

Análisis de los Riesgos y Peligros de Incendio en Estaciones de Transformación de Energía y Centro de Control de Motores

J Gallo¹, R Clavijo², V Vera³, F Landín⁴

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Km. 30.5 Vía Perimetral, Apartado: 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

Fax: (593-4) 2 854629, Conmutador: (593-4) 2 269269

gallo_galarza@hotmail.com, r_alexc@yahoo.es, vic_vera@hotmail.com,

f_landin@hotmail.com

Resumen

En cualquier central de energía existen diversos peligros tanto para las personas como para los equipos existentes dentro de sus instalaciones teniendo por objeto el análisis de riesgos y peligros de incendio en la subestación de transformación y centro de control de motores de la central térmica eléctrica de cogeneración ECOELECTRIC S.A. El centro de transformación de energía y el centro de control de motores son áreas importantes para la central y se encuentran en el edificio de casa de fuerza de ECOELECTRIC en las cuales se analizan los riesgos y peligros de incendio existente; se verifican las salvaguardas, las señalizaciones y las medidas de protección inherentes al personal y los equipos. Cada uno de estos requerimientos son comparados con normativas internacionales que dan recomendaciones para que las instalaciones sean óptimas y seguras. Para esto aplicamos métodos de evaluación de los riesgos cualitativos y cuantitativos dentro de cada uno de las áreas antes descritas, estos son el método de HAZOP y GREENER respectivamente, con los cuales se obtienen valores de riesgos reales y criterios para tomar las salvaguardas requeridas en cada unas de las áreas para lograr la reducción del riesgo.

Palabras Claves: Estaciones De Transformación De Energía, Centro de Control de Motores (CCM), Salvaguarda, Incendio, Hazop, Greener.

Abstract

At any Central of Energy exists diverse dangers such as for the personnel who works in there as for the existent equipment being our objective the Fire Risks and Dangers Analysis at the Substation of Transformation and Control Motor Center of the Termical Central Electric of Co-generation, ECOELECTRIC S.A. The Transformation Center of Energy and the Control Motor Center, important to the Central, are located at the House Power of ECOELECTRIC in which risks and dangers of imminent fire are analyzed by verifying safeguards, signs and the protection measurements inherent on the personnel such as on the equipments. Each of these requirements are compared to international norms provided to optimize and safeguard Ecoelectric's installations. In order to apply those norms, Qualitative and Quantitative Risks Evaluations are set up into each of the described areas by making use of The Hazop and Greener Method respectively obtaining real risks values and criteria to take the required safeguard on each of the areas to reduce risks.

Keywords: Transformation of energy Substation, Control Motor Center (CCM), safeguard, HAZOP, GREENER.

1. - Introducción

ECOLECTRIC. Es una central térmica de generación de energía eléctrica no convencional ya que utiliza biomasa como combustible para su caldera. Al igual que en cualquier central de energía en esta existen diversos peligros tanto para las personas como los equipos existentes dentro de sus instalaciones.

Estos equipos se encuentran distribuidos y ubicados dentro de dos edificios llamados: Edificio de Caldera y Edificio Casa de Fuerza (figura 1).

Dentro del Edificio Casa de Fuerza destacan las áreas: Centro de Transformación de Energía y Centro de Control de Motores (CCM). En el primero se reduce el voltaje de 13800 V proveniente de la red eléctrica de la ciudad o del generador de la central cuando esta en operación, a un voltaje de 480 V para la operación de la central, este se encuentra en la planta baja del edificio. En el segundo están todos los paneles para el control y arranque de todos los motores de la central así como de diversos equipos auxiliares, todo esto se encuentra en el primer nivel alto del edificio.



Figura 1. Panorámica de ECOLECTRIC

2. Análisis

2.1 Normas

En las áreas mencionadas se realizó una inspección preliminar con herramientas como el check list, encontrando riesgos a los que serían proclives las personas que transitan por el lugar, así como para los equipos existentes.

Estos riesgos están relacionados con incumplimientos a recomendaciones de normas internacionales como el NEC [4], NOM [6], NFPA 70E [5], NFPA 101 [3] entre las principales que se puede mencionar.

