 1: Evaluación de la medición en sistemas aislados en gas en mediana tensión mediante VDS. La forma de onda senoidal muestra el voltaje medido por el VDS. Arriba se muestra la señal binaria resultante de los contactos principales, abajo la corriente de la bobina. La medición fue activada por medio de una señal externa en la corriente de bobina

señal sin considerar que estos sean señales binarias o señales analógicas o grupos de señales. La evaluación del tiempo de operación en el ACTAS es totalmente automática; no hay necesidad de ajustar el cursor para realizar la evaluación manual de los tiempos de operación e ingresar valores manualmente (figura 1).

Para la conexión de sensores externos, el equipo de pruebas ACTAS P360 ofrece un total de nueve entradas para conexión de sensores varios como los de presión, desplazamiento o pinzas amperimétricas. La función dual de las entradas para sensores permite la conexión de sensores analógicos, digitales o incrementales en la misma conexión. Esto hace posible el análisis y registro simultáneo de corrientes de bobina de apertura y cierre así como de accionamientos instalados en subestaciones aisladas en GAS en mediana tensión, tales como desconectores e interruptores de conexión a tierra. Solo se requiere del equipo de pruebas y de las pinzas sensoras para esto sin ningún componente más. La evaluación o cálculo de resultados se ejecuta y tabula automáticamente en lugar de usar los cursores.

### Determinación de tiempos de operación de interruptores en alta tensión aislados en GAS con ambos extremos conectados a tierra

Los interruptores en alta tensión aislados en GAS se

localizan en muchos nodos de la red, tal como en paneles de interruptores encapsulados. Los interruptores de alta tensión consisten de varios componentes y pueden estar diseñados de diferente manera dependiendo de la función requerida. Contienen componentes tales como transformadores de corriente, desconectores, interruptores de conexión a tierra, corta circuitos, etc. Comparado con un interruptor aislado en aire (AIS) ofrecen un gran número de ventajas, incluyendo un menor espacio, alta seguridad al personal, un mayor tiempo de vida y una alta confiabilidad. Las desventajas comparadas con los AIS son evidentes en términos de mantenimiento, ya que sus componentes son muy difíciles de acceder.

Mediciones, tales como los tiempos de operación de interruptores y la resistencia de unidades interruptoras, son difíciles de ejecutar debido a los requerimientos básicos de las instalaciones de alta tensión, todas las partes a operar deben de ser aterrizadas. En sistemas de desconexión (AIS), las mediciones con conexión a tierra en ambos lados no son generalmente un gran problema, simplemente porque la resistencia típica de conexión a tierra es mucho mayor que la resistencia de los contactos principales (figura 2). KoCoS usa la "Temporización dinámica" la cual combina los equipos de prueba ACTAS con los medidores de resistencia PROMET.

PRUEBA DE INTERRUPTORES

Las normas DIN VDE0105-100 y EN50110-1 claramente establecen que los sistemas GIS deben ser medidos con ambos lados conectados a tierra. El problema, el cual es particularmente relevante para GIS, es el valor muy bajo de resistencia a tierra resultado del encapsulamiento del interruptor completo en un armazón metálico. Se puede dar el caso frecuentemente que la tierra y el armazón metálico cuenten con una resistencia más baja que los contactos principales. Esto dificulta la ejecución de la medición y su valoración usando equipos convencionales (figura 3).

Se comparan las siguientes mediciones para evaluar los diferentes métodos de medición:

- Mediciones convencionales con un lado aterrizado.
- Método de temporización dinámica con un lado aterrizado.
- Procedimiento de temporización de GIS con conexión a tierra en ambos lados para mediciones monofásicas y trifásicas a encapsuladas GIS

Medición convencional con un lado aterrizado

En mediciones convencionales, las entradas para contactos principales del ACTAS son usadas para verificar cuando el interruptor se encuentra en la posición de cierre o apertura. Este método es generalmente usado

para interruptores de mediana tensión o interruptores sin contacto de arqueo. Mediciones convencionales muestran que el interruptor tiene un tiempo de operación de aproximadamente 50 ms para cierre y de aproximadamente 25 ms para apertura (figura 4).

Temporización dinámica con un lado aterrizado

Para interruptores con contactos de arqueo, el método de Temporización Dinámica se utiliza con un extremo conectado a tierra. Las mediciones son ejecutadas en combinación con el equipo de pruebas ACTAS y el medidor PROMET. Ambos equipos también pueden ser usados como "Equipos independientes" por si mismos. Es posible controlar la medición de resistencia mediante el ACTAS. En este caso, el PROMET actúa como los cables de medición para el método de Temporización Dinámica. La corriente del accionamiento en este proceso y la caída de voltaje medida en la unidad interruptora permiten una evaluación detallada del estado.

