



DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE SUBESTACIONES

METODOLOGIAS Y ESTRATEGIAS.

INTRODUCCIÓN

La metodología empleada para orientar a nuestros clientes en la toma de las mejores decisiones tendientes a mejorar la productividad y ciclo de vida de sus instalaciones de Transmisión y Distribución es la de hacer un diagnostico, el cual tiene por norma general el siguiente desarrollo:

Inspección visual e inventario del sistema.

Busca catalogar y relacionar la información que exista con respecto a los equipos y que es importante para su mantenimiento y conservaciones, por ejemplo: Marca, año de puesta en servicio, características técnicas, datos de puesta en servicio, historial de mantenimiento y operación, informe de inspección visual, archivo fotográfico, etc.

Una vez catalogada y digitaliza en un programa adecuado de gestión de manteniendo se procede a su análisis por parte de personal experto en el tema de modernización y mantenimiento de equipos.

En este punto ya es posible definir las siguientes acciones y conclusiones:

- Cuales equipos pueden ser modernizados con un razonable retorno de la inversión.
- Cuales equipos requieren ser cambiados.
- Cuales equipos requieren de pruebas especiales para determinar su condición actual y las acciones a seguir.
- Cuales equipos deben cambiar su rutina de mantenimiento por una mas adecuada que garantice la mejorara de su confiabilidad y disponibilidad.
- Cuales equipos no cumplen con las normas vigentes a la fecha o con las condiciones de operación del sistema actual y futura; según sea la ventana de tiempo del fabricante.

Automatización e Ingeniería Andina SAS



- Cuales equipos están en óptimas condiciones según resultados históricos de mantenimiento y análisis de los resultados.
- Cuales rutinas de mantenimiento son adecuadas y deben seguirse haciendo.

Es importante resaltar que esta fase del diagnostico es vital porque define las políticas y estrategias a seguir por la compañía para mejorar el rendimiento de la explotación de sus activos, de ahí la importancia que el personal involucrado para hacer estos trabajos sea de gran experiencia comprobada en el tema.

FILOSOFÍA DEL DIAGNOSTICO DE SUBESTACIONES.

A continuación se explican las principales pruebas necesarias para el diagnostico de los equipos de subestaciones y se hace una clasificación de acuerdo con la necesidad de sacar al equipo de línea y la complejidad de la prueba.

Tipo 1

Son todos los diagnósticos y medidas que se pueden realizar en la subestación con el equipo en operación y pueden ser: Análisis infrarrojo, Inspección visual, medida de puesta a tierra, análisis de aceites, inspección de infraestructura, pruebas a los bancos de baterías y cargador, etc.

Tipo 2:

Se requiere sacar el equipo de operación durante un período por lo general corto y comprende las siguientes pruebas: Pruebas eléctricas, medidas de resistencia estática y dinámica de contacto, Resistencias de aislamiento, etc.

Tipo 3:

Son análisis de taller o de laboratorios orientados a resolver problemas específicos y por lo general se efectúan en la fábrica o laboratorios especializados y en ciertos casos es necesario sacar de línea a los equipos objeto del análisis de operación por un periodo prolongado de tiempo; son por ejemplo: Revisión de los núcleos de los transformadores, análisis del papel de los transformadores (Fulvaldeidos), análisis de materiales etc.

DIAGNOSTICO DE EQUIPOS

A continuación se enumera de manera detallada los procedimientos y pruebas a los que se deben someter los diferentes equipos con el fin de determinar su estado real de confiabilidad y disponibilidad.

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE INTERRUPTORES.

Introducción.

Cuando surge una falla, es necesario cortar la corriente con rapidez y seguridad para reducir los daños al mínimo. Si no se dispara el interruptor, la corriente puede causar serios daños., además, será necesario desconectar una parte innecesariamente grande de la red para poder corregir la falla.

El interruptor es el eslabón activo de la cadena de protección y como la función del interruptor no está duplicada, es aún más importante que funcione. a pesar de que los interruptores son relativamente fiables, pueden surgir fallos, por ello es necesario mantenerlos y comprobar su estado.

Automatización e Ingeniería Andina SAS



Durante su vida de servicio, de 20 a 40 años, el interruptor ha de estar continuamente dispuesto para desempeñar su tarea, con frecuencia después de un largo período de inactividad mecánica.

