

Aumento de la eficacia de las pruebas en un gran fabricante de equipos de protección y control de procesos

Dr. Till Welfonder, OMICRON

Resumen

Los fabricantes de equipos de protección y control de procesos que también construyen plantas completas deben ser capaces de realizar pruebas confiables que eviten los costos de modificaciones y pérdidas indirectas. Aquí se presentan brevemente las diversas fases de prueba. Los equipos de prueba modernos son sin duda una inversión, pero se amortizan especialmente rápido si las pruebas están organizadas y estandarizadas, y se aprovechan al máximo las oportunidades que presentan las pruebas automatizadas.

A petición de un proveedor importante y anónimo, se examinó su conjunto de equipos de pruebas en todo el mundo en cuanto a su potencial de automatización utilizando OMICRON Control Center. Se realizó un cálculo del ahorro que podría lograrse en cuanto a tiempo de prueba y costos asociados. Las diferencias regionales y la cronología de cómo se ha desarrollado el "grado de automatización" también forman parte del ámbito del proyecto, además de examinar el uso razonable del tiempo de prueba ahorrado para garantizar un crecimiento innovador en el futuro. También se realiza un breve análisis de otros métodos de pruebas organizadas y automatizadas, como las pruebas con IEC 61850, las pruebas en el sistema con RelaySimTest o la gestión de datos de prueba con ADMO.

Las cifras dadas para costos y ganancias son, por supuesto, solo ejemplos y pueden variar mucho de una región a otra. Por tanto, deben analizarse exhaustivamente las condiciones en ubicaciones concretas antes de extraer conclusiones en relación con el propio negocio. No obstante, estos ejemplos deberían aumentar en gran medida la motivación.

1 Introducción

Antes de abordar el complejo análisis de los conjuntos de equipos de prueba de los principales fabricantes de equipos de protección y control de procesos, comencemos con un ejemplo simple:

Imagine que un fabricante que realiza regularmente varios tipos de pruebas de protección y, por lo tanto, tiene posibilidades de automatización (varios relés del mismo tipo o de funcionalidad comparable, o pruebas repetidas en diferentes fases del proyecto o ciclos de mantenimiento) decide comprar un equipo de prueba automatizado.

Para ir a lo seguro con nuestra estimación aproximada, supongamos también que esta inversión costaría aproximadamente entre 30.000 y 60.000 euros, dependiendo de la elección de producto y aplicación.

Supongamos además que este fabricante en su negocio de servicios o proyectos generalmente cobra por un día laborable alrededor de 1000 € y que los costos diarios de personal y los gastos generales son de al menos 600 €, lo que se corresponde con un costo por hora de alrededor de 75 € en una jornada de ocho horas.

Seamos pesimistas y supongamos que solo utilizan sus equipos de manera efectiva durante el 20% de la jornada laboral y que el resto del tiempo está en los almacenes, se encuentra en tránsito, o está retenido en alguna aduana. Sin embargo, los clientes nos aseguran que realizan un uso totalmente optimizado del equipo, a veces con tasas de utilización significativamente mayores, pero nos quedaremos en el peor de los casos. Si este cliente lleva a cabo pruebas automáticas, utilizando Protection Testing Library (PTL) [4,5,6,7] o planes de prueba personalizados libremente disponibles para algunas de ellas, pueden reducir fácilmente a un tercio el tiempo necesario para realizar pruebas y elaborar informes de prueba. Esta cifra todavía nos permite ir a lo seguro, ya que varios clientes nos han dicho "Podemos hacerlo en la quinta parte del tiempo" [10].

Si no tenemos en cuenta el trabajo in situ de fin de semana habitual en el sector de los proyectos y asumimos un año laboral completamente normal de 50 semanas, cada una de 5 días, esto equivale a 250 días por año.

Y ahora el cálculo simple:



- **1 CMC** utilizado durante el 20% del tiempo:
→ $0,2 \times 250 \text{ días} = 50 \text{ días/año}$
- **Tiempo:** Automatizado = $\frac{1}{3}$ del manual:
→ 50 días en lugar de 150 días manualmente
→ 100 días de pruebas ahorrados
- **Ahorro de costes** (600 €/día; 75 €/hora):
→ $100 \text{ días/año} \times 600 \text{ €/día}$
= **60.000 € por año**
- Inversión en el equipo de prueba de aproximadamente 30k - 60k €
- **ROI** (rendimiento de la inversión):
→ CMC amortizado tras $\frac{1}{2}$ a **1 año**
- **Beneficio después de la amortización:**
→ Este CMC ahorraría 100 días por año, o 60K € por año, durante otros 10-20 años.

Imagen 1: Cálculo simplificado de amortización para un equipo de prueba de CMC automatizado

Por supuesto que se puede pasar mucho tiempo discutiendo los pros y los contras de si este cálculo realmente funcionaría en la vida real; cuáles serían sus consecuencias lógicas; lo que sensatamente se podría hacer con el tiempo y los costos ahorrados y en qué medida un fabricante tendría que trasladar algunos de esos ahorros al cliente final como resultado de las presiones competitivas en el sector de productos, proyectos y servicios; o en qué medida el fabricante podría usar estos ahorros para abordar otras tareas importantes que le otorgarían una ventaja económica tecnológica y sostenible. Más sobre esto en la Sección 4. El hecho es que un fabricante que no utiliza las ventajas de la automatización o busca ahorros en el lugar equivocado al seleccionar los equipos de prueba y opta por soluciones que no ofrecen esas posibilidades o implican más problemas de calidad que beneficios, comparado con otros fabricantes, sufre desventajas, son más caros, obtiene menores ganancias o incluso pierde cuota de mercado.

Para realizar un examen más detallado de la rentabilidad de las pruebas automatizadas organizadas para los fabricantes de equipos de protección y plantas completas, es importante, en primer lugar, conocer y comprender el proceso del fabricante y las fases de prueba individuales.

Una cosa es importante en el sector de proyectos en particular, pero también en el de desarrollo y producción:

Las pruebas son útiles para descubrir errores del sistema en una etapa temprana. Cuanto más tarde se descubra un error y deba ser corregido, mayores serán los costos en los que incurrirá el fabricante debidos a esta modificación.

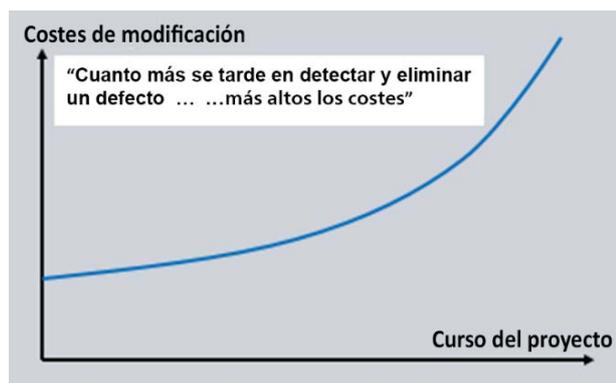


Imagen 2: Curva simbólica de costos de modificación

2 Fases de prueba típicas

Los fabricantes de equipos de protección y control de procesos, que también fabrican componentes de plantas tales como componentes de media y alta tensión, o construyen, ponen en servicio y mantienen plantas completas, deben realizar pruebas en la más amplia gama de situaciones. En general pueden distinguirse las siguientes fases de prueba típicas:

2.1 Pruebas durante la investigación y desarrollo

Cuando se diseñan nuevos relés de protección o se refinan y mejoran los equipos existentes, esto generalmente se debe a nuevos avances tecnológicos y, por tanto, hay que comprobar su funcionalidad. Los fabricantes de relés y equipos de prueba a menudo se enfrentan a nuevos desafíos en esta fase.

Esto se aplica a nuevos algoritmos, comunicación, por ejemplo, según IEC 61850, integración de transductores innovadores, nuevos conceptos de soluciones de redes, como las Smart Grids, o aplicaciones completamente nuevas.