Con el método de temporización dinámica (figuras 5 y 6), los resultados son iguales casi exactamente a aquellos obtenidos mediante métodos de medición convencionales (figura 4). La ventaja de este método en comparación con el convencional, es una evaluación

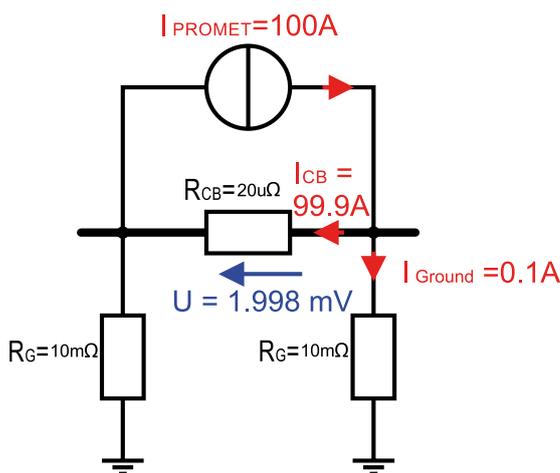


Figura 2 - Interruptor aislado en aire con ambos lados conectados a tierra - valores típicos

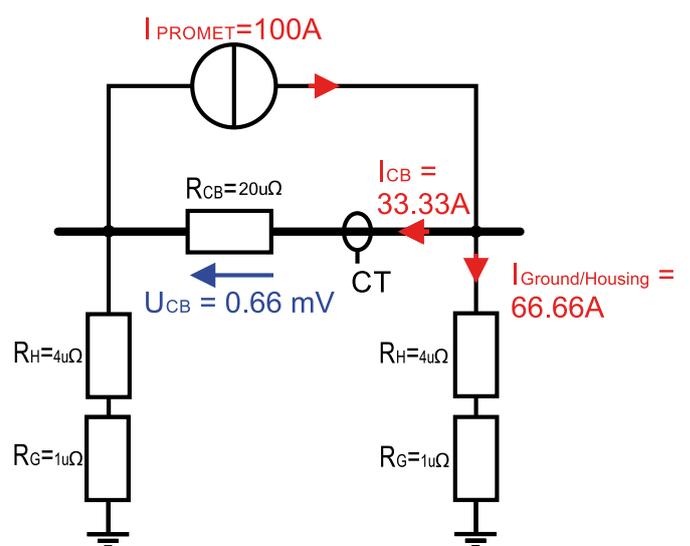


Figura 3 - Interruptor aislado en gas con ambos lados aterrizados - valores típicos