Son muchas las razones por las que se deben comprobar y mantener los interruptores. La fricción y el desgaste pueden afectar el funcionamiento de las partes móviles. Las válvulas y las juntas para los medios de cierre, accionamiento y amortiguación pueden tener fugas. Pueden surgir fallos en los circuitos eléctricos de control y se pueden estropear las superficies de contacto de los circuitos eléctricos, con riesgo de calentamiento.

Estrategias de diagnóstico y mantenimiento de interruptores.

El mantenimiento correctivo como estrategia significa que se adoptan medidas una vez surgido el fallo en el interruptor. No brinda la seguridad de suministro de electricidad que el usuario tiene derecho a esperar. Los beneficios a corto plazo, en forma de ahorro de mantenimiento, se ven neutralizados rápidamente por los costos de un fallo.

El diagnóstico es la estrategia que más se usa e incluye inspección, comprobación y revisión.

En el mantenimiento periódico, se deciden unas cuantas medidas que deberán efectuarse en momentos predeterminados, independientemente de las condiciones de operación de los interruptores. La aplicación demasiado estricta puede dar lugar a acciones innecesarias desmontajes de un interruptor sin fallo y no aumenta la fiabilidad pero sí se traduce en costos innecesarios.

El mantenimiento adaptado a la condición del equipo es la mejor práctica. Se averigua el estado de los interruptores mediante ensayos e inspección.

Complementado con estadística y la experiencia acumulada, se deja que esto dirija la planificación de las medidas de mantenimiento para el interruptor individual. La necesidad de comprobación del interruptor no depende tanto del tiempo como de los esfuerzos a los que se ve sometido, es decir, de la frecuencia con que trabaja y del entorno. El mantenimiento adaptado a las condiciones proporciona buenas posibilidades de aumentar la fiabilidad y reducir los costos, pero requiere buenos métodos de diagnóstico.

Muchos interruptores tienen una vida de servicio más larga de la esperada. Si se puede establecer que el interruptor se encuentra en buenas condiciones, podrá usarse el interruptor durante otra temporada, en vez de reemplazarlo. Esta decisión requiere también buenas posibilidades de diagnóstico.

Ensayos de interruptores y sus protecciones.

Antes de entregar un interruptor nuevo, el fabricante lo comprueba y cuando se pone en servicio, se comprueba de nuevo. Seguidamente, será inspeccionado y comprobado en distintas ocasiones. Normalmente, habrá que retirar el interruptor del servicio para efectuar la prueba.

Ejemplos de medidas normales son los tiempos de cierre y apertura del interruptor, la resistencia de transición de los contactos principales y la simultaneidad de los contactos. También se mide el movimiento y la velocidad de los contactos. Además, se controla



que los imanes y los bloqueos funcionan correctamente, midiendo la tensión de control más baja del interruptor y controlando la forma de la curva de la corriente de control.

Los valores medidos se comparan con los valores límite del fabricante y los valores que uno mismo ha obtenido mediante la experiencia. Con frecuencia se toma una "huella dactilar" en forma de medidas en el interruptor cuando está nuevo y se compara más tarde las medidas con esta información. Las modificaciones con respecto a esta huella dactilar son una indicación fiable de que se han modificado las condiciones del interruptor y nos muestran las acciones a realizar.

Con respecto al medio de interrupción del arco, si se trata de SF₆ se verificara la presión y humedad del mismo y si se trata de aceite se harán análisis fisicoquímico al mismo, para el caso del vacío se realiza una prueba de corrientes de fuga que descarta la botella o le da el visto bueno según su valor.

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE RELES DE PROTECCIÓN

Con el aumento de la potencia y el tamaño de las redes, también aumenta la necesidad de desconexión rápida y segura en caso de fallo. El objeto del relé de protección es detectar un estado de fallo y disparar el interruptor. Si no se desconecta el fallo, pueden producirse serios daños.

La desconexión deberá hacerse selectivamente, es decir, que sólo deberá desconectarse la parte de la red donde se encuentra el fallo. También es importante que los relés de protección puedan distinguir entre los casos de funcionamiento correcto e incorrecto.

Se deben evitar las interrupciones injustificadas. Por ello, la protección no deberá reaccionar ante magnitudes inferiores a un cierto nivel.

Principios diagnostico y mantenimiento de relés.

