



MODELO PARA LA GESTIÓN EFICIENTE DE ACTIVOS ELÉCTRICOS

A MODEL FOR EFFICIENT MANAGEMENT OF ELECTRICAL ASSETS

RESUMEN

Al tiempo que la demanda de la energía crece más rápidamente que las inversiones en las instalaciones eléctricas, la capacidad instalada más antigua se acerca al final de su vida útil. La necesidad de explotar toda esa capacidad sin interrupciones y un mantenimiento eficiente de sus activos, constituyen las dos claves actuales de los sistemas eléctricos de potencia, en generación, transporte y distribución eléctrica.

En este artículo se pretende ofrecer al lector un modelo de gestión que permita una administración efectiva de los activos, con un estricto control de costes, y que englobe esas dos claves actuales, centrándose en técnicas de diagnóstico predictivas, involucrando a todos los departamentos de la organización y que va mas allá de la consideración del mantenimiento como una simple reparación o sustitución de un equipo averiado. Por lo tanto, se ofrece un modelo de gestión con tres ejes básicos: la garantía de suministro, la calidad del servicio y la competitividad,

Recibido: 31/01/08
Aceptado: 14/04/08



Angel Alonso Guerreiro
Ingeniero Superior Industrial
Applus Norcontrol S.L.U

todo ello en aras a permitir que las empresas cumplan con las exigencias actuales que caracterizan el suministro de energía eléctrica.

Palabras clave: energía, activos, gestión, mantenimiento y riesgo.

ABSTRACT

At the same time that energy demand grows faster than the investments in electrical installations, the older capacity is reaching the end of its useful life. The need of running all those capacity without interruptions and an efficient maintenance of its

assets, are the two current key points for power generation, transmission and distribution systems.

This paper tries to show the reader a model of management which makes possible an effective management of assets with a strict control cost, and which includes those key points, centered at predictive techniques, involving all the departments of the organization and which goes further on considering the maintenance like a simple reparation or substitution of broken down units. Therefore, it becomes precise a model with three basic lines: supply guarantee, quality service and competitiveness, in



order to allow the companies to reach the current demands which characterize the power supply.

Key words: *energy, asset, management, maintenance and risk.*

1.- INTRODUCCIÓN

El nuevo entorno del sector de la energía en el que nos movemos ha experimentado grandes movimientos durante los últimos años y en la actualidad se sustenta en tres pilares: Seguridad del suministro, Competitividad y respeto al Medio Ambiente. En lo que al sector eléctrico se refiere, además resultan de mención dos cambios estructurales básicos. Primero, la privatización de las empresas eléctricas y después la liberalización del suministro de electricidad, separando la generación y comercialización de la energía por un lado, y por otro el transporte y la distribución que continúan como monopolio regulado.

La entrada de capital privado en las empresas conlleva la necesidad de tener que retribuir al accionista, lo que viene a limitar la capacidad de inversión en mantenimiento y renovación de activos. En cuanto a la apertura de la generación, ésta provoca competencia entre plantas, en su intento por que toda su producción sea comprada en el mercado de casación, lo que exige un riguroso control de costes. Por otro lado, la apertura de la comercialización supone el paso del concepto de abonado al concepto de cliente, lo que lleva asociado po-

der de decisión para el cliente, un incremento del nivel de exigencia y también una reducción de precios, motivada por la competitividad. En lo que se refiere a grandes consumidores o clientes industriales que consideran la energía como un coste relevante en su cuenta de resultados, la disponibilidad, la calidad de suministro y la reducción del precio y de los costes energéticos, contribuyen de forma crítica a la rentabilidad de su proceso y en consecuencia, son factores clave a la hora de definir sus posiciones estratégicas y de poder alcanzar sus objetivos de negocio.

Por lo tanto, en este escenario competitivo, este nuevo mercado abierto demanda un modelo de gestión eficiente, con un estricto control de costes, que incremente la disponibilidad de los activos y que permita ofrecer un servicio de calidad con un precio competitivo, todo ello previniendo fallos, reduciendo averías y alargando la vida útil de los equipos.

2.- LA GESTIÓN DE ACTIVOS ELÉCTRICOS

Fundamentalmente, la gestión de las instalaciones eléctricas y de sus activos consiste en administrar todo el ciclo de vida (técnico y económico) de los equipos, con el fin de cumplir con las exigencias actuales de garantía de suministro, de calidad del mismo y de mejora de competitividad de las empresas. El modelo se sustenta en la gestión del riesgo de fallo de cada activo, en la gestión del mantenimiento que derive en añadir valor y

en una sólida red de información, que permita combinar las diferentes bases de datos necesarias en cada una de las etapas del ciclo de un equipo.