## PRUEBA DE INTERRUPTORES

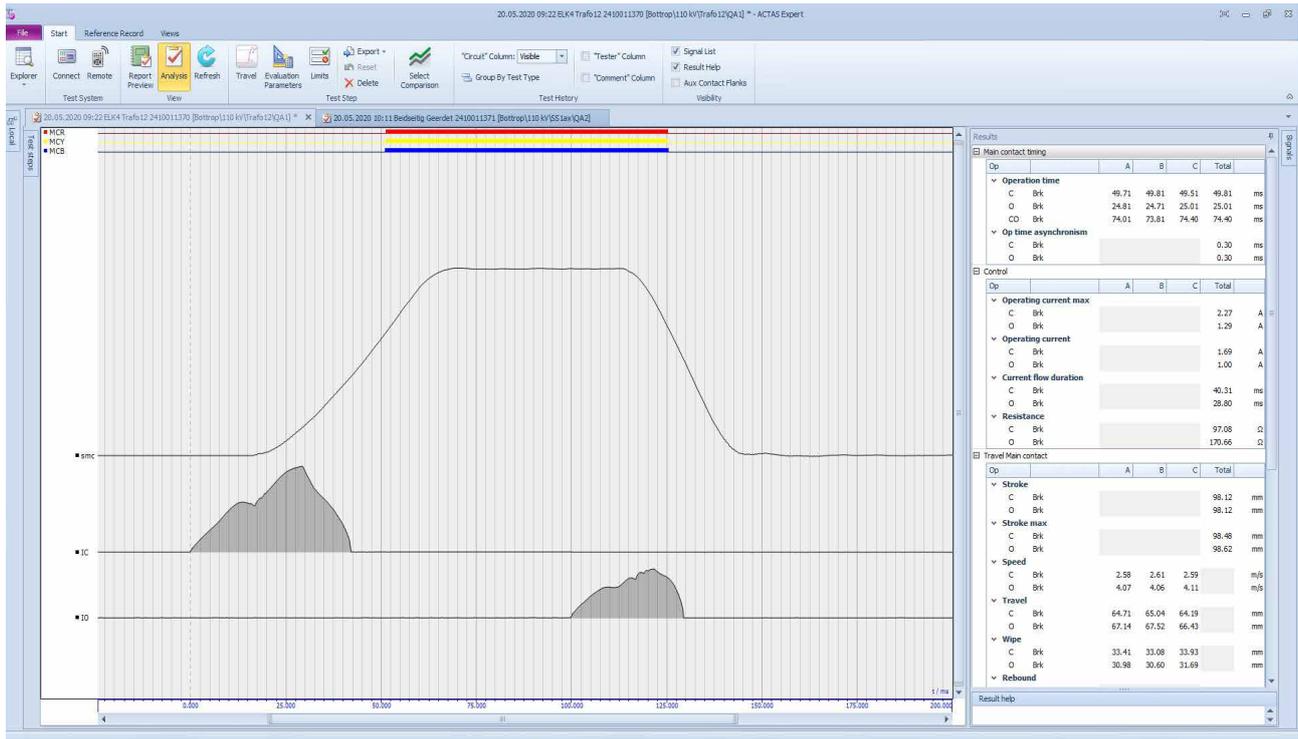


Figura 4: Mediciones convencionales de una GIS encapsulada, aterrizada en un extremo, con el equipo ACTAS P360, en una secuencia "CO".

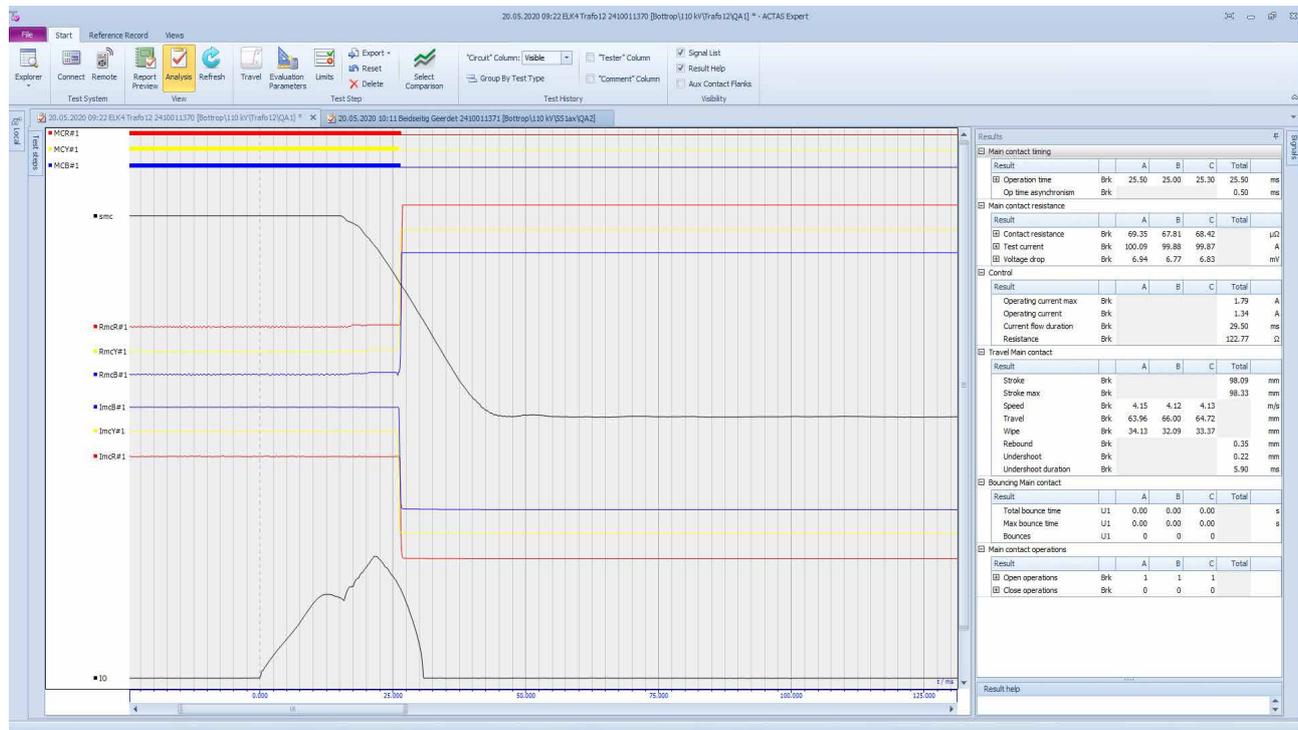


Figura 5: Medición de temporización dinámica de una secuencia monofásica "O" en el interruptor encapsulado GIS, aterrizada en un extremo con el ACTAS P360 y 3 PROMET L100