Como los sistemas de protección de redes eléctrica vigilan activos valiosos, los relés de protección constituyen un importante eslabón y han de ser fiables y se deben comprobarse regularmente.

En estos ensayos se comprueba que la protección funciona entre los límites establecidos. Usando un equipo de comprobación se alimenta la protección con magnitudes de ensayo que corresponden a distintos casos de fallos y de operación. Se buscan los límites de disparo modificando progresivamente las magnitudes al puesto en servicio. La desconexión rápida y selectiva exige también que sea correcto el tiempo de funcionamiento de la protección. Este se mide alimentando magnitudes de ensayo que exceden el límite funcional, al mismo tiempo que se cronometra el tiempo necesario para que se dispare la protección.

Hay dos principios básicos para la comprobación de relés de protección:

Comprobación del primario.

Se inyecta una alta intensidad en el lado primario del transformador de corriente. En el ensayo se incluye toda la cadena de transformador de intensidad, cableado, puntos de conexión, relés de protección y a veces incluso los interruptores. La instalación tiene que estar fuera de servicio durante la comprobación primaria, que se hace principalmente antes de la puesta en servicio permite comprobar toda la cadena de operación..



Comprobación del secundario.

Se desconecta la protección de los transformadores de medición y del interruptor. La intensidad se alimenta directamente al relé de protección y no es necesario interrumpir la operación de la instalación si existen protecciones de respaldo.

Si se va a ensayar la curva o las características del relé en muchos puntos, el ajuste manual del equipo de comprobación toma mucho tiempo. Con un equipo de ensayo que realiza la prueba automáticamente, según un plan previamente establecido, se puede efectuar la comprobación con gran facilidad y rapidez. El tiempo en que la protección no está en servicio será mínimo y los ensayos se efectuarán uniformemente de una vez a otra.

Simulación de perturbaciones.

A veces se somete la protección a casos de operación reales que no están incluidos en la prueba tipo. Puede tratarse de distorsión, transitorias, desarrollo de un fallo registrado, etc. Entonces se puede comprobar el funcionamiento con un equipo de ensayo que tenga amplificadores conectados a sus salidas y sistema que generen o reproduzcan información almacenada procedente del medio magnético o una curva o tabla de perturbaciones. De esta manera, se pueden generar prácticamente todas las formas de curvas y ciclos de transitorias imaginables.

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

Es necesario tener un relé de protección conectado al núcleo correcto en el transformador de intensidad. Esto se controla trazando una curva de magnetización. En la conexión del relé con el transformador de intensidad se alimenta una intensidad alterna. Esta se incrementa hasta que el transformador de intensidad alcance la saturación. Se traza un gráfico de la tensión en función de la intensidad. El codo de la curva indica saturación.

Como el punto de codo es mucho más alto para el núcleo del relé que para el núcleo de medición, se puede ver si el relé está conectado al núcleo correcto y si la saturación no está bloqueando al relé.

Los transformadores de intensidad deben tener la relación correcta. Esto se comprueba inyectando una intensidad alta en el lado primario, al mismo tiempo que se mide la intensidad en el bobinado secundario.

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE BATERÍAS

En muchas ocasiones se emplean sistemas de baterías como reserva en caso de interrupción del suministro de energía eléctrica. Puede tratarse de equipos importantes tales como relés de protección, interruptores y equipos de supervisión, que necesitan fuerza de reserva para poder funcionar en caso de problemas en la red.

Las centrales eléctricas tienen varios sistemas diferentes de baterías. Uno de los más importantes es el que alimenta la bomba de engrase para los cojinetes del generador.

Las centrales telefónicas necesitan fuerza de reserva.

Los sistemas de computadoras dependen en sumo grado de la fuerza de reserva. Una interrupción del suministro de energía puede causar la pérdida de grandes cantidades de



datos o producción, causar accidentes con enormes costos como consecuencia.

Estrategia de diagnostico y mantenimiento de baterías.

Un sistema de baterías necesita inspección y comprobación periódica. Pueden surgir fallas mucho antes de alcanzar el final de la vida de servicio esperada, la experiencia muestra que esto se aplica a todo tipo de sistemas de baterías.

Hay varias normas aplicables al mantenimiento de los sistemas de baterías, por ejemplo, IEEE 450 e IEEE 1188.