La gestión de este ciclo de vida requiere por lo tanto, de un modelo que integre de forma coordinada, todas las etapas por las que pasa un equipo, desde que se empieza a plantear su necesidad hasta que se retira de servicio:

En las organizaciones tradicionales, caracterizadas por su verticalidad, planificación - compras - operación - mantenimiento funcionan como departamentos independientes, mientras que la gestión de activos requiere de un modelo más horizontal que rompa con esa estanqueidad departamental, donde todos ellos trabajen coordinadamente entre si y de forma planificada, donde mantenimiento pasa a asumir su papel de proveedor y donde el gestor de activos es la persona que tiene la visión completa del modelo, priorizando, clarificando y centralizando todas las decisiones que afectan a un activo. Es la figura que se encarga de velar por el cumplimiento de los objetivos de rentabilidad, operación, mantenimiento y calidad, de forma conjunta y equilibrada. Un funcionamiento aislado del mantenimiento o una toma de decisiones independiente, influyen negativamente en los beneficios y por lo tanto, el modelo planteado propone una integración de todas las etapas del ciclo de vida.

El modelo incluye el control de OPEX (gastos de operación), el control de CAPEX (gastos de inversión),

La entrada de capital privado en las empresas conlleva la necesidad de tener que retribuir al accionista, lo que viene a limitar la capacidad de inversión en mantenimiento y renovación de activos

el rendimiento del activo, la formación del personal, la gestión logística, la Innovación y el Desarrollo, la Seguridad, el Medio Ambiente y en último lugar, aunque no menos importante, procesos de mejora continua PDCA que permitan el desarrollo y evolución de sus diferentes etapas.

3.- LA GESTIÓN DEL RIESGO

El primer proceso clave para la implantación de la gestión de activos es considerar y valorar el riesgo. La gestión del riesgo consiste en aprovechar adecuadamente todos los recursos disponibles, para así obtener la reducción de exposición a riesgos óptima. Los riesgos siempre van a existir y no son completamente evitables, por lo que su gestión pretende minimizar la exposición, de forma razonable y económicamente viable. En definitiva, si se conoce la exposición al riesgo, éste se puede gestionar. El riesgo está asociado al balance coste-rendimiento y como la reducción de costes afecta al rendimiento de los equipos, el límite de la reducción de costes lo marca el riesgo.

El riesgo total asociado a un equipo se define como la suma de los riesgos de: Seguridad, Medio Ambiente, Estratégico, Financiero y Técnico. Una vez que un activo entra en operación, el procedimiento a desarrollar se resume en los siguientes pasos:

a) Elegir los activos susceptibles de avería (fallo) y determinar la criticidad de cada uno de ellos. En función de esa criticidad, se valora el riesgo Estratégico.

b) Determinar sus mecanismos de fallo en base a: los históricos de averías, la experiencia del personal de mantenimiento y la experiencia del fabricante.

c) Para cada fallo, definir su riesgo Técnico multiplicando la probabilidad de fallo por las posibles consecuencias del mismo: $R=p \times c$.

d) El cálculo del riesgo de Seguridad y el de Medio Ambiente, se vincula sólo a los fallos más relevantes de cada equipo. Para cada uno de esos fallos seleccionados, se identi-



Grafico 1: Modelo de gestión del ciclo de vida para activos eléctricos

can los peligros y para cada peligro, se determina su riesgo mediante la combinación de la gravedad del peligro y la probabilidad del mismo. En el cómputo de ambos riesgos, sólo se tendrán en consideración la contribución de los peligros con valoración marginal o inaceptable.

e) Para cada fallo se calcula su coste asociado, que es la suma del coste de Mano de Obra, el coste de material y el coste de la indisponibilidad. Significar que este último coste es mucho mayor que el coste de reparación de la avería. En función de la cuantía del coste obtenido, se le asigna un índice de riesgo, que vendrá a reflejar el riesgo Financiero.

f) Para cada activo, calcular su riesgo total, de acuerdo con la definición dada y con los resultados de los pasos anteriores.

g) Definir el nivel de riesgo aceptable en cada caso.

h) Definir un índice de condición para cada activo en función de su estado técnico (humedad del aislamiento, tangente,...), incidencias sufridas, antigüedad en la red,...

i) Priorizar la lista de activos, utilizando como criterios su riesgo asociado, el índice de condición y la criticidad del equipo.