PRUEBA DE INTERRUPTORES

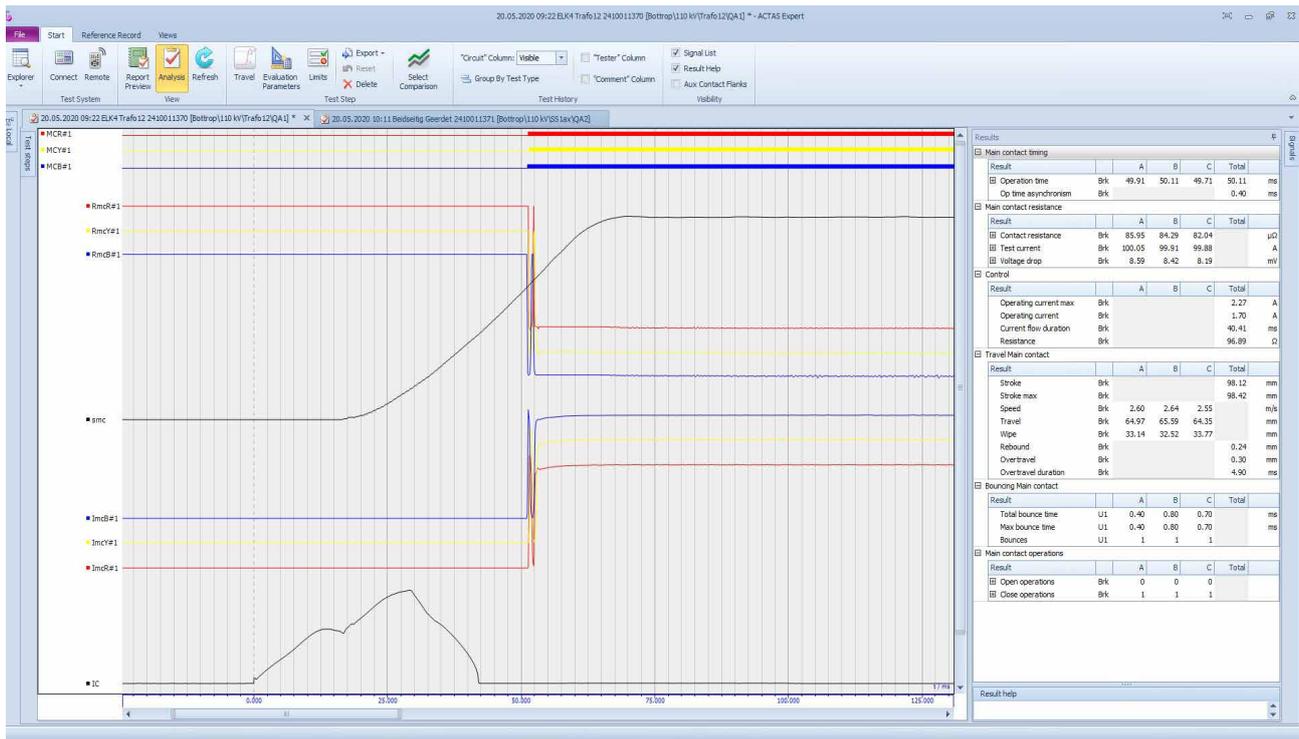


Figura 6: Medición de temporización dinámica de una secuencia monofásica "C" en un interruptor encapsulado GIS, con conexión a tierra en un extremo utilizando el ACTAS P360 y 3 PROMET L100,

más detallada de estado de un interruptor basado en los resultados. Con el método de Temporización Dinámica, las áreas individuales de las trayectorias de los contactos pueden ser desplegadas adecuadamente. Mediante la conexión de señales de desplazamiento adicionales, se puede medir la longitud de los contactos de arqueo sin la necesidad de abrir la cámara interruptora.

**Temporización GIS con conexión a tierra en ambos extremos**

El método de Temporización Dinámica para probar los equipos GIS conectados a tierra en ambos extremos, no se puede emplear de la misma manera como en el caso de los AIS aterrizados en ambos extremos. De esa forma no es posible medir correctamente los tiempos de operación de un interruptor encapsulado GIS. Los componentes arriba mencionados instalados en la GIS, tales como transformadores de corriente, causan retrasos en la medición. Dependiendo de la secuencia interruptora, el resultado mostrara tiempos de operación más rápidos ante aperturas o tiempos de operación más lentos ante cierres. Es por ello que KoCoS usa el método de temporización GIS para la medición correcta de tiempos de operación. Con este método de medición, la GIS debe de tener al menos un punto de conexión a

tierra al exterior. Una vez más, se emplea el medidor PROMET y la medición de resistencia es controlada por el equipo ACTAS.