Son varias las razones por las que se debe hacer el diagnostico general del sistema de baterías (ver también IEEE 450), las mas importantes son:

El ajuste del cargador de baterías, la carga incorrecta reduce la duración de la batería. Las tensiones de las celdas pueden ser tan diferentes entre sí que se necesita una carga de nivelación.

Puede haber corrosión en bornes, conexiones internas, Fugas, Temperatura ambiental agresiva, y alguna otra anomalía.

Normalmente, se efectúa el diagnostico mensual, trimestral o anualmente. En el diagnostico general, la batería debe estar conectada normalmente, es decir, que el cargador alimenta y mantiene la carga en la batería.

En el diagnostico en general, se miden toda una serie de parámetros tales como: Temperatura ambiental, tensión total de polos, intensidad y tensión de salida del cargador, tensión de las celdas, densidad del electrolito, temperatura del electrolito, consumo de agua y resistencia en las conexiones.

Capacidad de las baterías.

Un sistema de baterías debe suministrar intensidad durante un cierto tiempo sin que la tensión de los polos descienda al valor mínimo. El producto de una intensidad por el tiempo (Ah) se denomina la capacidad. El fabricante indica el valor de la capacidad nominal de la batería. Las baterías nuevas tienen que estar en operación durante un cierto tiempo para dar su capacidad máxima.

A medida que envejecen las baterías, desciende la capacidad; entonces la batería no puede suministrar la intensidad especificada durante tan largo tiempo. En condiciones favorables, la vida de servicio de una batería puede llegar hasta los 20 años, pero hay muchas que duran bastante menos.

Midiendo la capacidad actual, se puede determinar si es hora de cambiar el sistema de baterías o si se puede seguir usando durante más tiempo. Se puede ahorrar mucho dinero averiguando el momento correcto de reemplazo para cada batería.

El envejecimiento de una batería aumenta progresivamente con el tiempo. Por ello, es importante medir regularmente la capacidad.

Ensayos de capacidad.

El método más seguro y mejor establecido para determinar la capacidad de un sistema de baterías es efectuando el ensayo de descarga.

El sistema de baterías deberá estar bien cargado antes del ensayo, lo cual se efectúa descargando la batería con una intensidad constante indicada por el fabricante. Esto



continúa hasta que la tensión de la batería haya alcanzado un nivel equivalente al de una batería descargada.

El tiempo necesario para alcanzar esta tensión mínima multiplicado por la intensidad nos da la capacidad actual. A intervalos regulares, se mide la tensión de las celdas. La medida de la tensión de las celdas al final del ensayo tiene especial importancia para revelar las celdas débiles, las cuales en la mayor parte de los casos deben ser reemplazadas.

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE AISLAMIENTO.

Es uno de los puntos más críticos a tener en cuenta dado que cuando se presenta una falla del aislamiento esta suele ser por lo general fatal para los equipos y a veces para las personas y afectan gravemente la disponibilidad de la subestación.

Cuando se mira el aislamiento de los equipos se deben diferenciar el tipo de problema que se quiere diagnosticar y estos pueden ser: Fallas plenas del aislamiento, corrientes de fuga altas que pueden terminar en rupturas del aislamiento o fallas internas del material que producen descargas parciales que con seguridad de no ser corregidas a tiempo terminarían por romper el aislamiento definitivamente.

Estrategia de diagnostico y mantenimiento y ensayos de aislamiento.

Corrientemente se efectúa una prueba de megger a todos los equipos con el fin de detectar fallas francas del aislamiento. Para el caso de los transformadores de corriente y voltaje se puede realizar adicionalmente una prueba de tangente delta con el fin de examinar las corrientes de fuga si hay dudas con la prueba de megger, y para todos los equipos con mas de 10 años de servicio es recomendable hacer una prueba de descargas parciales con el fin de detectar daños internos del aislamiento que suelen producirse con el paso de los años.

La descarga parcial es un método particularmente interesante para descubrir daños internos del material, ya que detecta fallas potenciales e inicialmente se basa en la aplicación de un impulso de voltaje de alta frecuencia y la medición de la corriente con el fin de detectar caídas transitorias de esta o transferencias de carga transitoria, lo cual evidencia la presencia de descargas parciales en el objeto de pruebas, con el inconveniente de sacar el equipo de línea.

