

Implementación de una herramienta de monitoreo online (HYDROCAL 1003) en los transformadores principales de la empresa termoeléctrica Lidio Ramón Pérez*

Yasmany Castañeda Cruz

Carrera: Ingeniería eléctrica

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: El trabajo mostró un nuevo sistema de monitoreo online de los transformadores principales 1 y 2 de alta tensión (AT) en la empresa termoeléctrica Lidio Ramón Pérez, en la localidad de Felton, provincia de Holguín, el cual permitió conocer en tiempo real, las condiciones de operación actual y el estado del sistema aislante de estos. Con la monitorización en tiempo real de los principales gases de defecto como hidrógeno, monóxido de carbono y la humedad en el aceite pueden llevarse a cabo mejoras de seguridad y rendimientos de estas máquinas. Teniendo en cuenta que estos transformadores son imprescindibles en el proceso de generación y transmisión de la energía eléctrica que entrega al Sistema Electroenergético Nacional la termoeléctrica de esta localidad, se hace necesario el análisis regular cromatográfico y el análisis periódico "off line" de la humedad en el aceite aislante.

Palabras clave: Transformador de potencia; herramienta informática.

* Trabajo tutorado por el Ing. Yetsy Silva Cala.

Recibido: 12 septiembre 2014 / Aceptado: 30 enero 2015.

Online monitoring tool HYDROCAL 1003 Implementation on main transformers at the power plant Lidio Ramón Pérez

Abstract: The investigation presents a new online monitoring system for high voltage main transformers 1 and 2 at the Power Plant Lidio Ramón Pérez in Felton, Holguin province. This system provides information about current operating conditions and the status of the insulating system in real time. With real-time monitoring of main default gases such as hydrogen (H₂), carbon monoxide (CO) and moisture contained in the oil, improvements to the safety and performance of this equipment can be carried out. Considering that these transformers are essential for power generation and transmission from this local power plant to the National Grid, it is required to complete the chromatographic standard analysis and the offline periodical analysis for the oil moisture content

Key words: power transformer, computers tool.

Introducción

El cambio de política de muchas empresas ha ejercido una considerable influencia en los apartados de mantenimiento y operación de sus máquinas eléctricas. Estas han visto en muchos casos reducidas las labores activas de mantenimiento consiguiendo reducir costos a corto plazo, pero generando un mayor riesgo de uso de las mismas a medio y largo plazo. Las condiciones de operación también han cambiado en el sentido de sacar el máximo partido a cada máquina funcionando las mismas a los máximos regímenes posibles y en ocasiones por encima de la nominal.

Este marco de trabajo tiende a envejecer prematuramente el parque de máquinas y si estas no son objeto de un mínimo programa de mantenimiento, que detecte situaciones de riesgo o de limitación de uso, la situación resultante conducirá a medio plazo a un irregular campo de maniobra (averías, paradas no programadas, interrupciones por suministro...) que actualmente son tan habituales y negativas ante el cliente final (Horning *et al.*, 2005).

El transformador de potencia es una máquina eléctrica diseñada alrededor de un ciclo de vida útil de unos 30 años. Esto no quiere decir que no se pueda continuar su explotación más allá de este tiempo, de hecho, gran parte del parque de operación eléctrica e industrial viene operando con máquinas fiables más allá de este límite. Es importante conocer el estado y evolución del transformador para estar en condiciones de poderlo operar con la máxima seguridad y saber si es apropiado continuar su uso, conocer la capacidad de sobrecarga, limitar la potencia, reacondicionarlo o en su caso, retirarlo del servicio activo (Taberner, 2005).

La empresa termoeléctrica Lidio Ramón Pérez, de la localidad de Felton, cuenta con dos transformadores elevadores de potencia principales 1 AT y 2 AT, cuya función esencial es elevar el voltaje de salida de los generadores de 15,7 Kv a $240,0 \text{ Kv} \pm 2 * 2,5 \%$ que es el voltaje nominal de distribución del Sistema Electroenergético Nacional.