Esta lista priorizada será la que de lugar a la planificación de las actividades de mantenimiento, empezando a trabajar en aquellos equipos identificados como críticos, en peor condición y con el riesgo más elevado. En esa planificación, para cada activo es necesario evaluar la posibilidad de diagnóstico según condición (CBM) puesto que el CBM es la herramienta óptima para la gestión de riesgos. Si no es posible utilizar el CBM, evaluar entonces la posibilidad de emplear el RCM (mantenimiento centrado en fiabilidad). Conviene aclarar que a diferencia del CBM, para la determinación del estado o condición del equipo, el RCM se basa en métodos estadísticos asociados a la tasa de fallo del equipo en cuestión. Es decir, el RCM asegura actuar cuando estadísticamente es necesario.

4.- LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Se entiende como gestión del mantenimiento, el conjunto de procesos, recursos, formas de actuación y documentación que pretenden maximizar el beneficio, reduciendo las averías e incrementando la disponibilidad, minimizando los costes de



mantenimiento y alargando la vida de los equipos, asegurando en todo momento el cumplimiento de las exigencias de Seguridad y de Medio Ambiente.

Teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos el riesgo más alto se encuentra en aquellos equipos donde el estado o condición es peor y que el objetivo fundamental de esta gestión es optimizar el mantenimiento (coste, disponibilidad y duración), la estrategia de mantenimiento que mejor se adapta a estos condicionantes es el Predictivo, basado en la condición, CBM. A diferencia de un Correctivo (altos costes y alta indisponibilidad) y de un Preventivo (altos costes y no se aprovecha la vida útil), el CBM se basa en el diagnóstico de averías antes de que se produzcan, a través de la asociación de los mecanismos de fallo con los resultados del diagnóstico.

Esta gestión predictiva permite planificar los trabajos de mantenimiento, asegurando así intervenir únicamente cuando es necesario, evitando reparaciones innecesarias, minimizando el tiempo de reparación y reduciendo el stock de repuestos. De esta forma, se consigue una gran mejora en la gestión de los recursos, un mejor rendimiento del equipo, un incremento de la disponibilidad y en definitiva, una optimización del binomio calidad-coste. Además, con este tipo de mantenimiento que no emplea técnicas intrusivas, al suponer un mayor conocimiento del estado de los equipos, se podrá alargar la vida de aquellos con edad alta y renovar en el momento oportuno aquellos

otros en que se detecte un mal funcionamiento y puedan causar graves indisponibilidades de servicio.

De acuerdo con las últimas estadísticas publicadas por la AEM, los trabajos preventivos (incluyen el predictivo) y correctivos están en una relación promedio del 44%/56%. A la vista de esta relación, concluye la AEM que “estos valores tienen como consecuencia unos costes totales de mantenimiento (suma de costes directos e indirectos) más elevados y también, en lo que se refiere a la dedicación del Jefe de Mnto. a trabajos inmediatos que le alejan de las funciones de gestión que le son propias e indispensables para la consecución de óptimos resultados técnicos-económicos”. Añade la AEM en sus conclusiones que “el objetivo de cero fallos es utópico pero incrementar los preventivos es necesario, y es una cuestión de métodos, tiempo y recursos”.

En un modelo optimizado y consolidado, del total del tiempo de mantenimiento, el Predictivo ya sea como CBM o como RCM (mantenimiento centrado en la fiabilidad) representa el 50%, mientras que para el Correctivo el objetivo es que no supere el 10%. El 40% restante se distribuye entre el Preventivo y las actividades de análisis de causas raíz de las averías. Esta relación preventivo/correctivo es de gran utilidad para la organización del trabajo y para el análisis de costes, y sin embargo sólo el 43% de las empresas españolas la tienen controlada.

Cada vez que se produce una intervención es necesario investigar las

causas del problema, para así incrementar la calidad del mantenimiento y su desarrollo, lo que equivale a implantar un ciclo de mejora continua que elimine todo lo que no genera valor y sustentado en las aportaciones de mejora de los técnicos que realizan el trabajo, que son los que mejor conocen sus equipos y por lo tanto, quienes están en mejor disposición para proponer las mejores soluciones y probarlas.

Conocidos los riesgos y asociado cada activo a su estrategia óptima, ya se pueden definir planes de mantenimiento personalizados para cada equipo, utilizando para ello como mínimo la siguiente información:

- Características del activo y modos de fallo (ya realizado en la 1ª etapa de la gestión del riesgo)
- Criticidad del activo
- Horas de funcionamiento
- Régimen/Modo de funcionamiento
- Estado actual del equipo.