2.2 Centro de Transformación

El centro de transformación está dispuesto para alojar transformadores de potencial, los cuales reducen el voltaje de la línea de 13800 Voltios a voltaje de operación de la planta que es 480 Voltios además a voltaje de servicio de 220 o 110 Voltios. Aquí existen 2 transformadores con sus devanados sumergidos en aceite de 2.5 MVA y 1.5MVA adicionalmente dos transformadores secos de 75 y 45 KVA (figura 2.1). En el área se puede observar la no existencia de muretes contenedores en caso de algún derrame de aceite, así como la incorrecta ubicación de las bandejas de cables que se encuentran a centímetros de la parte superior de los transformadores, esto conlleva a un gran peligro en caso de algún incendio en transformador porque el fuego contaminaría estos cables avivando aun mas el fuego y produciendo humo contaminante dificultando las tareas de sofocación del fuego además de no haberse confinado el aceite este se esparciría por toda el área contribuyendo aún más al incendio.



Figura 2.1 Vista del centro de transformación

Se observa también otras inconformidades como la gran acumulación de material combustible, como el bagacillo de la caña de azúcar, sobre los transformadores y los radiadores, este material ingresa por el sistema de ventilación que no es el adecuado. La acumulación de este material disminuye la eficiencia en el enfriamiento del aceite en el interior del transformador consecuentemente provoca un aumento de temperatura en los devanados de este pudiendo producir cortocircuitos o arcos eléctricos entre ellos, debido a la disminución de la capacidad dieléctrica del aceite con el aumento de su temperatura.

Dentro del área tampoco existe la señalización adecuada para la circulación segura de los operarios o visitantes de la planta, no se observa tampoco señalización de las rutas de escape y salidas en caso de alguna emergencia. (Figura 2.2).

Adicionalmente las puertas de acceso al área no tienen cerraduras adecuadas para evitar el ingreso de personas no autorizadas y calificadas para el efecto ya que ellas pudieran causar un grave accidente. Dichas

puertas siempre permanecen abiertas permitiendo el acceso de cualquiera además la cerradura no tiene barra de pánico para abrir la puerta desde el interior permitiendo el escape de personas en caso de alguna emergencia.



Figura 2.2 Ausencia de señalización

2.3 Centro de control de motores (CCM).

En el primer piso alto de la llamada casa de fuerza se encuentra el área donde se ubican dos centros de control de motores y un conjunto de variadores de velocidad, los primeros se encuentran identificados como con el CCM de casa de fuerza y CCM de caldera, el uno controla los motores y auxiliares de la casa de fuerza y el otro todos los motores y auxiliares de la caldera (Figura 2.3) además de tres módulos externos que contienen variadores de velocidad de motores de la caldera.



Figura 2.3 Vista del área del los CCM

Los tableros de los CCM están divididos en diferentes módulos los cuales controlan el arranque, protección y monitorea de cada uno de los motores de la central estos módulos están con sus debidas protecciones contra contactos indirectos y maniobras fuera de lo normal de acuerdo con las normas establecidas, pero se observa dentro de la superficie

falencias como el sistema de ventilación del área que no es el adecuado ya que por medio de este ingresan partículas de polvo y bagacillo que pueden provocar cortocircuitos y arcos eléctricos por la acumulación de este material dentro de los CCM.

La circulación de aire en el interior es deficiente lo que contribuye al calentamiento del ambiente y a este calor liberado por los equipos existente en el CCM no se disipa de forma prolija de alrededor pudiendo producir mal funcionamiento de los equipos electrónicos fallando la protección de los motores con consecuentes daños a estos. Así mismo no existen señalizaciones salidas ni rutas de escape en caso de alguna emergencia que como se dijo anteriormente constituye un peligro para las personas ajenas al lugar y a los mismos operarios de la central.