La efectividad de los sistemas de diagnóstico, en tiempo real, depende de los modelos escogidos como básicos, los cuales están relacionados con los parámetros seleccionados como óptimos a sensar, por el sistema de adquisición de datos. Para realizar esta selección se parte de un análisis causa-efecto, la matriz de falla del transformador. Después, se toman las partes del transformador, donde la falla es

técnica y económicamente más catastrófica, teniendo en cuenta el grupo de fallas, que estadísticamente son más frecuentes en el transformador (Pérez *et al.*, 2002).

El análisis de los gases disueltos en aceite está reconocido como la herramienta más útil para la detección y diagnóstico precoz de las faltas incipientes en los transformadores. Estos sistemas de monitoreo en línea permiten conocer en tiempo real las condiciones de operación y el estado del sistema aislante de los transformadores principales. Con la monitorización en línea de los principales gases (hidrógeno, monóxido de carbono) y la humedad pueden llevarse a cabo mejoras de seguridad. Independientemente de que existe el análisis regular cromatográfico y el análisis periódico "off line" de la humedad en el aceite aislante, la monitorización en línea de los transformadores de potencia gana cada vez más importancia a nivel mundial.

Los transformadores de potencia 1AT y 2AT de la empresa termoeléctrica Lidio Ramón Pérez están sujetos a esfuerzos que deterioran su sistema de aislamiento. Las causas principales de degradación son: temperatura excesiva, presencia de oxígeno y humedad, que combinada con los esfuerzos eléctricos, aceleran el proceso de deterioro de estos. Sin embargo, en la actualidad no se detectan de forma oportuna, al no emplearse una herramienta de monitoreo en línea que permita diagnosticar el tipo de degradación de los transformadores en tiempo real. Por ello el objetivo del trabajo consiste en proponer la implementación de una herramienta de monitoreo en línea a transformadores de potencia (HYDROCAL 1003).

Transformadores principales 1AT y 2AT

Transformador principal de salida (1AT-01)

El transformador principal de salida de la unidad 1 es el encargado de elevar la tensión de 15,75 kV de salida del generador a 242 kV para su entrega al SEN. Este transformador es de fabricación checa, trifásico, de dos devanados y con enfriamiento por circulación forzada de aceite. El circuito magnético está integrado por cinco núcleos, de láminas orientadas para transformador, laminadas en frío, con aislamiento inorgánico, espesor de la lámina es de 3 mm. Los núcleos están conectados mediante juntas horizontales. Tanto los núcleos como las juntas están graduados y conectados entre sí por recubrimiento de 45°. El apriete perfecto de los núcleos y de las juntas

asegura la rigidez suficiente del circuito magnético. El circuito magnético está afianzado en el fondo de la parte inferior del tanque del transformador por medio de uniones con tornillos y formando un conjunto integrante con el tanque.

El enfriamiento del circuito magnético está asegurado por la circulación de aceite en los canales de enfriamiento y en su superficie. Las bobinas están enrolladas de conductores perfilados confeccionados de cobre electrolítico y provistos de aislamiento de papel. El enfriamiento de los devanados está realizado por la circulación forzada del aceite en los canales axiales y radiales.

En la dirección radial al eje la secuencia del devanado de cada fase es como sigue:

Devanado de 15,75 kV

Devanado de 242 kV

El devanado de 242 kV está provisto de derivaciones que están conectadas con el conmutador de derivaciones de operación en frío. Las bobinas individuales están establecidas y aseguradas contra fuerza de cortocircuito.

El transformador no es regulable bajo carga, posee seis motobombas para la recirculación forzada del aceite, 12 ventiladores para el enfriamiento del aceite, una caja auxiliar para el control de los ventiladores llamada RM1, posee dos tanques de compensación, cada uno con su nivel visual y los relés Buchholz del cuerpo del transformador y el del saco de caucho. A continuación, se relacionan los datos técnicos del 1AT- 01, y se muestra una vista de dicho transformador.