En la actualidad esta prueba se puede hacer con la técnica ultrasónica sin sacar el equipo de línea, lo que permite hacer la prueba periódicamente (No más de seis meses dada la potencialidad destructiva de la falla de este parámetro)

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

El diagnostico del sistema de puesta a tierra de las subestaciones eléctricas básicamente requiere de múltiples medidas del sistema de puesta a tierra y busca idealmente llevar este valor a ser menor a igual a un valor en Ω . que depende del tipo de instalación. Con el fin de tener una fuente de drenaje para las sobre tensiones y de esta manera proteger los equipos.

También la resistividad del terreno debe ser tal que cuando se produzcan fallas del sistema, los voltajes de paso no tengan valores mortales para las personas.

Dado que llegar a una solución óptima suele ser complejo en algunos casos se requiere un diseño detallado de, excavaciones, instalación de electrodos de cobre sólido,



aplicación de soldaduras exotérmicas, aplicación de suelo artificial, interconexión con la malla existente y conexión de estructuras, esto amerita un riguroso estudio de todos estos tópicos y requiere de toda la información actual del sistema de puesta a tierra.

Ensayos del sistema de puesta a tierra.

Por lo general se realiza la medición de la resistencia y la resistividad y equipotencialidad de puesta a tierra de acuerdo la norma IEEE-80.

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

El transformador de potencia es uno de los elementos de la subestación que no son de fácil reemplazo y su desempeño representan la función más importante de la subestación; por lo tanto ameritan un riguroso diagnostico dado que en caso de falla puede afectar gravemente la disponibilidad.

En esta actividad se deben verificar el correcto funcionamiento de: aislamientos sólidos y líquidos, sistema de enfriamiento, cambiador de tomas, estado de los contactos de potencia, empaques etc. Y se utilizan técnicas de análisis tales como: Descargas parciales, análisis fisicoquímico y Cromatografía de gases disueltos en el aceite, inspecciones visuales, Pruebas eléctricas, Pruebas de aislamiento, Inspecciones ultrasónicas, Pruebas de protecciones y uno de los recursos más importante que es la experiencia.

Ensayos e inspecciones.

Se efectúa diagnóstico visual con el fin de detectar fugas de aceite existentes, verificación del estado de la pintura de los equipos, evaluación mecánica de los elementos metal mecánicos del transformador (Cuba principal, tanque conservador, radiadores, ruedas, soportes, etc.).

Diagnóstico y pruebas del estado de los accesorios de protección, control y del sistema de cableado de los transformadores (Gabinete de control, Termómetros, Válvulas, Relés, Niveles, etc.), verificación de las conexiones a tierra de los transformadores

Diagnostico de aislamientos de aceites minerales por medio de análisis fisicoquímico de: humedad, gravedad específica, color, tensión interfacial, rigidez dieléctrica, índice de neutralización. Cromatografía de gases disueltos en el aceite con el fin de determinar la presencia de: Hidrogeno, Oxigeno, Nitrógeno, Metano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Etileno, Etano, Acetileno y Propano.

Verificación de los aislamientos sólidos mediante pruebas de: Megueo y , factor de Potencia en casos de duda de la medición de meguer.

Verificación de la condición de operación del equipo mediante pruebas de: Relación de transformación (TTR), Verificación de las características de funcionalidad de los accesorios de control y protección.

DIAGNOSTICO Y MANTENIMIENTO DE CABLES, BARRAGES ESTRUCTURAS Y OTROS

Se efectuara diagnósticos a estas componentes mediante inspección visual y termografía y ultrasonido con el fin de detectar deformaciones, fallas de aislamiento o puntos calientes que con seguridad representan amenazas potenciales a la disponibilidad y seguridad de la subestación.



Vale la pena destacar que tanto los equipos como la totalidad de la subestación también serán diagnosticados con respecto a la seguridad del personal, la ecología y el cumplimiento de normas (CREG, RETIE) e ISO14000.

El análisis termografico y ultrasónico se realiza mediante inspección del operario que lleva las cámaras por toda la instalación, estas permiten detectar puntos calientes o fallas de aislamiento. Esta información capturada en campo se lleva la computadora en donde es analizada y genera un informe en el que se incorporan los análisis espectrales por medio de colores o curvas de sonido.

En el reporte generado se anexan las fotografías y termogramas a color, lo cual permite identificar el objeto en cuestión y su nivel de temperatura en el caso del ultrasonido el nivel de DB y las curvas de ultrasónicas resultantes.