Los departamentos de I+D deben someter los equipos nuevos a una gran cantidad de pruebas durante las pruebas de tipo para garantizar que el nuevo equipo funcione correctamente en todas las circunstancias. Aquí ya se hace un uso intenso de la automatización para facilitar el manejo de un gran número de situaciones de prueba diferentes y descubrir los problemas que puedan existir. En ocasiones, también se lleva a cabo un gran número de pruebas manuales para examinar en detalle fenómenos específicos.

2.2 Pruebas en producción en serie

En la producción en serie de modelos nuevos o existentes, el objetivo es garantizar que cada unidad "que sale de la línea" cumpla exactamente las especificaciones del fabricante. En estas pruebas de rutina, se lleva a cabo un gran número de pruebas de precisión una tras otra, al igual que pruebas de función especiales. Es evidente que esto está altamente automatizado y que los informes de prueba automáticos son vitales.

2.3 Pruebas en el sector de proyectos

En el sector de proyectos, los equipos y componentes fabricados internamente o equipos de terceros adquiridos, se ensamblan en sistemas o plantas completas que luego se suministran al cliente final de acuerdo con las especificaciones. Se instala la planta y, una vez aceptada por el cliente, se pone en servicio.

Se puede encontrar una descripción detallada del sector de proyectos en las publicaciones conjuntas de un importante fabricante de aparata y OMICRON [1,2].

Las fases principales del proyecto se muestran a continuación en un plan de proyecto simplificado (Imagen 3).



Imagen 3: Plan simplificado del proyecto y fases principales del proyecto

Hay que someter a pruebas absolutamente confiables todas las subunidades (por ejemplo, cubículos, sistemas de control digital, equipos de alta y media tensión, etc.) y finalmente la planta completa. Como la prueba de "horas-hombre" aquí se planifica de antemano y se incluye en el precio del contrato del proyecto, es extremadamente importante en este sector tan competitivo optimizar las horas trabajadas y el ahorro de costos. Por otro lado, la calidad debe ser la prioridad máxima (por razones de seguridad y debido a los enormes costos de material y tiempo de inactividad en caso de avería). La mala calidad en este sector pone rápidamente a un proveedor en la lista negra del cliente insatisfecho, de manera que los pedidos posteriores son muy poco probables. Las pruebas secundarias tienen una influencia significativa en todo el proyecto. Ocupan la mayor parte del tiempo total de pruebas del proyecto y constan de dos secciones principales:

- Pruebas de fábrica, seguidas de las pruebas de aceptación en fábrica (FAT)
- Pruebas in situ, seguidas de las pruebas de aceptación in situ (SAT)



Imagen 4: Prueba de fábrica de un sistema de control digital y protección completo interconectado provisionalmente

Para optimizar a la vez el tiempo y los costos, mientras se garantiza la máxima calidad, es importante realizar con anticipación en fábrica tantas pruebas como sea posible, para que las pruebas in situ sean lo más breves y eficientes posible. Los costos de la hora-hombre para esto son significativamente más altos. Además, las pruebas in situ forman parte de la "ruta crítica" del proyecto (una demora en esta fase retrasará todo el proyecto). Sin embargo, las pruebas en fábrica, que se ejecutan en paralelo a los movimientos de tierra y el hormigonado de ingeniería civil, no lo son.

Los componentes del sistema de protección y control a menudo se conectan provisionalmente en fábrica y se prueba de antemano el funcionamiento del sistema completo.

Los paneles de bahía y las funciones de protección a menudo están altamente estandarizados, por lo que aquí también se usan ampliamente las pruebas automatizadas. Las mismas secuencias de prueba pueden usarse más adelante in situ.

2.4 Pruebas durante el mantenimiento y servicio

Si el mantenimiento periódico debe llevarse a cabo en la planta del cliente después de la puesta en servicio, a menudo es el departamento de servicio del fabricante el que lo realiza. Algunos clientes realizan los controles de mantenimiento o los contratan a un proveedor de servicios externo.

Cualquiera que sea la situación, las secuencias de prueba de fabricación pueden reutilizarse para el mantenimiento, de modo que pueda identificarse cualquier cambio en el rendimiento del equipo con el paso del tiempo comparando los resultados de la prueba. Es necesaria una biblioteca bien organizada de datos de prueba y plantas (vea también la Sección 5) [9].

2.5 Pruebas de análisis de fallas

La localización de problemas o el análisis de fallas de la red generalmente ya no pertenece al proyecto como tal, pero son tareas típicas en una planta después de la entrega en la fase de garantía o en un contrato de servicio o mantenimiento posterior. La capacidad de evaluar fallas y registrar eventos permite una explicación a preguntas tales como por qué un relé de protección se ha disparado o no. Los equipos de prueba permiten "reproducir" los datos grabados y enviarlos a un relé idéntico, lo que hace que sea mucho más fácil el análisis de casos de fallas específicas.

Una biblioteca bien organizada de datos y documentación del caso de falla también es de gran importancia aquí (vea también la Sección 5) [9].

3 Examen del conjunto de equipos de pruebas de CMC de un fabricante internacional

Hemos llevado a cabo un examen detallado del conjunto de equipos CMC y las licencias asociadas del OMICRON Control Center (OCC) de uno de nuestros clientes desde hace muchos años. Este cliente es un fabricante internacional líder de equipos de protección y control de procesos. También ofrece soluciones completas y aparamentos personalizadas en el sector de proyectos, así como servicios de puesta en servicio y mantenimiento. A solicitud del fabricante, OMICRON recopiló los siguientes datos a finales de 2015 como parte de un ejercicio de ingeniería de valor de calidad (QVE).

Observaciones preliminares importantes:

Intencionalmente no hemos dado el nombre del fabricante, ya que lo siguiente contiene información muy detallada sobre su conjunto de equipos internacionales.

Sin embargo, nos gustaría aclarar en este punto que las imágenes utilizadas en este artículo no necesariamente tienen que ver con este fabricante, sino que han sido seleccionadas deliberadamente de diferentes fabricantes para preservar el anonimato de los datos. Las imágenes están destinadas a proporcionar una comprensión general del proceso de prueba y no indican de ninguna manera el origen de los datos.

Simplemente llamamos a la compañía "ELECTROCOMPANY" sin intención de referirnos a ninguna compañía que pueda tener un nombre similar.

3.1 Conjunto de equipos CMC del fabricante

El fabricante "ELECTROCOMPANY" tiene un total de 449 equipos de prueba de protección CMC en uso en todo el mundo. Los primeros dispositivos se compraron ya en 1995. Todos estos dispositivos todavía están en funcionamiento hoy día y se utilizan en todo el mundo en aplicaciones de investigación y desarrollo, procesos de producción y proyectos y servicios. La Imagen 5 muestra la compra mundial de equipos CMC por año. Los dispositivos se muestran por fecha de entrega en fábrica de todas las unidades que en el momento de la encuesta (2015) pertenecían al fabricante "ELECTROCOMPANY". Se han incluido en la fecha de entrega en fábrica los dispositivos adquiridos a través de adquisiciones de otras compañías entre 1995 y 2015. Los dispositivos pertenecientes a compañías que pueden haberse eliminado y que ya no pertenecen a "ELECTROCOMPANY" se eliminaron de forma retroactiva por su fecha de entrega de fábrica.