En cada plan particular se identifican los recursos necesarios (personal, material y equipos), las técnicas de ensayo y variables de control, las tareas de mantenimiento, las alarmas, las frecuencias de medida-trabajo (norma UNE y CEI) y los *check-list* de control, que permitan llevar a cabo el seguimiento y asegurar que todas las actuaciones se llevan de acuerdo con el plan. Una posible propuesta de algunas variables de funcionamiento en dos activos críticos, junto a sus correspondientes técnicas de ensayo de última generación, serían:

A diferencia de un Correctivo (altos costes y alta indisponibilidad) y de un Preventivo (altos costes y no se aprovecha la vida útil), el CBM se basa en el diagnóstico de averías antes de que se produzcan, a través de la asociación de los mecanismos de fallo con los resultados del diagnóstico

Trafos de Potencia => son equipos críticos para la operación de los sistemas eléctricos y sus averías conllevan altos costes y mucho tiempo de parada:

De los resultados obtenidos en estas variables controladas, se puede concluir de forma muy aproximada cual es el estado de la máquina. Una buena interpretación de estas cuatro técnicas, incrementa notablemente la efectividad del mantenimiento de los transformadores de potencia.

fallo en el funcionamiento del equipo.

Por otro lado, mencionar también que además de los planes específicos, en instalaciones críticas con alto riesgo de parada de larga duración, se definirán planes de contingencia, que recojan como se debe proceder ante interrupciones severas, bien sea a través de activos redundantes o bien sea a través del empleo de los llamados repuestos universales.

El último proceso clave dentro de la estrategia de mantenimiento pre-

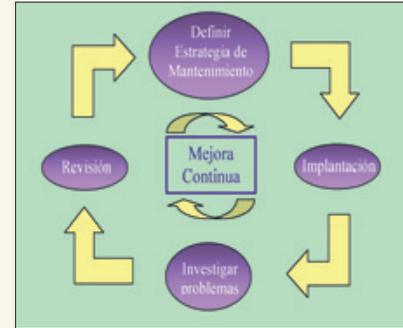


Gráfico 2: Metodología de mejora continua aplicada al mantenimiento

Técnicas Predictivas	Variable a Controlar	Equipos	Objetivo
• Ensayos dieléctricos	• Tg , Capacidad e Intensidad	• Medidores de aislamiento	• Evaluar el estado del aislamiento.
• Ensayo de respuesta en frecuencia	• Tiempo vs Frecuencia	• Analizador de espectros	• Detectar movimientos de los arrollamientos y cortocircuitos por contacto debido a dichos movimientos.
• Relación de transformación	• Tensión	• Fuente de alimentación	• Detectar defectos de aislamiento en arrollamientos y regulador.
• Análisis cromatográfico de gases disueltos	• H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄	• Cromatógrafo	• Detectar la existencia de puntos calientes en interior de la cuba.

Un segundo ejemplo de equipos críticos dentro de un sistema eléctrico de potencia, son los Interruptores. **Interruptores AT** => sus averías pueden conllevar graves daños a las instalaciones y en consecuencia, altos costes:

dictivo es la gestión de los inventarios, ya que permite optimizar las existencias en almacén y también evita que la ausencia de un repuesto genere una importante indisponibilidad. Esta gestión consiste en reducir el tamaño del almacén, quedándose sólo

- el coste de la pieza
- el plazo de entrega del suministrador.

De esta manera se consigue reducir los stocks almacenados, el coste del inmovilizado, las inversiones en repuestos y el coste del manteni-

Técnicas Predictivas	Variable a Controlar	Equipos	Objetivo
• Ensayo de resistencia de contactos	• Resistencia eléctrica	• Micróhmímetro	• Detectar falta de presión mecánica en los contactos.
• Ensayos de maniobra	• Tiempo de cierre y de apertura, Velocidad de desplazamiento y consumo de bobinas	• Maleta de pruebas dinámicas	• Detectar desgaste en el mecanismo de maniobra de cierre y apertura.
• Ensayos de sincronismo	• Sincronismo longitudinal y transversal	• Maleta de pruebas dinámicas	• Detectar asimetrías en los contactos durante el cierre y apertura.