ACTIVIDADES Y PRUEBAS ESPECIALIZADS A RELIZAR EN LOS EQUIPOS Y LAS SUBESTACION.

Las siguientes son las actividades más importantes a realizar a cada uno de los principales equipos de las subestaciones de transmisión y distribución de energía lo mismo que en baja tensión.

INTERRUPTORES DE POTENCIA

Con el objeto de poder diagnosticar el correcto funcionamiento de los interruptores en lo referente a condiciones eléctricas y mecánicas, se realizarán las siguientes pruebas:

- Verificación de las operaciones de cierre y apertura en mandos local y remoto. (Nivel 2)
- Verificación de la operación de las bobinas de cierre y apertura. (Nivel 2)
- Medición de los Voltajes de operación de las bobinas de apertura y cierre. (Nivel 2)
- Medición de la resistencia de aislamiento del interruptor con megger. (Nivel 2)
- Medición de los tiempos de operación del interruptor a la apertura y al cierre. (Nivel 2) (Opcional)
- Comprobación de la simultaneidad y discrepancia de polos. (Nivel 2) (Opcional)
- Medición de la resistencia dinámica. (Nivel 2) (Opcional)
- Medición del rebote de contactos. (Nivel 2) (Opcional)
- Medida de la Tangente delta. (Opcional) (Nivel 2)
- Medición de la corriente y los tiempos de carga del motor. (Nivel 2)
- Medición de la resistencia de contactos con el interruptor en posición de cerrado. (Nivel 2)
- Revisión de los amortiguadores.(Nivel 1)
- Inspección del mecanismo de operación.(Nivel1)
- Verificación de la operación de los contadores de operación. (Nivel 2)
- Verificación de la presión del gas ó del nivel del aceite. (Nivel 2)
- Inspección del estado de: conexiones a tierra, bornes, cables y conexiones.(Nivel 1)
- Inspección visual de los interruptores para comprobar que no presentan averías, piezas rotas ó daños que afecten su normal funcionamiento.(Nivel 1)

SECCIONADORES

Automatización e Ingeniería Andina SAS



Con el objeto de poder diagnosticar el correcto funcionamiento de los seccionadores en lo referente a condiciones eléctricas y mecánicas, se realizarán las siguientes pruebas:

- Verificación de cierre y apertura en mandos local y remoto (Nivel 2).
- Resistencia de aislamiento del seccionador con megger.(Nivel 2)
- Tiempos de apertura y cierre y simultaneidad de los polos. (Nivel 2) (Opcional)
- Medición de la corriente de operación del motor. (Nivel 2)
- Resistencia de contactos en posición de cerrado. .(Nivel 2)
- Inspección del estado de los bornes, cables y conexiones.(Nivel 1)
- Inspección visual de los seccionadores para comprobar que no presentan averías, piezas rotas ó daños que afecten su normal funcionamiento. (Nivel 1)

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE:

Con el objeto de poder diagnosticar el correcto funcionamiento de los transformadores de corriente en lo referente a condiciones eléctricas y mecánicas, se realizarán las siguientes pruebas:

- Medida de la resistencia de aislamiento con megger .(Nivel 2)
- Medida de la resistencia de los devanados secundarios. .(Nivel 2)
- Verificación de la saturación y de la relación de transformación. .(Nivel 2)
- Medida de la Tang. Delta (Opcional) .(Nivel 2)
- Verificación de las curvas de magnetización y de la polaridad. .(Nivel 2)
- Inspección visual de los Transformadores de corriente para comprobar las conexiones de los circuitos secundarios y que no presentan averías ó daños que afecten el normal funcionamiento. (Nivel 1)

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL

Con el objeto de poder diagnosticar el correcto funcionamiento de los transformadores de potencial en lo referente a condiciones eléctricas y mecánicas, se realizarán las siguientes pruebas:

- Medida de la resistencia de aislamiento con megger .(Nivel 2)
- Verificación de la relación de transformación. .(Nivel 2)
- Medida de la Tang. Delta (PT`s Inductivos) (Opcional) .(Nivel 2)
- Verificación de la polaridad. .(Nivel 2)
- Inspección visual de los Transformadores de potencial para comprobar las conexiones de los circuitos secundarios y que no presentan averías ó daños que afecten el normal funcionamiento. (Nivel 1)