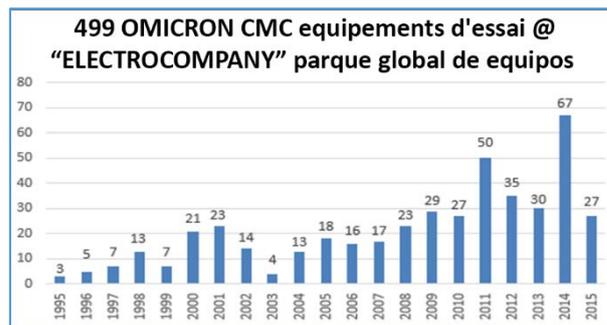


Imagen 5: Conjunto de equipos CMC de "ELECTROCOMPANY" (por año de entrega)

3.2 Uso del OMICRON CONTROL CENTER (OCC)

El uso del OCC permite lograr un "grado de automatización" muy alto. Aunque los módulos de prueba separados, tales como STATE SEQUENCER, RAMPING, OVERCURRENT, ADVANCED DISTANCE y muchos otros, ya ofrecen una amplia gama de posibilidades de automatización, OCC permite un importante avance. Los diferentes módulos de prueba se pueden combinar en cualquier orden en OCC para formar una secuencia de prueba. Esto se puede realizar paso a paso o de forma completamente automática y todos los resultados se obtienen en un informe de prueba completo. Si también se utiliza la eXtended Relay Interface by OMICRON (XRIO), las funciones de prueba en cuestión se pueden adaptar automáticamente a los parámetros de configuración individuales del relé. Esto significa que los relés con la misma función, pero con diferentes configuraciones dependiendo del alimentador de salida, se prueban automáticamente con la misma secuencia sin necesidad de una adaptación funcional. Muchos relés también permiten exportar sus parámetros de configuración, que luego pueden cargarse en el OCC de forma completamente automática. Por tanto, tiene sentido predefinir estas secuencias de prueba OCC una vez para cada tipo o función de relé y, a continuación, trabajar siempre con la misma secuencia, lo que ahorra una gran cantidad de tiempo y también permite comparaciones interesantes durante la evaluación (por ejemplo, cambios en el comportamiento del relé en el tiempo durante las pruebas de mantenimiento o también pruebas de discrepancias durante la producción). OMICRON ofrece gratuitamente a sus usuarios una gran cantidad de secuencias tales como una PTL para la mayoría de los tipos de relé. Estas pueden adoptarse directamente tal como están o adaptarse por el cliente de acuerdo con sus requisitos de prueba. En el sector de proyectos, los clientes a menudo crean secuencias OCC para cubículos completos estandarizados con varios relés con el fin de ahorrar una gran cantidad de tiempo durante la prueba funcional del cubículo completo, primero en la prueba de fábrica y más tarde durante la puesta en servicio en el sitio de construcción.

Nuestro fabricante, "ELECTROCOMPANY", hace un uso extensivo del OCC, dependiendo del campo de aplicación y la fábrica. En otras áreas, hemos visto un potencial de mejora creciente, especialmente en los últimos años. La Imagen 6 muestra una comparación, esta vez acumulativa por año, de las cantidades de equipos de prueba CMC y las licencias de OCC asociadas en las que "ELECTROCOMPANY" ha invertido en los últimos 20 años.

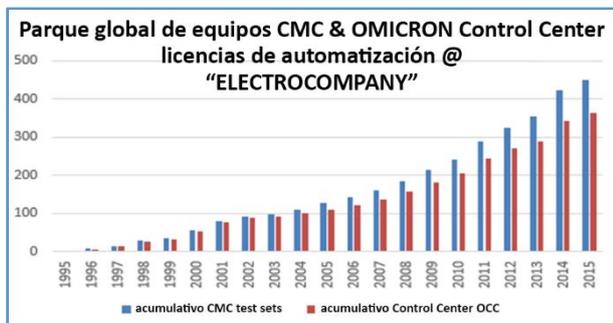


Imagen 6: Conjunto de equipos CMC y OCC de "ELECTROCOMPANY" (acumulativo)

3.3 Definición: "Grado de automatización"

Hemos establecido el término "grado de automatización" para el siguiente estudio del grupo de equipos de "ELECTROCOMPANY" y lo definimos de la siguiente manera:

$$"degree\ of\ automation" = \frac{number\ of\ OCC}{number\ of\ CMC} \quad (1)$$

Esta definición no establece claramente en qué medida está realmente automatizado el trabajo en "ELECTROCOMPANY", ya que el trabajo manual puede continuar naturalmente, aunque se posea una licencia OCC. Sin embargo, ofrece una información interesante del potencial para automatizar el conjunto de equipos y cómo se ha desarrollado esto en los últimos 20 años. Sabemos por los comentarios de los clientes y las consultas a nuestra asistencia técnica que en "ELECTROCOMPANY" se utilizan ampliamente las licencias de OCC existentes. Sin duda, existe un requisito permanente de capacitación para familiarizar a los nuevos empleados con las posibilidades y ventajas del OCC y, por lo tanto, aumentar aún más el grado de utilización efectiva.

También debe señalarse en este punto que el OCC no solo contribuye a la automatización, sino que "ELECTROCOMPANY" ha desarrollado su propia interfaz de usuario externa en sus propias instalaciones de producción de equipos de protección, y controla sus unidades CMC utilizando la interfaz de automatización CMEngine suministrada por OMICRON. En las instalaciones de prueba fijas, donde las muestras de prueba están sujetas no solo a pruebas eléctricas sino también a pruebas térmicas o mecánicas, el técnico de pruebas en producción en serie tiene la ventaja de tener la

misma interfaz de usuario para todas las aplicaciones. Dado que CMEngine también se incluye en el paquete OCC y "ELECTROCOMPANY" normalmente lo adquiere como un paquete conjunto para utilizar equipos en otros lugares para la pura automatización con el OCC, nuestras cifras no se ven sesgadas por eso. El "grado de automatización" en este caso incluye control externo a través de CMEngine.

3.4 Desarrollo del "Grado de automatización" en todo el mundo

Si observamos el "grado de automatización", que se ha definido, para el conjunto mundial de equipos de "ELECTROCOMPANY", dos cosas sorprendentes se hacen inmediatamente evidentes:

- El "grado de automatización" promedio en "ELECTROCOMPANY" en todo el mundo es muy alto, aproximadamente del 85%.
- En los primeros 10 años, el "grado de automatización" aumentó rápidamente al 100%. Desde 2004 cayó de forma lenta, pero continua, hasta cerca del 80% en la actualidad. La tendencia es una ligera disminución.

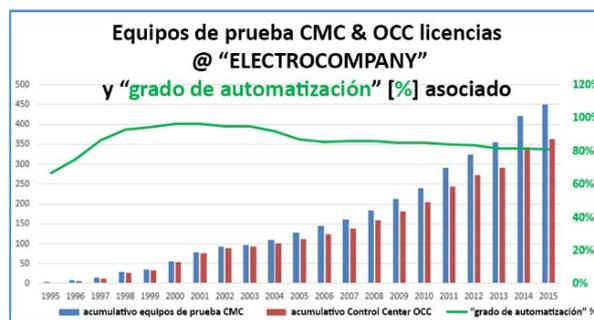


Imagen 7: Conjunto de equipos CMC y OCC de "ELECTROCOMPANY" y "grado de automatización" en todo el mundo (acumulativo)

El ligero descenso en el "grado de automatización" durante los últimos 10 años en "ELECTROCOMPANY" fue de especial interés para nosotros, y hemos tenido reuniones con técnicos de pruebas y encargados de la puesta en servicio de este sector para encontrar una explicación. Pudimos identificar tres posibles causas principales:

Causas principales:

- Hasta hace unos 10 años, el puesto de "técnico" seguía siendo muy importante en las grandes compañías. Era la persona que definía los requisitos exactos para la tecnología de prueba. Desde entonces, el departamento de compras ha ejercido una gran influencia en la toma de decisiones. Las ventajas técnicas ya no cuentan tanto y, a menudo, solo importa el precio de compra. A muchos compradores se les dieron instrucciones claras hace unos años para

ahorrar dinero y se les ordenó que ya no compraran todo lo que el técnico les pedía. Los pagos de bonificaciones personales a menudo son un factor adicional y dependen simplemente de la reducción en el precio de compra sin tener en cuenta la eficiencia general (Ingeniería de valor de calidad o Costo total de propiedad). Estos últimos puntos han adquirido más importancia nuevamente en los últimos años, pero el enfoque utilizado es largo y difícil.