Los equipos para la medición de resistencia son utilizados como fuentes de corriente y no como instrumentos de medición. Para obtener valores de medición además de los medidores de resistencia y el ACTAS, se utilizan sensores de corriente especialmente desarrollados por KoCoS. Estos son bobinas de Rogowski flexibles los cuales se conectan en la tierra aislada. La curva de corriente obtenida sobre la tierra aislada durante la operación es utilizada para determinar los tiempos de operación para la apertura y para el cierre durante las secuencias de operación del interruptor. Este método cuenta con una gran ventaja que es la seguridad y la posibilidad que ofrece de evaluar los sistemas GIS por medio de los resultados de las mediciones y las correspondientes señales registradas.

**GIS encapsulada monofásica con ambos lados conectados a tierra**

Para medir las GIS encapsuladas de manera monofásica, es posible combinar varios medidores PROMET y un equipo ACTAS. Los modelos PROMET se diferencian principalmente en su diseño y el nivel de corriente de

## PRUEBA DE INTERRUPTORES

salida; El PROMET L100 y el PROMET SE son operados por baterías con corrientes de salida de 100 A y 200 A respectivamente. En una GIS encapsulada monofásica, se recomienda que sean conectados en paralelo tres de estos equipos a la tierra aislada y el armazón metálico. Es mejor si el interruptor tiene uno o los dos lados de la tierra aislada. Cuando se usa el PROMET R300 o el R600 con una salida de corriente de hasta 600 A, se deben de conectar en paralelo tres de estos equipos a la tierra aislada de la GIS. Cuando se comparan los tiempos de operación de la GIS obtenidos mediante el método convencional y el dinámico, se puede reconocer rápidamente que los tiempos de operación son los mismos, exceptuando por unos pocos decimales. Cuando se comparan los métodos de temporización dinámica y temporización GIS, es más claro que también es posible medir la longitud de los contactos de arqueo, por ejemplo, cuando se emplean bobinas de Rogowski. Así como con el método de Temporización Dinámica, se cuenta con ventajas sobre los métodos convencionales; no solo en términos de seguridad, sino también en las posibilidades de un análisis detallado.

### GIS encapsulada trifásica con conexión a tierra en ambos lados

Para la medición de sistemas GIS encapsulados trifásicos, también es posible combinar varios equipos de medición de resistencia con el equipo ACTAS. La única diferencia a la versión monofásica es que solo se requiere un PROMET R300 ó PROMET R600. La corriente de prueba se divide en paralelo entre las 3 cámaras interruptoras y el armazón del interruptor GIS. Debido a la alta corriente de salida de 300 A ó 600 A, se alcanza un nivel de corriente que permite la determinación de los tiempos de operación mediante el empleo de bobinas de Rogowski. Se recomienda que los cables de corriente del PROMET sean conectados al polo B, ya que este es la vía más adecuada de distribuir la corriente. Sin embargo, cierta irregularidad se encuentra presente, la cual es indicada en las mediciones registradas mediante una mayor deflexión de la evaluación del polo B (figura 10). Por supuesto, también es posible usar 3 equipos PROMET L100 para lograr suficiente corriente.