Agregados del transformador 1AT

B1- Termómetro de resistencia -medición de temperatura a distancia

B2- Termómetro de mercurio -indica localmente la temperatura del transformador y ordena el trabajo (automático) de los ventiladores

B3- Termómetro que alimenta la señalización de la temperatura máxima en el transformador (80 °C)

B4, B5- Relé buchholz situados entre el cuerpo y el tanque de dilatación del aceite

B6a, B6b- Relé buchholz para el control de la hermeticidad del saco

B7- B12- Indicadores de flujo de aceite -señalización e interrupción debido a pérdida del paso del aceite

M1-M6- Motores de las bombas de circulación del aceite

M7-M18- Motores de los ventiladores -enfriamiento

T1-T4- Transformadores de corriente -medición y protección.

Sistema de refrigeración del 1AT

El sistema de refrigeración se genera a partir de la circulación forzada de aceite en seis enfriadores de aire (radiadores) adosados directamente al tanque del transformador. Existen dos posibilidades de entrada en servicio (E/S) de la ventilación o sistema de enfriamiento, la primera siempre que se sincronice el 1SP al Sistema Electroenergético Nacional (SEN), o sea siempre que se conecten la FE2011(FE2041) o FE2012(FE2042) más la FE2015(FE2045) y el FE201(FE204). Las bombas del transformador, al alcanzar 40°, se activa la primera batería de ventiladores, la segunda entrará normalmente E/S al alcanzar 50°, esto sin tener en cuenta el camino de la sincronización. A cada radiador de aceite le pertenece una bomba y dos ventiladores en la tubería de aceite de los radiadores. En la descarga de las motobombas están instalados los indicadores de flujo B7 B12. El transformador no puede trabajar sin enfriamiento o sin circulación de aceite.

El aceite del transformador se encuentra dividido en dos para la contención del aceite, de cada parte del mismo se encuentran tres bombas para la circulación del aceite, si fallan tres bombas del mismo lado del transformador se activa la protección de pasaje del aceite y si pasados diez minutos no se resuelve la falla pone fuera de servicio (F/S) al transformador.

Las protecciones del transformador 1AT están ubicadas en los paneles 1HH01y 02 en el nivel 14,10 del edificio de mando térmico, instaladas en módulos de protecciones SIEMENS, los cuales poseen en su parte frontal unos LED que señalizan la acción de cada protección que dispara, la señal sale también en los PC de OGX . Las protecciones que solo envían señal, tales como Buchholz 10, alta temperatura en el transformador, pérdida de hermeticidad del saco de caucho de los tanques de compensación, se reflejan solamente en las computadoras de OGX. Se muestra a continuación el sistema de refrigeración del transformador real instalado en la empresa.

Transformador principal de salida (2AT-01)

Es el transformador principal de salida de la unidad 2 encargado de elevar la tensión de 15,75 kV de salida del generador a 242 kV, para su entrega al SEN. El transformador modelo TDU250000/220 - 82T1 de fabricación rusa, trifásico, de dos devanados, con enfriamiento por circulación forzada de aceite y ventilación forzada mediante nueve enfriadores, no es regulable bajo carga y está destinado para operación a la intemperie. El núcleo magnético es de tipo columna, compuesto por barras verticales de culatas laterales y extrémales, formado por placas individuales de acero electrotécnico con una superficie aislante, el prensado de las barras y las culatas verticales se realiza con cinta de vidrio, las culatas horizontales están prensadas con espárragos de acero. Los árboles de las culatas superiores e inferiores están unidos a través de las placas verticales de las barras del núcleo. Los árboles de las culatas poseen suficiente rigidez y permiten realizar el prensado de los devanados, el aseguramiento de las salidas y la elevación de las partes activas. En las barras del núcleo se colocan concéntricamente los devanados de baja y alta tensión (AT). Para el enfriamiento del núcleo y las partes internas de los devanados están previstos los canales que se encuentran en las barras y culatas.

Las bobinas están enrolladas de conductores perfilados confeccionados de cobre electrolítico y provisto de aislamiento de papel.

Este transformador no posee igual potencia que el transformador original de este bloque, por lo que durante su explotación es preciso tener en cuenta algunas medidas extraordinarias, debido a que los limitadores del sistema de excitación no han sido regulados para los valores correspondientes a este transformador. Los datos técnicos nominales del mismo se relacionan a continuación y una vista del mismo instalado en la termoeléctrica.