- La competencia se ha vuelto cada vez más fuerte, especialmente en el sector de proyectos internacionales, y los precios de los proyectos han disminuido, mientras que los márgenes son cada vez más estrechos. Por tanto, en los últimos años, se ha intentado trabajar más con unidades locales más baratas y delinear claramente las responsabilidades del proyecto financiero, incluso dentro del Grupo. Se está confiando cada vez más en la gestión de proyectos orientada a lo comercial, en la cual se emplean jefes de proyecto profesionales con experiencia comercial más que técnica, a veces respaldados por administradores de compañías que solo monitorean los costos en su área. Esta declaración de un jefe de puesta en servicio experimentado pone de relieve este argumento: *"Está disminuyendo continuamente el número de personas con una visión holística y que pueden ver el éxito general de la compañía o un proyecto dividido en local y extranjero. Hoy se ha vuelto muy difícil encontrar un jefe de proyecto que esté dispuesto a invertir más tiempo en pruebas intensivas en la fábrica, de forma que otras personas puedan ahorrar tiempo en el futuro en el sitio de construcción, si los costos ahorrados allí ya no son responsabilidad del jefe de proyecto."*
- Del mismo modo, en los últimos años se ha utilizado cada vez más personal temporal externo como parte de los ejercicios de reducción de costos y optimización de la carga de trabajo, a menudo en países donde se descuida la educación y capacitación técnica continua. Los frecuentes cambios en el personal interno y la falta de personal capacitado hacen que no se utilicen lo suficiente las posibilidades de automatización existentes para las pruebas, lo que inevitablemente lleva a que se dedique más tiempo a las pruebas manuales. La falta de conocimiento de las ventajas de las pruebas automatizadas se refleja en la disminución del "grado de automatización".

3.5 Desarrollo del "Grado de automatización" por región

El examen del desarrollo del "grado de automatización" por región conduce a más conclusiones interesantes, algunas de las cuales respaldan mucho las observaciones anteriores, pero además revelan fenómenos locales.

La Imagen 9 muestra una descripción comparativa del "grado de automatización" promedio por región. Las seis evaluaciones individuales de la Imagen 10 muestran el desarrollo en el tiempo del "grado de automatización" en estas seis regiones.



Imagen 8: Vista global de las diferentes regiones

La región más grande en términos de uso de equipos CMC en "ELECTROCOMPANY" es la región de Europa y África (EA) que se extiende desde Vladivostok hasta Ciudad del Cabo, pero excluye la región de Europa Central (CEU) con los principales mercados de Alemania, Austria y Suiza. Junto con Latinoamérica (LA), CEU es la región con mayor "grado de automatización". El nivel aquí es casi del 100%, mientras que en EA, Medio Oriente y el sur de Asia (MESA) solo llega al 70%. Asia Pacífico (AP) y Norteamérica (NA) están en el medio, con alrededor del 85%.

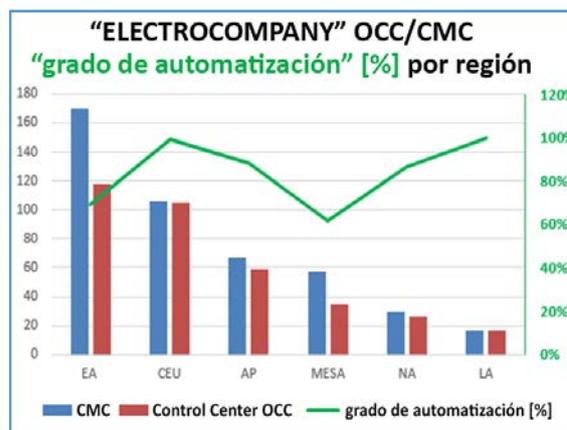


Imagen 9: Conjunto de equipos CMC y OCC de "ELECTROCOMPANY" con el correspondiente "grado de automatización" (por región)

Si se observan los cambios en el tiempo en el "grado de automatización" por región, se pueden ver algunos desarrollos muy interesantes:

En CEU, el "grado de automatización" en los últimos 20 años se ha mantenido constante en casi el 100%. En los principales mercados de Alemania, Austria y Suiza, las ventajas de la automatización son reconocidas y utilizadas en su totalidad por "ELECTROCOMPANY". Esto es consecuencia, por un lado, del gran éxito económico, la comprensión de la calidad y los métodos de trabajo altamente organizados, junto con los costos salariales relativamente altos si se los considera desde una perspectiva mundial. Por otro lado, el alto nivel de buena capacitación periódica y educación continua del personal técnico o la participación en seminarios técnicos específicos del sector, como las conferencias de usuarios de OMICRON, por ejemplo, contribuyen a que los empleados de diferentes compañías intercambien ideas y aprendan unos de otros.

En EA, vemos claramente la disminución a nivel mundial en la automatización en "ELECTROCOMPANY" como se ha descrito. En los últimos 15 años ha disminuido lenta, pero constantemente, del 100% en 2001 a poco menos del 70% en la actualidad. Las razones de esto ya se han descrito en la Sección 3.4.

En AP, observamos precisamente el fenómeno opuesto. El "grado de automatización" en "ELECTROCOMPANY" en esta región está aumentando constantemente, y ahora ha alcanzado casi el 90% después de comenzar en aproximadamente el 40%. Este es un gran éxito, para el que hay

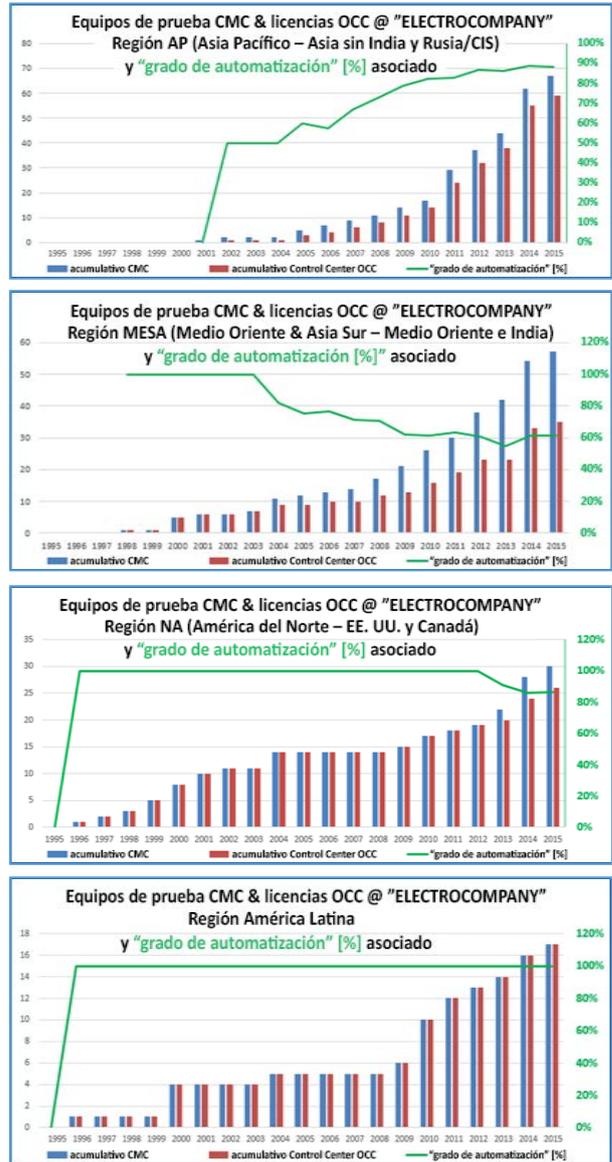
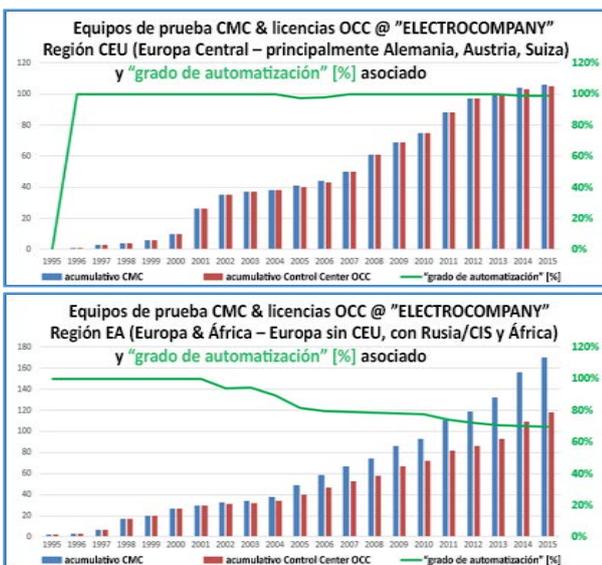


Imagen 10: Conjunto de equipos CMC y OCC de "ELECTROCOMPANY" y "grado de automatización" (acumulativo)

dos razones principales. En primer lugar, en los países asiáticos, OMICRON se destaca muy claramente de los productos baratos simples de la competencia local, debido a su alta calidad e inimitable alta capacidad de automatización, y es especialmente competitivo con OCC. En segundo lugar, si se utiliza IEC 61850, el OCC representa una enorme simplificación cuando se trabaja con GOOSE y Sampled Values (SV), que son muy utilizados en esta región.