Al igual que en el caso del transformador, la puesta en valor de estas tres técnicas minimiza la aparición de

con los repuestos clave, definiendo el stock en función de:

- la criticidad

miento, por la minimización de la duración de las averías. También resulta necesario destacar que la gestión del



almacén requiere limpieza, orden (cada artículo en su sitio) y que se vele porque no se produzcan roturas de stock.

5.- LA RED DE INFORMACIÓN

Para hacer posible la gestión integrada de todas las etapas del ciclo de vida de los activos que conforman el sistema eléctrico de potencia, se requiere de un sistema que integre toda la información existente de cada equipo, en bases de datos interactivas y que maneje todo el flujo de datos que genera un sistema de gestión de mantenimiento.

line (monitorización, incidencias, faltas,), del sistema documental de procedimientos y normas, del conocimiento de los operarios, y por supuesto también de datos externos procedentes de los proveedores de servicios-fabricantes-mantenedoras. Esto significa que debe estar provisto de una jerarquía de privilegios de acceso, acorde al tipo de usuario y como no, acorde al modelo definido.

Existen múltiples programas informáticos y arquitecturas válidas, y en cada caso particular habrá que definir la red más adecuada garantizando siempre la interacción entre los diferentes tipos de datos y la puesta en

El último proceso clave dentro de la estrategia de mantenimiento predictivo es la gestión de los inventarios, ya que permite optimizar las existencias en almacén y también evita que la ausencia de un repuesto genere una importante indisponibilidad

El sistema instalado debe vincularse a las gestiones del riesgo y mantenimiento, y debe diseñarse para recibir una alimentación continua de datos estáticos (características de cada equipo), de datos dinámicos on

común de procedimientos y experiencias, al tiempo que debe sincronizarse con el resto de herramientas de gestión que pudieran estar ya implantadas dentro de la empresa.

6.- CONCLUSIONES

Tal y como se ha puesto de manifiesto, se puede concretar que el modelo de gestión de activos propuesto se apoya en tres vértices:

1. Planificación basada en el riesgo.
 2. Estrategia de mantenimiento predictiva.
 3. Integración ordenada de toda la información asociada a los equipos.
- Su implantación permite optimizar la disponibilidad del sistema eléctrico a través del aseguramiento de la fiabilidad, mejorar el ciclo de vida de los activos y sus resultados se traducen en un mayor beneficio, generado por:
1. una maximización del tiempo de funcionamiento de los activos (menos averías y detección precoz de las mismas).
 2. una minimización del coste de mantenimiento, mediante un mantenimiento basado en la condición (CBM), como herramienta óptima para la previsión del estado futuro de los equipos y para la gestión del riesgo.
 3. un alargamiento en la vida útil de los equipos.

En definitiva, supone un incremento de beneficios por una mejora del retorno de toda inversión o gasto, necesarios para el buen funcionamiento de toda la infraestructura eléctrica.

7.- BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española del Mantenimiento. El mantenimiento en España. Estadísticas 2005.
- R. Moore, F. Pardue. The reliability based maintenance strategy. September 1993 Computing Systems Inc. Industry report.
- Applus Norcontrol & Doble Engineering. Jornadas anuales de Mantenimiento.
- Institute of Asset Management. Norma PAS 55: "The optimized management of physical infrastructure Assets". 2004. ■

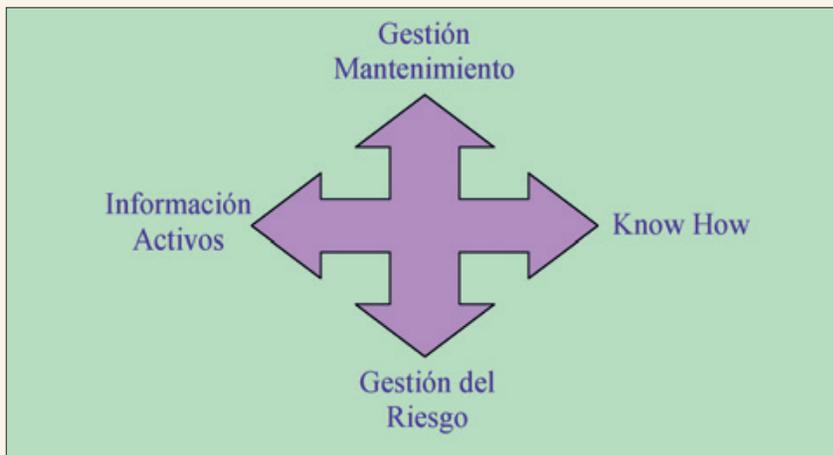


Gráfico 3: Vértices del sistema de información