Agregados del transformador 2AT

Transformadores de corriente

Termómetros

Tanque de compensación con indicador de nivel

Filtro de Silicagel

Filtros termofónicos

Bushing del lado de alta con sus manómetros.

Paneles eléctricos.

Sistema de refrigeración del 2AT-01

Posee nueve radiadores, cada uno constituye una unidad de refrigeración independiente, integrada por una motobomba, dos ventiladores, el radiador, un filtro para las impurezas mecánicas y un manómetro que indica la operación de la motobomba. Ante la parada total del sistema de refrigeración el transformador puede mantenerse en operación durante 10 min, si está en carga nominal. Si está energizado en vacío al ocurrir esta falla puede mantenerse E/S durante 30 min. Pasado este tiempo hay que sacar F/S al transformador. Si en ambos casos la temperatura no alcanza los 80 °C, entonces el transformador puede mantenerse E/S hasta una hora, llegado este tiempo si no se ha resuelto el problema de la refrigeración el fabricante recomienda poner F/S el equipo.

Causas principales de la formación de gases

Las dos causas principales en la formación de gases dentro de un transformador en operación son las alteraciones térmicas y eléctricas. Las pérdidas Joule en los bobinados y conductores causados por la carga producen gases debido a la descomposición térmica del aceite y de la aislación sólida. También se producen gases por la descomposición térmica del aceite y la aislación cuando se producen arcos de alta energía y generalmente por bombardeo iónico (descargas de muy baja energía y sin calor asociado) debido a descargas parciales o corona en el aceite.

Los gases generados se encuentran disueltos en el aceite, o como burbujas en las trampas de aire que pueda presentar un mal diseño de la cuba y principalmente la tapa del mismo, o en los sistemas de colección de gases que posea. La detección de una condición anormal de funcionamiento depende, además de la evaluación de la cantidad de gases combustibles disueltos presente, de la velocidad de crecimiento en el tiempo de los mismos.

Casos típicos y más frecuentes de los gases originados por fallas:

-Descomposición térmica del aceite

Los subproductos de descomposición térmica del aceite involucran al etileno (C_2H_4), como gas principal, acompañado por metano (CH_4) y etano (C_2H_6), en menor proporción, e hidrógeno (H_2) en muy pequeñas cantidades. Trazas de acetileno pueden también encontrarse si la falla es severa o involucra contactos eléctricos.

-Descomposición térmica de la celulosa

Descomposición de materiales aislantes sólidos provocan grandes cantidades de monóxido de carbono (CO). Si la falla involucra estructuras aislantes impregnadas, pueden aparecer pequeñas trazas de hidrocarburos tales como metano y etileno.

-Corona en aceite

Las descargas de baja energía, como las descargas parciales o corona en aceite, producen principalmente hidrógeno como gas principal y metano con pequeñas cantidades de etano y etileno.

-Arcos en aceite

Descargas continuas en el aceite entre conexiones defectuosas o a partes metálicas a potencial flotante. Grandes cantidades de hidrógeno y acetileno (C_2H_2) son producidos en este tipo de descargas. Pequeñas cantidades de metano, etano y etileno acompañan a los gases principales.

Descripción de la herramienta de monitoreo HIDROCAL 1003

HIDROCAL 1003 es una herramienta para los análisis de los gases y la humedad disueltos en el aceite de los transformadores de potencia. Con la monitorización en línea de los principales gases, de defecto como hidrógeno, monóxido de carbono y la humedad pueden llevarse a cabo mejoras de seguridad.

La Figura 1 muestra una vista del menú principal Firmware del sensor, citando las diferentes opciones de este, como se describe a continuación:

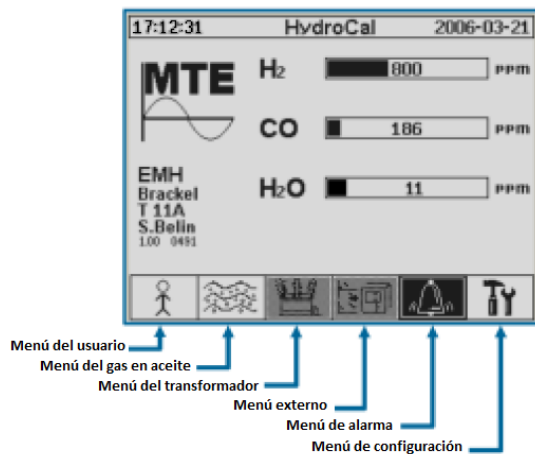


Figura 1. Menú principal Firmware del sensor.