PARARRAYOS (DPS)

Con el objeto de poder diagnosticar el correcto funcionamiento de los pararrayos en lo referente a condiciones eléctricas y mecánicas, se realizarán las siguientes pruebas:

- Tang. Delta (Opcional) (Opcional) .(Nivel 2)
- Resistencia de aislamiento con megger .(Nivel 2)
- Operación del contador de descargas y conexión a tierra. (Nivel 1)
- Medición de corriente de fuga en la bajante. (Nivel 1)
- Inspección visual para comprobar averías mal funcionamiento. (Nivel 1)



TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Con el objeto de poder diagnosticar el correcto funcionamiento de los transformadores de potencia en lo referente a condiciones eléctricas y mecánicas, se realizarán las siguientes pruebas:

INSPECCION VISUAL (Nivel 1)

- Detección de fugas de aceite existentes
- Determinación del Estado de la pintura de los equipos
- Evaluación mecánica de los elementos metalmeccánicos del transformador (Cuba principal, tanque conservador, radiadores, ruedas, soportes, etc.).
- Evaluación del estado de los accesorios de protección, control y del sistema de cableado de los transformadores (Gabinete de control, Termómetros, Válvulas, Relés, Niveles, etc.).
- Verificación de las conexiones a tierra de los transformadores.
- Termografía
- Ultrasonido

ACEITE MINERAL AISLANTE (Nivel 1)

- Análisis fisicoquímico del aceite.
- Contenido de Humedad, aplicar norma ASTM D 1533
- Gravedad Específica, aplicar norma ASTM D 1298
- Color, aplicar norma ASTM D 1500
- Tensión Interfacial, aplicar norma ASTM D 971
- Rigidez Dieléctrica, aplicar norma ASTM D 877/1816
- Índice de Neutralización, aplicar norma ASTM D 974
- Cromatografía de gases disueltos en el aceite (Nivel 1)

Con la cromatografía se busca detectar gases la presencia de gases tales como: Hidrogeno, Oxigeno, Nitrógeno, Metano, Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Etileno, Etano, Acetileno y Propano.

Es muy importante llevar un historial de estos análisis sistematizado para el estudio de tendencias y límites de advertencia o alarma.

AISLAMIENTOS SÓLIDOS (Nivel 2)

- Megueo
- Factor de Potencia en caso de duda en medidas de megueo.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

- Relación de transformación (TTR) (Nivel 2)
- Resistencia de devanados
- Resistencia de aislamiento
- Pruebas de protecciones mediante inyección secundaria.

BARRAJES (Nivel 1)

En los barrajes y conexiones a equipos de A.T se realizarán por lo general las siguientes

Automatización e Ingeniería Andina SAS



pruebas:

- Termografía
- Ultrasonido
- Inspección Visual para determinar elementos rotos o en mal estado.

CELDA DE MEDIA TENSION.

Con el objeto de poder diagnosticar el correcto funcionamiento de las celdas de media tensión y gabinetes de baja tensión con interruptores de gran tamaño (Mas de 500 A), en lo referente a condiciones eléctricas y mecánicas, se realizarán las siguientes pruebas:

- Inspección termografica
- Inspección ultrasónica
- Revisión funcional circuitos de control.(Nivel 2)
- Revisión mecanismo de cierre y apertura (Nivel 2)
- Medición de la resistencia de contactos.(Nivel 2)
- Prueba de simultaneidades apertura o cierre .(Nivel 2), (Opcional)
- Inspección del nivel de aceite o de presión del gas. (Nivel 1)
- Verificación de la lubricación y limpieza en general. .(Nivel 2)
- Inyección primaria de los CT's de la celdas. .(Nivel 2), (Opcional)
- Verificación de la operación de los relés de protección mediante inyección secundaria, (Nivel 1)
- Verificación de la operación de los instrumentos de medida. (Nivel 1)
- Medición de la resistencia de aislamiento Megger. (Nivel 2)

TABLEROS DE CONTROL Y PROTECCION

Para los tableros de control y protección se realizarán inspecciones termografías y ultrasónicas y pruebas de funcionamiento de los principales elementos tales como:

Relés de protección :