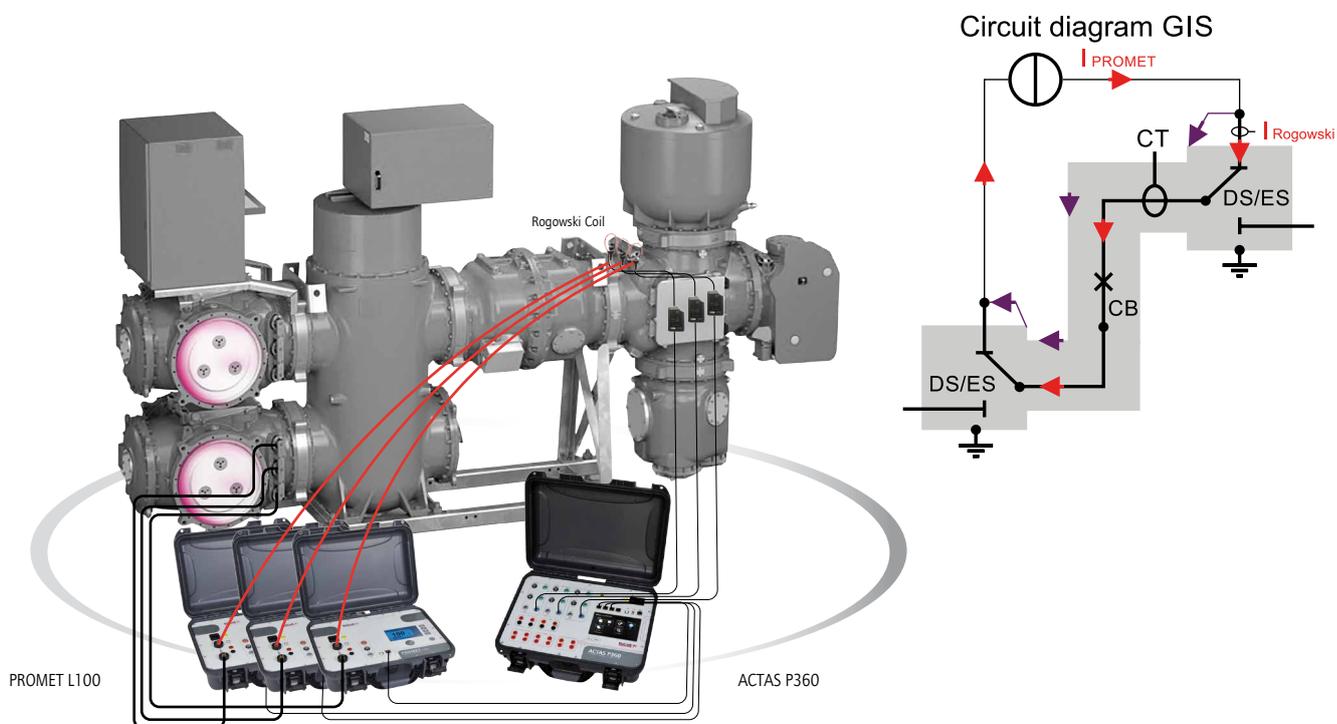


Figura 7: Vista del equipo y esquema de conexión para la medición de tres encapsulados GIS con ACTAS P360, 3 X PROMET L100 y sensores de corriente tipo bobinas de Rogowski en la tierra aislada.

PRUEBA DE INTERRUPTORES

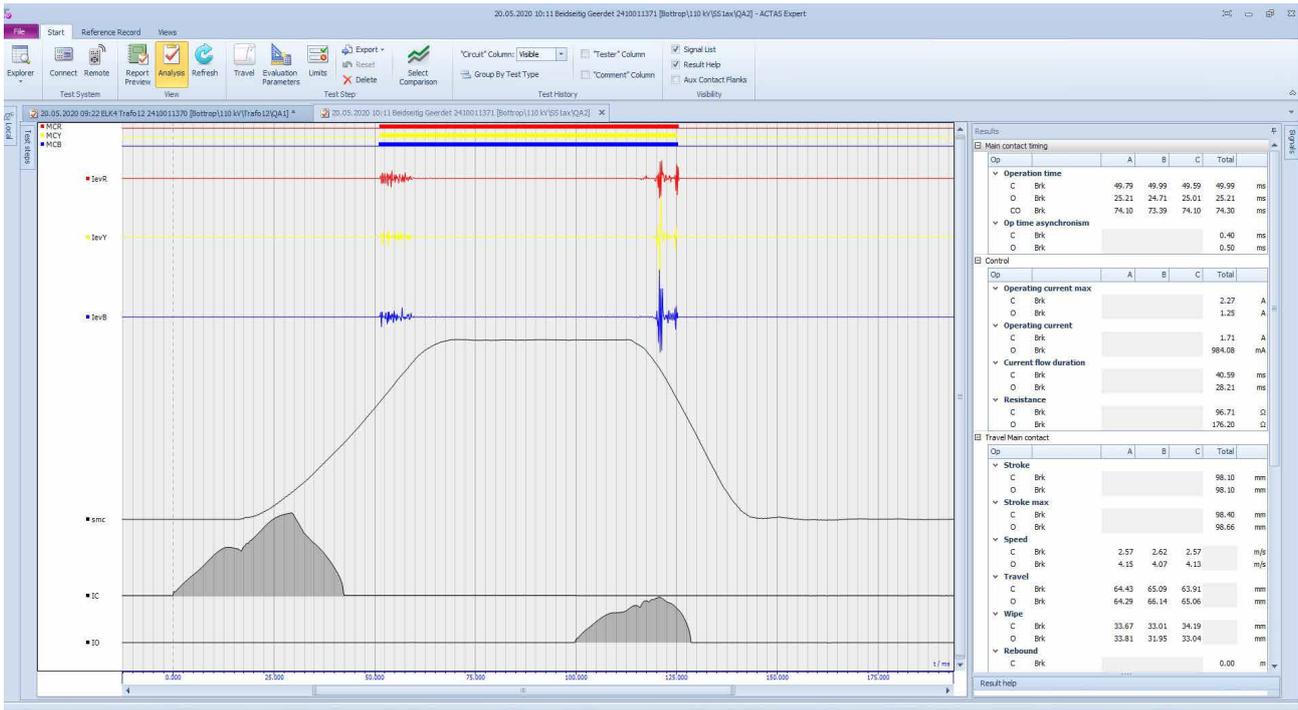


Figura 8: GIS encapsulada monofásica, aterrizada en ambos lados, con el ACTAS P360 y 3 PROMET L100, en una secuencia operativa "CO".