Menú del usuario

Datos administrativos del transformador

Datos administrativos del cliente/lugar

Menú externo

Medida de tensión y corriente

Medida más baja y más alta del aceite

Medida de la humedad de la temperatura

Menú del gas en aceite

Diagrama H₂ y CO

Tabla de resultados H₂ y CO

Menú de alarma

Tabla de reportes

Reconocimiento de alarmas

Menú del transformador

Tarifa de envejecimiento

Temperatura del punto caliente

Fallo

Menú de configuración

Ajuste del nivel de alarma

Ajuste de comunicación

Instalación de los ajustes del transformador

Tabla 1. Datos técnicos de los transformadores de potencia HYDRICAL 2003

Cantidades medidas	Rangos de medida	Precisión de medida
Hidrógeno H ₂	0 ppm ... 2.000 ppm	± 15 % del valor medido ± 25 ppm
Monóxido de carbono CO	0 ppm ... 2.000 ppm	± 20 % del valor medido ± 25 ppm (en relación a la temp del aceite a + 55°C)
Humedad en aceite H ₂ O	Relativo 0 %...100 % Absolut 0 ppm...100 pm	± 3 % del valor medido ±3 ppm
Temperatura de operación	Temp del aceite Temp ambiente Coeficiente Temp	-20°C ... +90°C -20°C ... +55°C 1 % / K
Salidas	salidas analógicas: 1 x salidas analógicas: 12 x salidas digitales	0/4..20 mA(H ₂ concentración) 0/4...20 mA(CO concentración) 0/4..20 mA(H ₂ O concentración) 0/4...20 mA (programable) 4 x 12 V salidas de rele Valores máximos de conmutación: 220 V DC, 220 V AC, 2 A, 60 W 8 x salidas opto-coupler
Entradas	entradas analógicas:	0/4 ... 20 mA 0/4 ... 20 mA / 0 ... 10 V
Gas en aceite	3 x sensores de gas internos (sistema redundante)	2 x H ₂ , 1 x CO

Unidad de medición del HYDROCAL 1003

La unidad de medición del HYDROCAL 1003, mostrada en la Figura 2, es el corazón de la herramienta. Aquí se encuentran los sensores para las lecturas de los gases y la humedad en aceite. A continuación detallamos las conexiones que se establecen entre las partes de que consta y su respectiva unidad de medición:

1-Engrase de la unidad con el hilo de conexión, tornillo de aeración y humedad en el aceite, los sensores de temperatura de aceite

2-Unidad del gas con el plato de protección de la membrana, membrana del teflón y plato de metal.

3- La unidad del sensor con el sensor de gas, la tabla electrónica dentro de H₂ y sensores de CO.

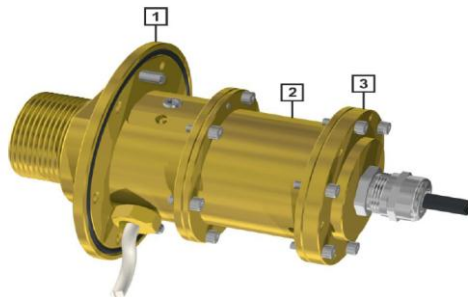


Figura 2. Unidad de medición del HYDROCAL 1003.

Herramienta de servicio del HYDROCAL 1003

La herramienta de servicio del HYDROCAL (HCalServTool.exe) es un software auxiliar para el sistema de monitoreo del contenido de gas y humedad en el aceite del transformador. Puede ser usado para:

- Actualizar el firmware y realizar la parametrización del equipo HYDROCAL 100x.
- La lectura de los datos de servicio, o sea los datos de configuración, de parametrización y de diagnóstico de un equipo HYDROCAL 100x.