En MESA, se puede ver una fuerte caída en el "grado de automatización" en "ELECTROCOMPANY", que presumiblemente está relacionada con la situación económica, el nivel de precios y también los bajos costos salariales en India. Los técnicos de prueba originarios de los países de bajo costo también se emplean predominantemente en el rico Medio Oriente. Además, la automatización puede reemplazarse fácilmente si un técnico de pruebas

simplemente es reemplazado por tres técnicos de prueba de bajo costo que realizan la prueba de forma manual.

En NA y LA, el "grado de automatización" se ha mantenido constante a lo largo de los años en casi el 100%. Esto probablemente se deba, entre otras cosas, al uso muy temprano de relés digitales estadounidenses en el mercado, que ya ofrecían una gran cantidad de sofisticadas funciones de protección en una etapa muy temprana, y donde las pruebas automáticas eran especialmente valiosas. Los técnicos locales de "ELECTROCOMPANY" están, por lo tanto, acostumbrados a este tipo de pruebas debido a su entorno de trabajo.

La menor caída en el "grado de automatización" en NA en los últimos tres años está presumiblemente relacionada de forma directa con el fuerte crecimiento de OMICRON en "ELECTROCOMPANY" en este mercado. Como resultado de una mayor cooperación con "ELECTROCOMPANY", aquí se han descubierto nuevas áreas de aplicación fuera de la tecnología de relés para los CMC, para las que no existe una demanda inicial de automatización.

3.6 División en dos perfiles representativos de prueba y automatización

Para calcular con la mayor precisión posible los ahorros de tiempo y costos que se han logrado en el conjunto completo de equipos CMC en "ELECTROCOMPANY" desde su inicio, hemos dividido de manera aproximada los casos típicos de aplicación en dos perfiles simplificados de uso principal. Hemos definido tres escenarios (MÁX, MEDIO y MÍN) para cada uno de estos dos perfiles. MÍN es el peor y MÁX el mejor caso real. Estas son, por supuesto, aproximaciones y simplificaciones, pero en promedio estos dos grupos de aplicaciones y tres escenarios ofrece una perspectiva realista.

Hemos puesto en el **grupo de aplicaciones 1** la investigación, desarrollo, pruebas de laboratorio y pruebas de producción.

En el **grupo de aplicaciones 2** se han reunido el sector de proyectos en fábrica y en el sitio de construcción, junto con las pruebas de servicio y mantenimiento.

La diferencia significativa entre estos dos grupos es que hay un mayor grado de uso de los dispositivos de prueba en el laboratorio y la producción, ya que el equipo no tiene tiempo de inactividad debido a envíos, aduanas, etc. El tiempo ahorrado con el OCC también es ligeramente más alto aquí, ya que los dispositivos del mismo tipo a menudo se prueban en serie. En el sector de proyectos, también debe incluirse la periferia en torno al equipo, lo que reduce el posible ahorro de tiempo. Sin embargo, los costos de personal en producción son más bajos, ya que no se incurre en gastos de viaje, bonificaciones

por trabajo en el extranjero, bonificaciones por trabajo peligroso, etc., al contrario de lo que ocurre en el sitio de construcción.

Para simplificar, hemos dejado el número de días laborables en el año en 250 en ambos casos, aunque a menudo se trabaja los fines de semana durante la puesta en servicio. Sin embargo, esto está permitido en el grado de uso.

Dado que los módulos de prueba también permiten una determinada cantidad de automatización sin utilizar el OCC, hemos tenido esto en cuenta utilizando un menor ahorro de tiempo solo para aquellos dispositivos que aún no están equipados con el OCC (módulo/manual). Para todos los demás, solo hemos utilizado los datos (OCC/manual) y no hemos contabilizado el ahorro de tiempo dos veces.

Electrocompany	I+D/Laboratorio/Producción			Proyecto/Instalación/Servicio		
	MIN	MEDIO	MAX	MIN	MEDIO	MAX
Escenario						
Porcentaje de utilización	60	70	80	20	40	60
Tiempo ahorrado OCC/manual (%)	50	70	90	40	60	80
Tiempo ahorrado módulos/manual (%)	20	30	40	20	30	40
Días de trabajo / año (días)	250	250	250	250	250	250
Costes de personal / día (€)	600	600	600	800	900	1000

Tabla 1: Parámetros de estimación por grupo de aplicaciones y escenario para "ELECTROCOMPANY"

3.7 Ahorro global en tiempo y costos de pruebas

El cálculo del ahorro de tiempo y costos en todos los años para el conjunto de equipos mundial de "ELECTROCOMPANY" es similar al ejemplo anterior, muy simplificado (Tabla 1). Dado que deseamos tener en cuenta todas las unidades, hemos asumido por simplicidad que los dos grupos de aplicaciones están representados con la misma fuerza en el Grupo en todo el mundo. Consecuentemente esto debería examinarse con mayor detalle si se consideran los ahorros por región, país o incluso por instalación. Las diferencias se promedian a nivel mundial.

La Imagen 11 muestra el desarrollo del tiempo de prueba acumulado ahorrado en días para todo el conjunto de equipos.

Dependiendo del escenario, en los últimos 20 años se ha ahorrado entre 20.000 y casi 70.000 días (Imagen 12). El escenario MEDIO realista ofrece un **ahorro de 40.000 días**.

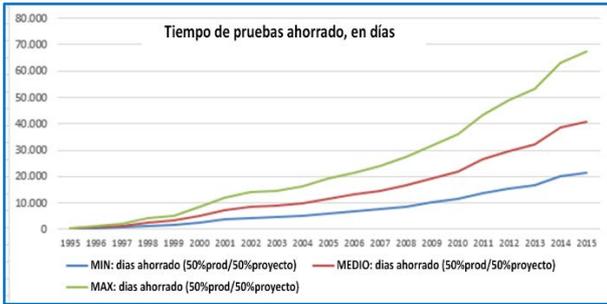


Imagen 11: Tiempo de prueba ahorrado en todo el mundo (acumulado) en "ELECTROCOMPANY"; Escenarios MÍN, MEDIO, MÁX

Si convertimos este ahorro de tiempo en pruebas en los gastos de personal correspondientes, de nuevo tomando ambos grupos de aplicaciones y sus tasas de costos diarios como los mismos, esto da un ahorro de costos en pruebas automatizadas para "ELECTROCOMPANY" de entre 13 y 46 millones de euros. El escenario MEDIO realista ofrece un **ahorro de unos 26 millones de euros**.

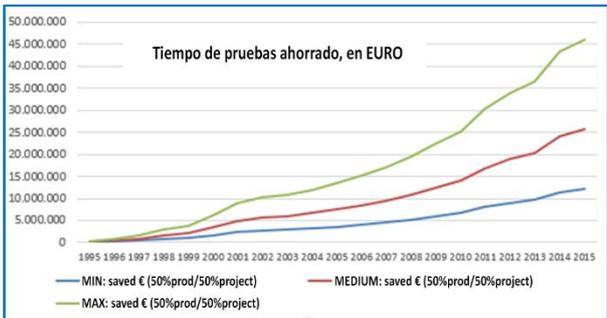


Imagen 12: Costos de prueba ahorrados en todo el mundo (acumulado) en "ELECTROCOMPANY"; Escenarios MÍN, MEDIO, MÁX

El hecho de que los ahorros anteriores tengan una pendiente ascendente no lineal a pesar de que el "grado de automatización" es levemente descendente (Imagen 7) se debe al fuerte crecimiento del conjunto de equipos que acompaña al crecimiento del Grupo "ELECTROCOMPANY".