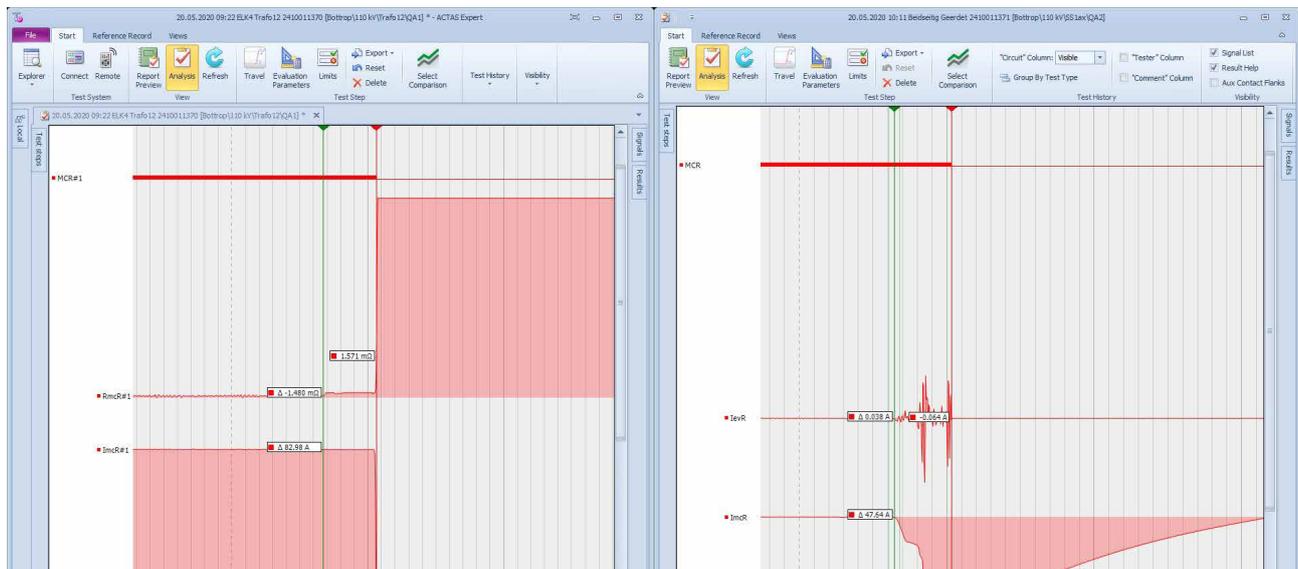


Figura 9: GIS encapsulada monofásica aterrizada en ambos lados, Secuencia operativa "O" con el ACTAS P360 y 3 equipos PROMET L100, polo A en comparación (a la izquierda Temporización Dinámica/a la derecha Temporización GIS)

Método de medición para GIS sin una tierra aislada

Para la GIS sin tierra aislada, es posible realizar la medición usando el método de medición del primer disparo. Para este propósito KoCoS ofrece el Monitor de Primer Disparo, el cual no solo registra la primera apertura sino que permite que otras secuencias sean determinadas. Para el método del primer disparo, las pinzas sensoras se conectan al lado secundario de

los transformadores de corriente del interruptor. El tiempo de operación puede ser medido mediante la forma de onda senoidal de la corriente sobre cada fase dependiendo de la secuencia operativa. Para determinar el punto cero del tiempo de operación, las corrientes de bobina son medidas usando pinzas sensoras. El equipo ACTAS puede ser activado por el valor de la corriente de bobina correspondiente. Para este propósito, se