- Revisión de los circuitos de disparo. (Nivel 2)
- Inyección de corrientes secundarias y pruebas funcionales. (Nivel 1)
- Inyección de corrientes primarias y pruebas del sistema. (Nivel 2)
- Verificación de parámetros operacionales de acuerdo a información suministrada por el cliente. (Nivel 1)
- Verificación del estado de borneras, cables y conexiones. (Nivel 1)

Instrumentos de medida:

- Revisión de los circuitos de medida. (Nivel 1)
- Verificación del funcionamiento y estado de calibración. (Nivel 1)
- Verificación del estado de borneras, cables y conexiones. (Nivel 1)

SERVICIOS AUXILIARES

En los servicios auxiliares se realizarán las siguientes actividades en los equipos principales por lo general:

Automatización e Ingeniería Andina SAS



Cargador de baterías y baterías: (Nivel 1)

Son usuales las siguientes pruebas:

- Inspección funcional del equipo.
- Verificación del estado de los ajustes de los rectificadores.
- Detección de fugas de ácido y niveles del mismo.
- Medida de densidad.
- Medición del voltaje de cada una de las celdas.
- estado de los cables, conexiones y limpieza en general.
- Descarga de baterías (Opcional) (Nivel 2)
- Inspección termografica
- Inspección ultrasónica

Tableros de servicios auxiliares:

Son usuales las siguientes pruebas:

- Verificación del estado en general (Nivel 1)
- Medida de la resistencia de aislamiento (Nivel 2)
- Inspección termografica (Nivel 1)
- Inspección ultrasonica (Nivel 1)

MALLA DE PUESTA A TIERRA (Nivel 1)

Los son los ensayos que se realizan por lo general a realizar:

- Medición de la resistencia del terreno por el método de Wenner y Lee.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra por el método de caída de potencial..
- Medición de equipotencialidad por método de tensión corriente.
- Medición de corrientes en conductores de puesta a tierra.
- Detección de corrientes espurias.
- Modelamiento de la malla de tierra.
- Registro fotográfico.

INSPECCION VISUAL GENERAL: (Nivel 1)

Se realizará una inspección visual detallada para establecer el estado de la parte metalmecánica y la pintura en los tableros, celdas, gabinetes de mando y cajas de interconexión al igual que el estado del galvanizado y del acero de las estructuras metálicas.

PRUEBAS OPCIONALES:

- Descargas parciales.
- Tangente delta.
- Prueba de descarga de baterías.

ANALISIS DE RESULTADOS E INFORME FINAL

Es una descripción detallada del enfoque general, la filosofía y procedimientos lo mismo

Automatización e Ingeniería Andina SAS



que las actividades y pruebas realizadas y las recomendaciones detalladas por equipo y sistema estudiado

Los informes se entregaran por equipos y debe incluir los protocolos de pruebas, para toda la subestación y cubren los siguientes aspectos:

- Evaluación de la condición del equipo mediante pruebas.
- Evaluación de la seguridad operacional.
- Evaluación de la seguridad para el personal.
- Recomendaciones de medio ambiente.
- Conformidad con normas (GREC)
- Recomendaciones según el caso (Mantenimiento, Modernización o Reposición)

ANEXOS TECNICOS DE SOPORTE.

Anexo a los informes, se entregarán los resultados de los protocolos de pruebas, en formato de tablas, graficas o fotos, de cada una de las pruebas realizadas, junto con los comentarios y las acciones a seguir tal y como se ilustra en el siguiente ejemplo:

Interruptor A	Valor ref.	Medida.	Acción/Recomendación.
Velocidad cierre	4.25 m/s	2.4 m/s	Si / Calibración, tensado resorte.
Velocidad disparo	4.25 m/s	3.2 m/s	Si / Calibración.
Angulo de operación	90 grd	Todos $\angle$ 90	SI / Calibración, 5 grd
Contactos quemados	50+-3mm	Fase mala B	Cambio contacto B
Resistencia Contacto.	$\angle$ 80 $\mu\Omega$	260 $\mu\Omega$	Cambio contactos fase B
Bobina			Buen estado.

Automatización E Ingeniería Andina SAS.

PBX: +57 601 919 4603

Cel: +57 317 669 8899

E-Mail: mailcoaia@coaia.com

WEB: <http://www.coaia.com>

Bogotá Colombia

Derechos reservados de autor según leyes colombianas

Automatización e Ingeniería Andina SAS