3.8 Estimación potencial: aumento de eficiencia debido a la actualización del OCC

Una de las tareas del estudio QVE en "ELECTROCOMPANY" fue determinar el potencial de mejora del conjunto de equipos. Ochenta y seis dispositivos CMC, aproximadamente el 17% del conjunto, se operan actualmente sin OCC. Una actualización inmediata de estos dispositivos con OCC podría generar, si se utilizaran también con fines de automatización, ahorros adicionales de entre 2,3 y 5,2 millones de euros cada año, según el escenario. En el escenario MEDIO, el **potencial de ahorro adicional es de 3,7 millones de euros al año**. Y todo con un costo de inversión insignificante.

Sin embargo, debería garantizarse que se utilizaran de forma óptima las licencias OCC para todos los dispositivos. La capacitación y el intercambio de experiencias son la clave aquí (vea la Sección 4.2).

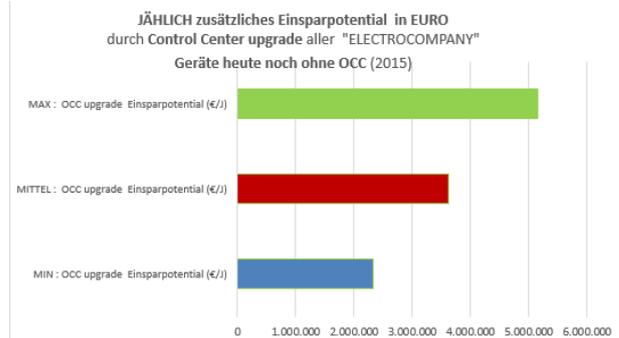


Imagen 13: Ahorro potencial adicional en todo el mundo en "ELECTROCOMPANY" a partir de una actualización de OCC, en euros

3.9 Pasos adicionales en el caso práctico

En el caso práctico "ELECTROCOMPANY", presentamos los resultados al departamento central de compras como parte de un estudio QVE. Como fabricante de equipos de prueba, OMICRON pertenece a un grupo de compra de herramientas y materiales externos, que no están físicamente integrados en los productos y sistemas de "ELECTROCOMPANY" (en común con los fabricantes de carretillas elevadoras o llaves inglesas, hasta proveedores de servicios de transporte). Fue muy importante explicar exactamente qué hacen nuestros sistemas y que el mayor beneficio surge cuando se comienza a pensar en términos de interproyecto e intercompañía, en lugar de ahorrar en el área equivocada.

Los resultados fueron aceptados muy positivamente. El departamento de compras en "ELECTROCOMPANY" está muy interesado en la cooperación a largo plazo con los proveedores estratégicos que participan en la creación de valor a largo plazo para su Grupo.

A continuación, se harán esfuerzos para garantizar que estas posibilidades se conozcan más dentro del Grupo. La actual cooperación en investigación y desarrollo, que ya es muy buena, se ampliará y se harán esfuerzos en el sector operativo para ampliar el gran éxito del conjunto de equipos de CMC para otros productos de la creciente gama de productos de OMICRON. Se ha identificado la educación continua interna y el intercambio de experiencias como un punto importante que queremos fortalecer, sobre todo en aquellos países en los que el "grado de automatización", como hemos definido, es bajo o incluso está disminuyendo.

4 Uso sensato del tiempo ahorrado

Ahora llegamos a quizás al punto más importante de todo el artículo: **¿Qué significa "ahorro"?**

Hemos calculado el tiempo de prueba ahorrado y lo convertimos en una suma equivalente de los ahorros financieros en euros, utilizando una tasa de costo "hora-hombre". Hicimos esto para mostrar con más claridad el orden de magnitud y el potencial de ahorro.

Un CMC puede hacer muchas cosas; puede ahorrar mucho tiempo y esfuerzo, comprobar de forma confiable la seguridad del sistema y ayudar a desarrollar nuevas soluciones innovadoras, pero por desgracia no puede imprimir dinero.

Por tanto, el ahorro financiero sigue siendo ficticio, aunque el ahorro de tiempo sea real. Corresponde al técnico de pruebas y su empleador la asignación de tiempo de una manera justa y lo que hacen sensatamente con él.

4.1 Conclusión falsa para los fabricantes innovadores: "los equipos CMC reemplazan a los técnicos de prueba"

La conclusión absolutamente falsa más grande y más irresponsable que la gerencia de una compañía podría hacer si están interesados en una continuación exitosa de su compañía, sería decir: *"X veces 1500 horas ahorradas, quiere decir que ya no necesitamos X técnicos de prueba"*.

Cualquiera que haya tratado de contratar a un técnico de protección bien entrenado sabe lo difícil que es encontrar un candidato adecuado y lo inmensamente valioso que es un técnico de protección o ingeniero de protección interno para su compañía.

Los técnicos de protección y de prueba no solo conocen el complicado equipo de protección, los equipos de prueba y los procedimientos de prueba, sino también tienen que comprender el funcionamiento de toda la periferia secundaria, el equipo de alta tensión conectado y todo el sistema de la red, ya que la protección contiene una visión general de todo el sistema y debe responder correctamente al mismo. Los técnicos de protección a menudo tienen una amplia experiencia, sobre todo en el sector de proyectos y una buena comprensión general del proceso general de un proyecto, ya que intervienen en diferentes momentos importantes y son capaces de juzgar dónde hay que mejorar cosas.

Por otra parte, en los últimos años la protección digital se ha ido fusionando cada vez más con el control digital de procesos y en el futuro lo va a hacer incluso con los transductores no convencionales, las unidades de fusión (MU) o los controladores digitales de aparatos, por lo que

surgirán constantemente nuevos desafíos en el campo de las comunicaciones con la norma IEC 61850.

4.2 Inversión en educación continua, capacitación y competitividad duradera

La cuestión de qué hacer con el tiempo que se ahorra con el fin de reinvertirlo de una manera que aporte beneficios máximos a la compañía puede, por tanto, responderse fácilmente:

Debe invertirse en técnicos de protección, en su capacitación y educación continua y, si es necesario, en futuros desarrollos en otros campos técnicos en la compañía, en los que puedan hacer una contribución decisiva con su experiencia. Esto puede ser, por ejemplo, en el desarrollo de productos nuevos e innovadores, la mejora de la eficiencia y la calidad de los proyectos o el desarrollo de nuevos negocios rentables adicionales en el campo del servicio.

En cualquier caso, su experiencia debe utilizarse también para capacitar a nuevos técnicos de prueba jóvenes en el momento oportuno que, en muchos países por desgracia entran cada vez más en compañías que ofrecen capacitación más escasa en ingeniería eléctrica básica.

En nuestro caso práctico con "ELECTROCOMPANY" - un grupo moderno, altamente competitivo y orientado al futuro- esto es exactamente lo que se ha hecho. Cuando indicamos un ahorro de rango medio de 26 millones de euros, se ha ahorrado esta suma mediante el uso de pruebas automatizadas en todo el proceso de producción y de proyectos en los últimos años para evitar tener a técnicos de prueba altamente cualificados invirtiendo su tiempo en pruebas de punto a punto sobre cableado de cobre y otras tareas repetitivas, como se muestra simbólicamente en la Imagen 14. El tiempo que quedó disponible se utilizó para que estos especialistas desarrollasen innovaciones y servicios, y también un lucrativo negocio adicional, a un costo comparable.

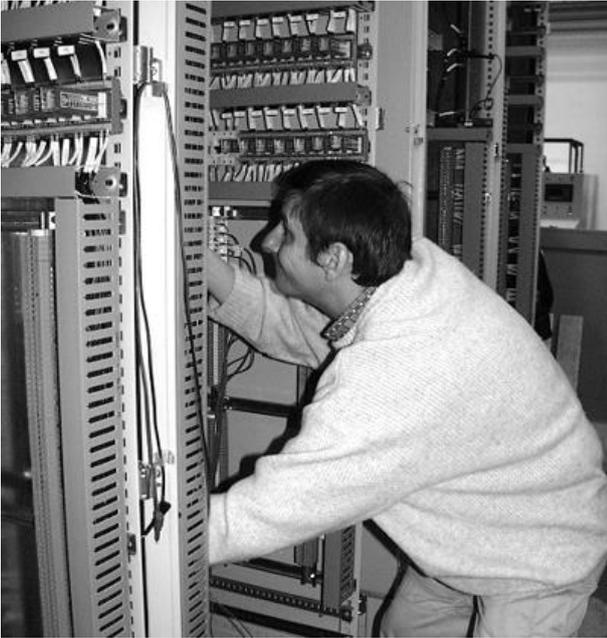


Imagen 14: Tiempo de pruebas de punto a punto en la era del cableado de cobre, antes de la fibra de vidrio

5 Panorama

En las secciones anteriores hemos tratado casi exclusivamente con la eficiencia de trabajar con el OMICRON Control Center, ya que este era el objetivo principal del estudio.