PRUEBA DE INTERRUPTORES

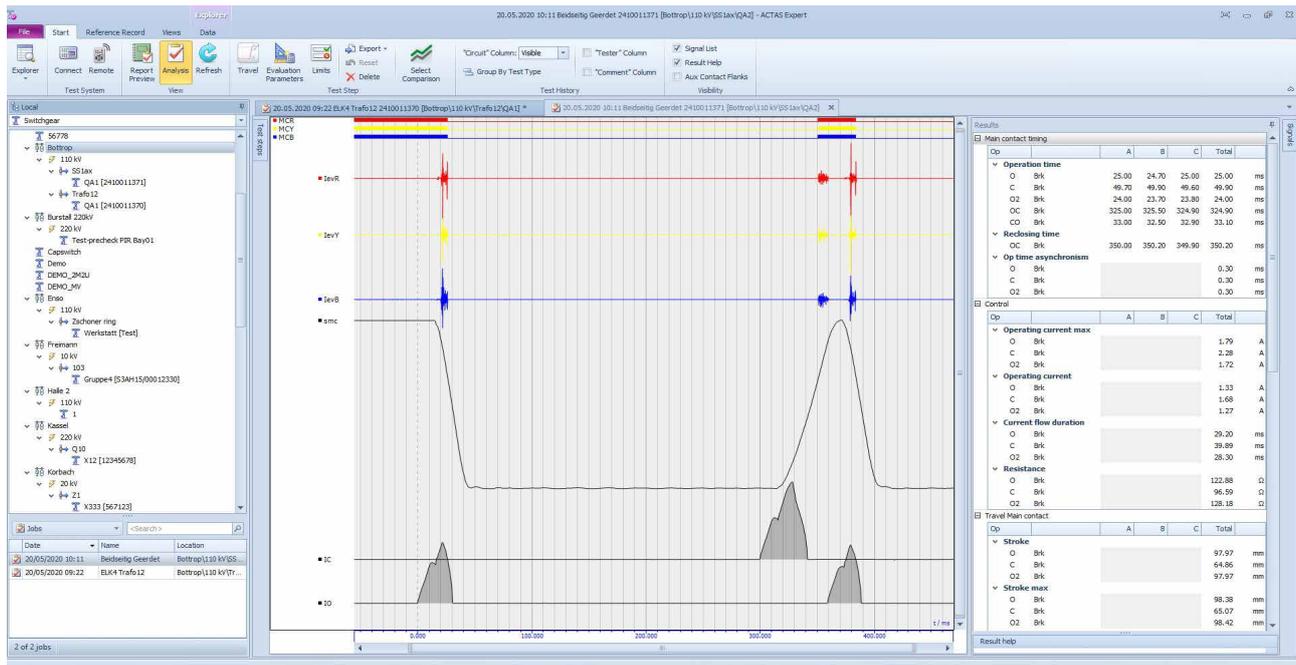


Figura 10: Interruptor encapsulado GIS trifásico, conectado a tierra en ambos lados, secuencia operativa "OCO" con el ACTAS P360 y el PROMET R600

pueden configurar activadores externos en el equipo de pruebas, ya sea señales binarias como sus flacos o señales analógicas con un valor de umbral ajustable el cual puede ser excedido o decrementado

Resumen

Se debe de notar que el solo mencionar el término "aterrizar en ambos lados" resulta muy vago. En el caso de los interruptores AIS, es muy sencillo ejecutar esta prueba si la resistencia del interruptor es mucho más pequeña que la resistencia de tierra, lo cual casi siempre es el caso. Cuando se adquiere un equipo de prueba para probar un interruptor GIS, se debe de estar seguro que el fabricante del equipo pueda garantizar la ejecución de la pruebas para el caso en el que la resistencia de contactos del interruptor es igual o mayor que la resistencia de tierra. Cuando este es el caso, se utiliza bobinas de Rogowski las cuales permiten la flexibilidad y efectividad adecuada en la ejecución de pruebas sobre las GIS, y a la vez garantiza el nivel necesario de seguridad, ya que todos los componentes pueden permanecer conectados a tierra en ambos

lados. Este método tiene grandes ventajas. No solo desde el aspecto del mejoramiento de la seguridad, sino que también desde el aspecto económico; las pruebas pueden completarse de una forma más efectiva en un tiempo más corto. De la misma manera la medición de la resistencia de contactos, se debe de realizar manteniendo los dos extremos conectados a tierra.

Literatura:

- [1] Richter, F.: Verfahren zur Durchführung und Bewertung von Schaltgeräteprüfungen, ETZ, issue 15 (2003)
- [2] FKH-/VSE - Conference 05 November 2010 ETH Zurich „Gekapselte gasisolierte Schaltanlagen (GIS)“ (2010)
- [3] Dreier, J.: Überprüfung und Beurteilung von Motoren und Auslösespulen an Schaltgeräten, Netzpraxis, issue 6 (2015)
- [4] Studen, C.: Schaltgeräte zeit- und kostensparend prüfen Netzpraxis, issue 9 (2017)
- [5] IEC 62271-100 High-voltage switchgear and controlgear - Part 100 2008
- [6] DIN VDE0105-100 / EN50110-1 Operation of electrical installations 2013
- [7] VDE 0682-415 / IEC 61243-5, Live working - Voltage detectors Voltage detective systems (VDS) 2001
- [8] Studen, C.: Schaltzeitenbestimmung über externe Sensoren Netzpraxis, issue 4 (2019)
- [9] KoCoS MESSTECHNIK AG, Korbach: www.kocos.com