3. Fuentes de incendios

3.1 Tipos de incendio.

Dependiendo del material combustionado y el origen de estos los incendios se pueden clasificar en 4 tipos A, B, C y D, el primero se caracteriza por que el material combustible contiene carbono como son el papel, madera, basura, tela, etc. El tipo B en cambio se origina a partir de algunos líquidos o sólidos inflamables como son el etanol, metanol, gasolinas alcohol y gases derivados de los hidrocarburos como el gas propano, butano, natural, etc. El tipo C son de origen eléctrico y se producen en equipos e instalaciones eléctricas, y por ultimo los tipo D son producidos por algunos metales que al entrar en contacto con el agua y bajo ciertas condiciones físicas combustionan, estos son por ejemplo el sodio, potasio magnesio, metales alcalinos etc.

3.2 Fuentes de ignición de incendios tipo C

Las fuentes de ignición para los incendios son variadas, pero para los incendios tipo C hay fuentes muy puntuales como:

Los cortacircuitos, que pueden generarse o se produce cuando la resistencia de un circuito eléctrico es muy pequeña provocando que el valor de la corriente que circula por este sea excesivamente grande, con lo cual se puede llegar a producir la ruptura de la fuente o la destrucción de los cables. También esto ocurre cuando se unen accidentalmente los extremos o cualquier parte metálica de dos conductores de diferente polaridad que hayan perdido su recubrimiento aislante, la resistencia en el circuito se anula y el equilibrio que proporciona la ley de OHM se pierde.

Sobretensiones, que no es mas que todo aumento de tensión capaz de poner en peligro el material o buen servicio de una instalación eléctrica, estas sobretensiones pueden producirse cuando hay

desconexiones bruscas de carga del sistema por eso las líneas y los aparatos del sistema tienen que estar contruidos de tal manera que puedan soportar estas variaciones sin perjuicio del funcionamiento normal. Otra causa es cuando se realizan maniobras de aumento y disminución de carga, este tipo de variaciones de tensión se denominan de maniobra.

Arco eléctrico, puede alcanzar temperaturas de 3500 grados Celsius y durante el tiempo de la descarga se produce una luminosidad muy intensa y gran desprendimiento de calor, con lo cual este fenómeno puede ser sumamente destructivo como la perforación de aisladores y otros elementos eléctricos y electrónicos (Figura 3).



Figura 3. Resultado de cortocircuito y arco eléctrico

4. Control de incendios.

Los incendios pueden ser controlados luego de varias horas de luchar con ellos, por lo cual hay que controlar su inicio o ignición, para ello existen diferentes equipos para la detección y extinción del fuego. A medida que la tecnología avanza se han desarrollado diversos sistemas de detección reduciendo significativamente el tiempo de respuesta de los equipos de rescate y control de incendios de igual forma se implementan sistemas de extinción automáticos.

Así podemos mencionar una serie de elementos de detección para este tipo de emergencias como son detectores ópticos de humo detectores de temperatura de ambiente, etc., también existen elementos de actuación como los avisadores ópticos y acústicos, elementos de control y elementos de extinción automática, los cuales pueden utilizar métodos de extinción de sofocación, enfriamiento, separación. La sofocación trata de reducir el oxígeno presente en la combustión y se busca cubrir esta con algún material no combustible tal como la espuma, bióxidos de carbono polvos químicos a base de bicarbonato de

potasio, cloruro de potasio. El método de enfriamiento busca la reducción de temperatura logrando con esto refrescar y controlar la temperatura del incendio para evitar su propagación y lograr la extinción, este método es el más utilizado por su bajo costo y a que la mayoría de los incendios son de tipo A. Por último el método de separación trata de separar el material en combustión de el resto de materiales que pueden alimentar al fuego, esto es posible pero no siempre efectivo por que requiere que el personal penetren en el fuego y retiren dichos materiales

La correcta disposición de todos estos elementos en una edificación y conectados a una central de control enviando alertas a los grupos de rescate y a los equipos de extinción automática reduce al mínimo los daños materiales y la exposición al peligro de las personas y grupos de rescate que pudieran estar presentes en un incendio.