Sin embargo, para ser exhaustivos nos gustaría en este punto mencionar que existe un número de otras posibilidades en el campo de las pruebas, lo que puede aumentar la eficiencia de un técnico de prueba o de todo el equipo de técnicos de prueba.

5.1 Utilización optimizada del conjunto de equipos CMC con la adición de CMControl con grupos mixtos de expertos en protección y usuarios ocasionales.

En las visitas de clientes y las presentaciones de productos a las que asisten departamentos técnicos enteros, nos encontramos constantemente la siguiente observación: en un equipo personas que comparte uno o más equipos de prueba CMC, casi siempre hay unos pocos técnicos de prueba que utilizan el equipo regularmente y algunos de los cuales están muy familiarizados con la tecnología de automatización. El uso de una computadora tampoco es un problema para ellos. Sin embargo, casi siempre hay algunos miembros del equipo que son muy polivalentes y se despliegan en la ingeniería primaria y secundaria como parte de las funciones de servicio o en el sitio de construcción. Estos técnicos a menudo solo necesitan llevar a cabo pruebas secundarias muy simples un par de veces al año y con frecuencia no tienen tiempo para aprender TEST UNIVERSE y el OCC. Por otra parte, a menudo se

considera superfluo el uso de una computadora para su fácil tarea o incluso representa un obstáculo.

Para estos empleados, la automatización perfecta no es la solución eficiente; en cambio, es mucho más eficiente para ellos simplemente realizar la prueba de forma manual, sin necesidad de computadora.

Si se desea aumentar sustancialmente el grado de uso de un dispositivo CMC en un equipo de personas mixto, el uso adicional de CMControl, una unidad de control táctil para pruebas manuales simples, es la solución ideal. Estas unidades CMControl también se pueden instalar en un conjunto de equipos existente y, por lo tanto, ofrecen la posibilidad de utilizar mejor la capacidad del CMC, ya sea automatizado con una computadora o manualmente sin necesidad de computadora.

Por tanto, merece la pena que los jefes de equipo de prueba piensen con cuidado en la composición del equipo y reflejen una opción adicional de este tipo. No obstante, hay que tener cuidado: hay buenos técnicos que, sin embargo, encuentran desagradable usar una computadora. A menudo no les gusta admitirlo, pero son muy felices cuando tienen una alternativa simple que hace que su trabajo sea más fácil y por lo tanto vence su reticencia acumulada hacia las pruebas de protección.



Imagen 15: Prueba manual rápida con CMControl para tareas simples de prueba

5.2 Pruebas basadas en el sistema con RelaySimTest

En las pruebas automatizadas clásicas con OCC se comprueba el funcionamiento correcto de un relé de protección, utilizando los parámetros de protección establecidos en este relé. Esto a menudo se denomina "prueba de parámetros".

Sin embargo, ¿qué pasaría si los parámetros estuvieran equivocados? Ya sea porque estén calculados de forma incorrecta o incorrectamente ingresados o transferidos de una apartamenta típica a otra de la misma clase en el curso de la copia durante la prueba general de fábrica, sin realizar el ajuste final necesario para el alimentador de salida específico después. Esto sucede y no es infrecuente.

Por tanto, se ve que el dispositivo funciona correctamente con las "pruebas orientadas a parámetros". Sin embargo, en algunas circunstancias, puede estar completamente mal ajustado para un uso operativo real.

El software RelaySimTest [8] ofrece una excelente capacidad aquí, también automatizado, de probar no solo si la función de protección es correcta, sino también si los parámetros de protección son los adecuados para la aplicación en cuestión. En otras palabras, no solo ponen a prueba el relé, sino también a las personas que han calculado los parámetros de protección o los han "teclado" en el dispositivo de protección.

Las pruebas de este tipo se denominan "pruebas basadas en el sistema" y se basan en una simulación de línea eléctrica y de red, realizada con parámetros medidos de la red. A continuación, RelaySimTest se ejecuta automáticamente a través de una serie de condiciones de falla de libre elección y comprueba si en realidad el relé se dispara correctamente con sus ajustes actuales y no se dispara cuando no es necesario.

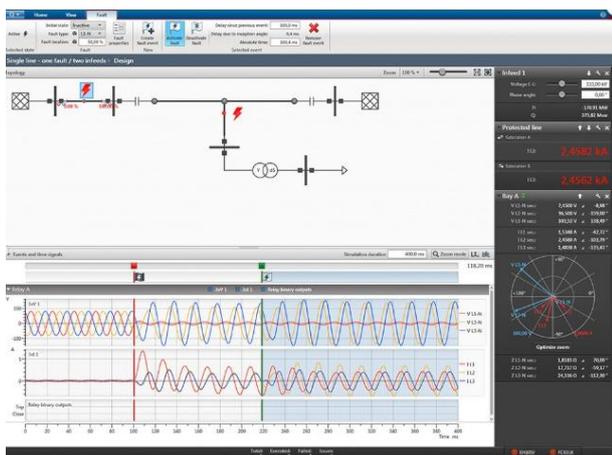


Imagen 16: Pruebas basadas en el sistema con RelaySimTest

5.3 Automatización OCC para pruebas de protección con la norma IEC 61850

Cualquier técnico de prueba que quiera saber todo sobre los equipos de protección y el comportamiento de la red, pero al mismo tiempo tenga que lidiar con las pruebas que utilizan las comunicaciones y las designaciones de datos en GOOSE o Sampled Values (SV), tendrá que esforzarse mucho. Sería aconsejable simplificar esta tarea todo lo posible mediante automatización, de modo que puedan concentrarse en los asuntos importantes. Por supuesto los relés pueden probarse con la norma IEC 61850 sin necesidad de utilizar OCC, pero luego cada vez que se encienda el equipo de prueba, las señales GOOSE y flujos SV tendrán que declararse de nuevo ("cableado digital", como el recableado del equipo de prueba en el pasado cuando alguien lo había desconectado y guardado durante la hora del almuerzo). El OCC es tan útil en el mundo de la

norma IEC 61850 como lo son los conectores combinados y los "conectores de prueba" para las pruebas tradicionales. El módulo GOOSE o SV se carga y los ajustes se ingresan una sola vez al comienzo de la secuencia del OCC, después de lo cual todo se realiza automáticamente cuando se reinicia la secuencia. Esto ahorra tiempo y evita errores innecesarios.

5.4 Gestión automática simple de los datos de prueba de protección con ADMO

Mucho se ha dicho hasta ahora acerca de la calidad y el potencial de ahorro de tiempo en relación con el proceso de prueba mismo y con la elaboración del informe de prueba.

Sin embargo, la gestión de los datos de prueba, los informes de prueba y la documentación asociada también ofrecen un amplio margen para la mejora de la calidad (esto a veces se exige y se comprueba en las auditorías de calidad de todos modos), el ahorro de tiempo, e incluso añaden un valor considerable en el campo de servicio, con el fin de generar nuevo negocio rentable.

Una gran cantidad de datos y archivos de prueba simplemente se archiva en algún lugar cuando se ha concluido un proyecto o se ha realizado una inspección de mantenimiento. Los datos importantes se dejan acumulando polvo en las carpetas de papel en alguna parte o terminan desapareciendo en las profundidades del Explorador de Windows, o peor aún, en una enorme base de datos de la compañía, donde se almacena todo tipo de cosas.