Requisitos previos

Para utilizar la herramienta de servicio del HYDROCAL deben cumplirse los siguientes requisitos de hardware y de software:

- Una computadora personal (PC) con sistema operativo Microsoft Windows como Windows 98SE, Windows 2000, XP, Vista o Windows 7.
- Un puerto de comunicación RS232 (el RS232 interno o un dispositivo USB RS232).
- Opcional: Una interfaz de internet.
- Observación: Un puerto virtual COM por conexión módem no puede ser utilizado.

Instalación en los transformadores

El sistema de refrigeración de los transformadores se realiza mediante la circulación forzada de aceite. El sensor del HYDROCAL 1003 debe estar montado en la posición donde ocurra la circulación de retorno del sistema de refrigeración. Para el caso del

transformador 2AT fue necesaria la fabricación de una brida para su posterior conexión con el equipo. La Figura 3 muestra algunas posiciones donde debe estar instalado el sensor para un buen funcionamiento.

Las posiciones 2 y 3 son para los transformadores sin el sistema refrescante activo. La posición 1 es la indicada en el lado de presión de salida del sistema refrescante para el transformador con el sistema refrescante activo. El transformador que aparece en la Figura 3 no es como los que se utilizan en la empresa, sino que fue el idóneo para mostrar las posiciones adecuadas en la instalación del HYDROCAL 1003.

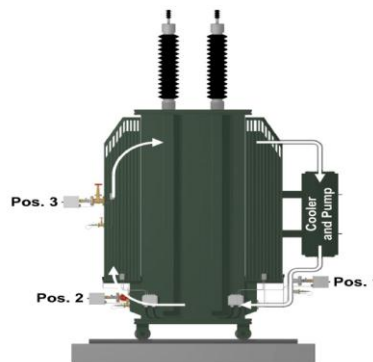


Figura 3. Posición de la instalación del HYDROCAL 1003 en el transformador.

Prueba de ensayo

Las lecturas tomadas fueron realizadas a principio del mes de junio y los valores correspondientes los muestra la Tabla 2. La variación de los resultados obtenidos se debe a que existe una diferencia de cinco meses entre las dos pruebas de ensayo.

Tabla 2. Resultados de las pruebas de ensayo

Gases y humedad (U/M)	Transformador 1AT	Transformador 2AT
CO (ppm)	759	805
H ₂ (ppm)	45	9
H ₂ O (ppm)	15	12

Los resultados son evaluados por las normas IEC 60599/99 e IEEE C57 104-1991 y se le da la condición de operación a los transformadores como se representa en la Tabla 3.

Tabla 3. Evaluación absoluta de gases

Estado	H ₂	CO	Acción
1	100	350	Condición saludable
2	100-700	350-570	Tendencia
3	700-1,800	570-1,400	Probabilidad de falla
4	> 1,800	> 1,400	Riesgo operacional

Para un mejor monitoreo y darle la condición de saludable a los transformadores se hace imprescindible que los resultados que muestre el HYDROCAL 1003 esté en el rango de medida siguiente:

Hidrógeno H₂..... 60-150 ppm

Monóxido de carbono CO..... 400-900 ppm

Humedad en el aceite H₂O..... 10 ppm

Mejoras en el funcionamiento de los transformadores 1AT y 2AT de la termoeléctrica Lidio Ramón Pérez

Como solución a los problemas fundamentales que presentan estos transformadores, en cuanto a la eficiencia y efectividad en el servicio de generación, se propone la instalación o implementación de este dispositivo o herramienta que permite una supervisión controlada y actualizada en tiempo real del estado técnico de estas máquinas. Se propone solamente esta variante que se puede decir que es de acomodo para la determinación o caracterización en cuanto a las pruebas que se realizan en la entidad para controlar o determinar la calidad del aceite, la humedad y los gases de dichos transformadores. Esta supervisión aumenta considerablemente la flexibilidad y confiabilidad de la generación de energía eléctrica. Para realizarla se tuvo en cuenta la necesidad de conocer a tiempo los resultados de estas pruebas que, de no ser así, se demoran, por no disponer en la empresa de los mecanismos o instalaciones que permiten realizar los estudios pertinentes en cada uno de los transformadores.