5. Métodos de evaluación de riesgos.

5.1 Método de HAZOP.

El método HAZOP[1] es un método cualitativo de evaluación de riesgos, el cual no cuantifica la frecuencia de ocurrencia del evento ni el impacto económico de las consecuencias, y el objetivo es el análisis de las causas de falla de los distintos componentes del área, con lo cual integra grupos multifuncionales; es un método sistemático que reduce la posibilidad de omisiones para esto se requiere recopilar la información completa y adecuada del análisis a realizar, así como seguir un cronograma del método que básicamente consiste de algunos pasos:

- Dividir el sistema en nodos de estudio.
- Seleccionar un circuito o equipo (Nodos).
- Aplicar palabras claves.
- Estudiar las desviaciones significativas.
- Examinar las posibles causas.
- Examinar las posibles consecuencias.
- Identificar los posibles peligros.
- Identificar las acciones correctivas requeridas.
- Verificar que las recomendaciones sean implantadas.

Las palabras clave, son palabras simples que se usan para calificar la intención del proceso a fin de guiar el análisis, estas palabras claves son:

- NO
- MAS
- MENOS
- INVERSO DE
- ADEMÁS DE
- PARTE DE
- OTRO QUE

Este método se lo aplico para evaluar el riesgo de incendio en el centro de transformación de energía para esto se la dividió en tres áreas de análisis (figura 5.1), cada una de ellas se dividió a su vez en 4 nodos (cables del lado de alta, breaker de potencia, transformador, cables del lado de baja)[7]. En cada nodo se aplico las palabras claves del método a las

variables del proceso (Tensión, corriente, potencia, temperatura, etc.), elaborando una tabla (tabla 5.1) donde se detallada además las posibles causas de las desviaciones del proceso las consecuencias, las salvaguardas y las acciones a tomarse para corregir estas desviaciones.

Tabla 5.1 aplicación de HAZOP al lado de alta

Cables de salida lado de alta- Aplicacion:					
PALABRA CLAVE	DESVIACION	POSIBLES CAUSAS	CONSECUENCIAS	SALVAGUARDAS	ACCION
NO	NO TENSION	Falla en circuito de control	Al fallar el circuito de control se pierden las protecciones puede haber una sobrecarga ocasionando calentamiento y por ende un posible incendio	Instalación de equipos de buena calidad, revisión y pruebas periódicas del estado del circuito de control y las protecciones	Realizar revisión y mantenimiento por una empresa garantizada
		Corto-circuito	Calentamiento del cable encendiendo el aislamiento posible incendio, arco electrico	Colocar dispositivos de protecciones para sobre corrientes, instalación de cable de la estructura hacia la malla de tierra.	Realizar revisión y verificación de los dispositivos y la puesta a tierra
MAS	MAS TENSION	Desbalance en las fases	posible elevacion de potencial al 10%, pudiendo afectar al aislamiento de los equipos en servicio o durante el un posible incendio arranque provocando calentamiento y	Distribución simétricas de las cargas, programación de parámetros de sobre voltaje del relé de protección.	verificación y revisión de la distribución de las cargas y de los relé.
MAS	MAS CORRIENTE	Corto-circuito	Calentamiento del cable encendiendo el	Colocar dispositivos de	Realizar revisión y
		Sobrecarga	Perdida del aislamiento por	Distribución correcta de las	revisión y verificación

Con esta tabla de HAZOP se tiene la referencia para dar una magnitud al riesgo existente a un nodo aplicando la siguiente formula:

GR: $GD \times PO \times FE \times NP$; donde:

GR es el grado de riesgo.
GD es la gravedad del daño.

PO la probabilidad de ocurrencia.
FE es la frecuencia de exposición.
NP el número de personas.

Con esto se establece el nivel de riesgo (Tabla 5.2) para tomar las medidas adecuadas en los lugares donde el riesgo sea mayor para lograr reducirlo, evitando daños a personas y equipos.