Por eso, cuando se necesitan todos los datos antiguos de una prueba (auditoría, examen de avería del relé en caso de disparo incorrecto o simplemente para un mantenimiento más regular), no se encuentra nada o lo que se encuentra es incompleto o bien hay que invertir mucho tiempo para volver a reunir todo.

ADMO ofrece una solución muy simple para esto: almacenar a la vez todos los datos y encontrarlos de nuevo inmediatamente. ADMO también permite la creación con facilidad de una visión general de un conjunto de relés o proyectos y la programación de los ciclos de mantenimiento, que ofrecen automáticamente recordatorios sobre cuándo y dónde hay que tomar la siguiente medición. Es considerable el potencial de las compañías eléctricas y también de las compañías de proyectos y de los proveedores de servicios. Especialmente en combinación con el OCC, la opción está disponible para las operaciones de mantenimiento periódico de comparar los resultados de las pruebas de un relé con los de pruebas anteriores y sacar conclusiones informadas para realizar cualquier cambio. Todo lo que se requiere es tener todos los datos antiguos disponibles con la secuencia de OCC precisa para ello, con el fin de comparar cosas similares ingresando exactamente el mismo tipo de datos. Los

certificados de calibración de los dos equipos de prueba (entonces y ahora) también pueden estar disponibles de forma que cualquier discrepancia en los resultados con el tiempo pueda atribuirse claramente a un cambio en el relé o su conexión con la periferia.



Imagen 17: Gestión de datos de prueba organizada con la solución de gestión de mantenimiento ADMO

6 Resumen

Debido a la creciente digitalización de los equipos de protección, los sistemas de control de procesos y la construcción de plantas, las demandas de pruebas son cada vez más diversas. Funciones que solían estar conectadas por cable, hoy se integran digitalmente. Por un lado, esto hace que las pruebas y las exigencias de los técnicos de prueba sean más complejas, mientras que, por otro lado, no paran de surgir nuevas posibilidades de aumentar la eficiencia de una prueba y al mismo tiempo reducir el tiempo de prueba.

Esto se refiere sobre todo a una estrategia de pruebas adecuada en la que se prueban sistemas completos casi en su totalidad por adelantado en una etapa temprana en fábrica. Se ve fomentado por el uso de buses de datos de fibra óptica en lugar de los cables de cobre clásicos.

En cambio, cada vez son mayores las posibilidades de llevar a cabo pruebas automatizadas eficientes y de ahorrar un valioso tiempo de pruebas, por ejemplo, con el OMICRON Control Center.

El caso práctico de un fabricante de dispositivos de protección, equipos de control de procesos y plantas completas, muestra cómo puede ser impresionantemente alto ese ahorro de tiempo. A pesar de que esto es solo una estimación aproximada respaldada por varias declaraciones de los clientes, queda claro que la inversión en equipos de prueba buenos y confiables automatizados no guarda relación con el inmenso ahorro en costos.

Las pruebas automatizadas y organizadas son valiosas, al igual que la inversión en capacitación y seminarios de educación continua para los técnicos de prueba, cuya competencia se convertirá en un

activo cada vez más importante para una compañía exitosa e innovadora.

Glosario de abreviaturas

ADMO – solución de gestión de mantenimiento de OMICRON
 AP – región de Asia y Pacífico
 CEU - región de Europa Central
 CMC - equipo de prueba secundaria de OMICRON
 CMControl – interfaz de usuario manual de OMICRON
 CMEngine - interfaz de automatización
 EA - Europa y África
 IED - Dispositivo electrónico inteligente
 FAT - Pruebas de aceptación en fábrica
 GOOSE – Generic Object Oriented Substation Event
 GPS - Sistema de posicionamiento global
 LA – región de Latinoamérica
 MÁX - escenario optimista
 MESA – región de Oriente Medio y el sur de Asia
 MÍN - escenario pesimista
 MEDIO - medio, escenario realista
 MU - Unidad de Fusión
 NA – región de Norteamérica
 OCC - OMICRON Control Center
 PTL - Protection Testing Library de OMICRON
 RelaySimTest - software para pruebas en el sistema
 SAT - pruebas de aceptación in situ
 SV – Sampled Values
 QVE – Ingeniería de Valor Calidad
 XRIO - eXtended Relay Interface by OMICRON

Referencias

- [1] Canaguier, T.; Derossi, Q.; Welfonder, T.: Cost-optimized Protection & Control System Testing and Commissioning Process, in Turnkey HV Substation Project Business. OMICRON International Protection Testing Symposium 2010; Salsburgo
- [2] Canaguier, T. ; Derossi, Q. ; Welfonder, T. : Kostenoptimierte Prüfung und Inbetriebnahme von und Schutz- Leittechnik in schlüsselfertigen Hochspannungsschaltanlagen-Projekten. OMICRON User Meeting 2011; Darmstadt
- [3] Welfonder, T.: Test der Auslösezonen von Distanzschutzrelais bei einpoligen Fehlern (Pruebas de zona de disparo para relés de distancia en caso de fallas monopolares). OMICRON User Conference 1999; Leipzig
- [4] Carvalheira, E.; Albert, M.; Janke, O.: PTL: A solid basis for building customized line protection standards. OMICRON International Protection Testing Symposium 2009; Viena

- [5] Fong, P.; Albert, M.: Efficient, Easy and Standardized Testing of Electromechanical Relays by Using a Library of Test Templates.OMICRON International Protection Testing Symposium 2010; Salsburgo
- [6] Albert, M.: Empfehlungen zur effizienten Prüfung des Q-U-Schutzes (Recomendaciones para las pruebas eficientes de la protección Q-U).OMICRON User Meeting 2011; Darmstadt
- [7] Pritchard, C.; Jotz, K.: Philosophie manueller und automatisierter Schutzprüfung (Filosofía de pruebas de protección manuales y automatizadas). Netzpraxis Jg 54 (2015). Vol. 7-8. Páginas 54-59.
- [8] Fink, F.: Von der Schutzparameterprüfung zur Schutzsystemprüfung (Paso de las pruebas de parámetros de protección hacia las pruebas de sistemas de protección). Netzpraxis Jg 55 (2016). Vol. 1-2. Páginas 18-23.
- [9] Sovonja, D.: Schutzgeräteverwaltung mit ADMO bei der TransnetBW GmbH – Effiziente datenhaltung in einem Prozessnetzwerk (Gestión de dispositivos de protección con ADMO en TransnetBW GmbH – Almacenamiento eficiente de datos en una red de proceso).OMICRON User Conference 2014; Bonn
- [10] Jaramillo, J.; Londoño, J.: Inteligencia que ahorra tiempo – Prueba de 5000 relés en una quinta parte del tiempo.OMICRON Magazine. Volumen 6. Número 1. 2015. Páginas 32-34

Acerca del autor



Till Welfonder, doctor en ingeniería eléctrica, nació en 1967 en Stuttgart, Alemania.. Obtuvo el grado en ingeniería eléctrica en la Universidad de Stuttgart en 1994. En 1995 se trasladó a Francia y obtuvo su doctorado en "Localización de fallas en redes de MT compensadas neutras en EDF" en 1998 en el Institut National Polytechnique de Grenoble. Comenzó su carrera como ingeniero de protección en 1998. De 2000 a 2007 fue responsable de la protección y la actividad de control de subestaciones de un fabricante internacional de subestaciones AT/MT llave en mano antes de convertirse en jefe de la división de media tensión en 2007. A finales de 2009 ingresó en OMICRON Francia como Area Sales Manager para Francia e Italia, con un enfoque específico en las pruebas de protección. Desde 2013, Till Welfonder es el OMICRON Regional Sales Manager para la región de Europa y África, incluyendo la coordinación de las tareas clave de gestión de cuentas para un pequeño número de grandes clientes internacionales seleccionados.

Palabras clave

Relé de protección, pruebas automatizadas, OCC, eficiencia, sector de proyectos, producción, prueba tipo, prueba de serie, prueba de fábrica, FAT, prueba in sitio, SAT, costos de hora-hombre, ahorro de tiempo, ingeniería de valor de calidad, QVE, costo total de propiedad, pruebas basadas en el sistema, gestión de datos, IEC 61850, educación continua, capacitación.