Implementación del HYDROCAL 1003

Teniendo en cuenta que este nuevo sistema de monitoreo en línea para transformadores de potencia solo se ha instalado en dos termoeléctricas: Camilo Cienfuegos y Máximo Gómez, se hace necesario contar con un documento que le permita al personal correspondiente conocer de manera detallada el funcionamiento y los pasos para la instalación de la herramienta de monitoreo para el análisis de gases y humedad en aceite.

Ventajas principales (HYDROCAL 1003)

- Análisis individual de los contenidos de los gases disueltos: hidrógeno y monóxido de carbono.
- Análisis de humedad (H₂O) disuelta en el aceite del transformador (valores de humedad relativa en % y humedad absoluta en ppm).
- Solución simple, ligera y fácil de montar (conexión a válvulas DIN o NPT así como conexión utilizando bridas).
- Instalación en el transformador en servicio sin interrupción de la alimentación.
- Software sofisticado orientado gráficamente (en el equipo o mediante el PC).
- Varias interfaces de comunicación (RS 232, RS 485, MODBUS, módem integrado GSM- y módem analógico).
- Intervalo de medición de veinte minutos.
- No precisa mantenimiento.

Comparación de los resultados obtenidos

Las Tablas 4 y 5 exponen los resultados de comparaciones, realizadas por los dos métodos a utilizar: la cromatografía de gases e implementación del HYDROCAL 1003. Hay que resaltar que en varias ocasiones, para conocer los resultados de las diferentes pruebas, se ha tenido que esperar hasta más de cuatro semanas.

Tabla 4. Comparación de los resultados (gases)

Método a utilizar	Exactitud en (%)	Tiempo de ensayo	Demora de los resultados
Cromatografía de gases	85	4 horas	3 semanas (aproximado)
HYDROCAL 1003	100	-----	20 minutos

Tabla 5. Comparación de los resultados (humedad)

Método a utilizar	Exactitud en (%)	Tiempo de ensayo	Demora de los resultados
Rigidez dieléctrica	85	3 horas	3 semanas (aproximado)
Sensores del HYDROCAL 1003	100	-----	20 minutos

Los datos obtenidos por el HYDROCAL son más eficientes y se obtienen en menor tiempo, debido a que es un equipo destinado a realizar estas pruebas de forma continua cada 20 min con una mayor exactitud, no como el caso de la cromatografía de gases y la rigidez dieléctrica que son pruebas que se hacen en la capital del país y los resultados demoran en llegar por problemas ajenos a la empresa. De esta forma, la prevención de fallas en estas máquinas (que a su vez son imprescindibles en la distribución de la energía eléctrica) es mayor.

Conclusiones

Se logra un aumento considerable de la gestión a la hora de conocer los resultados de los análisis fundamentales que se realizan en los transformadores elevadores de potencia de la ETE Lidio Ramón Pérez.

Se demuestra una correlación en cuanto a las ventajas que trae consigo la implementación de esta herramienta (HYDROCAL 1003).

El cálculo realizado para el ajuste y funcionamiento de este sistema de control y supervisión permite determinar en solo minutos, y no en semanas, resultados significativos que podrían traer como consecuencia interrupciones significativas en la generación de energía eléctrica en la CTE.

Se logró conocer el estado del sistema aislante y poder darle una condición a los transformadores 1AT Y 2AT.

Referencias bibliográficas

HORNING, M.; KELLY, J.; MYERS, S. & STEBBINS, R. 2005: *Guía para el mantenimiento del transformador*. 3 ed. Publisher S. D. Myers Incorporated Transformer Maintenance Institute – TMI.

PÉREZ, R.; RAMÍREZ, O. & FERNÁNDEZ, S. 2002: Métodos modernos de diagnóstico para grandes transformadores en tiempo real. *Energética XXIII*(1).

TABERNEO, A. 2005: Mantenimiento de los transformadores de potencia. Ensayos de campo. *Mantenimiento* 184, mayo. España.