Tabla 5.2 Resumen del grado del riesgo

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		ECOELECTRIC						Revisión	Página
		EVALUACION DE RIESGOS						N°001	Fecha: Jul/08
N°	RIESGO - EVENTO	IMPACTO EN ÁREA-PROCESO	GR	MAGNITUD DEL RIEZGO				GRADO DE RIESGO	
				GD	PO	FE	NP		
RIESGOS ASOCIADOS A LAS OPERACIONES CONSTRUCCION MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA									
1	No tensión - Arco eléctrico / Corto circuito	Lado de alta	4,8	6	4	0,2	1	Muy Bajo	
2	No tensión - Sobre carga / Arco eléctrico	Breaker de potencia	96	8	6	1	2	Alto	
3	No tensión-Arco eléctrico/cortocircuito	Lado de baja	4,8	6	4	0,2	1	Muy Bajo	
4	Mas tensión-Calentamiento/corto circuito	Lado de alta	24	6	4	1	1	Medio	
5	Mas tensión-Arco eléctrico/flama	Breaker de potencia	64	8	4	1	2	Alto	

5.2 Método de GRETENER

Este es un método cuantitativo [8] dedicado a la evaluación de riesgo de incendio a edificaciones para esto toma en cuenta factores inherentes al edificio, a las protecciones contra incendios y al peligro de activación del fuego. El se basa en una formula general:

$$B = P / M$$

Donde, B es la exposición al riesgo de incendio, P es el factor de peligro y M los factores de protección, de esto se tiene que en P el método evalúa la parte combustible contenida en los elementos esenciales de la construcción (estructura, suelos, fachada, techos), el eventual tamaño del área donde está el centro de control y el nivel de la planta considerada así como la altura útil y en M las medidas de los factores de protección que se dividen en medidas normales, medidas especiales y medidas constructivas

$$B = [(q \cdot c \cdot r \cdot k \cdot i \cdot e \cdot g) / (N \cdot S \cdot F)]$$

Donde, N es las medidas normales de protección, S las medidas especiales de protección, F las medidas constructivas de protección, además q es el factor de carga térmica mobiliaria, c el factor de combustibilidad, r el factor de formación de humos, k el factor de corrosión / toxicidad, i el factor de carga térmica inmobiliaria, e el factor de nivel de la planta o local, g el factor de tamaños compartimentos cortafuegos y relación longitud/anchura.

Con todos estos factores se analiza el nivel de riesgo de incendio presente en el edificio de casa de fuerza específicamente el área del CCM, además una vez obtenido el valor de B se puede obtener el valor del riesgo de incendio efectivo multiplicando este por

el peligro de activación A y realizando la relación con el riesgo de incendio aceptado obtenemos el valor de “y” [2] en cual determinara si las seguridades contra incendio son aceptables. El valor encontrado dentro del CCM es mayor a 1 por lo cual el riesgo es aceptable, no obstante el índice es de 1.04 que esta muy cercano al limite, con esto podríamos decir que se podría mejorar la seguridad contra incendios mediante la instalación de un sistema de detección automática o la instalación de bocas de incendio equipadas (BIES).

Referencias

- [1]. ESPOL. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación, Gallo J. TÓPICO DE GRADUACIÓN. “Estudio para la Valorización de Riesgos en Sistemas Eléctricos Industriales y Comerciales en Media y Baja Tensión, 2007.
- [2]. Universidad de Almería, García C. Evaluación del Riesgo Guardería “Universidad de Almería, 1981, pp. 2-27.
- [3]. NFPA National Fire Protection Association. NFPA 101 Código De Seguridad Humana, 2000, “Sección 7.10”.
- [4]. NFPA. National Electrical Code “NEC”, 2002.
- [5]. NFPA. National Fire Protection Association. “NFPA 70E. Handbook Of The National Electrical Code”, 2004.
- [6]. NOM. Norma Oficial Mexicana. Instalaciones Eléctricas (utilización), 2003.
- [7]. ECOLECTRIC, Departamento Eléctrico. “Diagrama Unifilar”, 2007.

- [8]. UNIVERSIDAD ESTATAL DE GUAYAQUIL,
Facultad de Ingeniería Industrial. “Diplomado
En Seguridad E Higiene Y Salud Ocupacional”,
Tercera Versión, 2007.