

*INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA*

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO.

Tema: Rehabilitación del sistema automático en radiadores para el enfriamiento de agua en los motores HYUNDAI de 2.5 MW en la Termoeléctrica de Feltón.

Autores: Raidel Palacio Reve.

Tutores: Ing. Keyler Cobas.
Ing. Maikel Núñez Estenoz.

Moa
Curso 2013-2014
Año 56 de la Revolución

Declaración de autoridad

Yo Raidel Palacio Reve, autor de este trabajo de diploma titulado: "Rehabilitación del sistema automático en radiadores para el enfriamiento de agua en los motores HYUNDAI de 2.5 MW en la Termoeléctrica de Feltón. Certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

Autor:
Raidel Palacio Reve

Tutor:
Ing. Keyler Cobas

Tutor:
Ing. Maikel Nuñez Estenoz

PENSAMIENTO

El hombre no se mide por las veces que se cae, sino por las veces que se levanta y sigue adelante.

Anónimo

En la tierra hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y den más, que digan mejor ahora que mañana.”

Ernesto Guevara

DEDICATORIA

La realización de este trabajo está dedicada a mi mamá, Dayamí Reve Fuentes, al puro Vladimir Lá O Vargas y a mis abuelos. Estos que siempre respetaron mis decisiones dandome lo mejor de si.

AGRADECIMIENTOS

- ❑ Voy a comenzar por mis tutores, el Ing. Eléctrico Maikel Núñez Estenoz por la paciencia, confianza y dedicación, que depositó en mí para la realización del trabajo. También al ing. Keyler Cobas del ISMM por la ayuda brindada.
- ❑ A mi madre Dayamí Reve Fuentes, al puro Vladimir La O Vargas, a mis abuelas Dolores, Gloria y mi abuelo Mayito. Por soportarme y estar siempre a mi lado aún en los momentos más difíciles.
- ❑ De corazón a Casas, Andrea, Dennis, El negro, Ricart, ileana, la geno, mundo.
- ❑ En la familia, mis tíos RICART, Mari, Pedro, Laura, CECI, Mulata, Anita y la sospe Silvita. A Tomasito (pichun), Yoannia, Mi papá.
- ❑ A mis compañeros y amigos tanto de la universidad como del barrio. Por darme siempre el mejor consejo de todos NO TE RINDAS. Guille, Aurelio, Ernesto (toqui), Enrique, Pedro, Titi, Aguja. El personal de la oficina, A Rolando (EVO), al señor Pototo, Jam, Dennis, Giamnis, Milena (El Negrón) Frank, Leo, viky y las contadoras (ñequete, la pelua, boca e jarro y casorla).
- ❑ Al colectivo de trabajadores de Felton por su camaradería sin límites, a Iván, Maceo, Pepe, Raúl, Cesar, KIKE vuelta larga, Yunier el cuadro, Alexis, Wilfredo y los operadores del FUEL.
- ❑ Yaniel Salazar, Arianna M, Iranovich, a Jon (Manolo), Daylen, Marlon, Alayo, Ramón, Murphy, Yovany, Yane, Pavel.
- ❑ A los profesores de la facultad Eléctro-Mecánica que siempre me aconsejaron, Marbelis, Raudelkis Caraballo, Rojas, Naché, el chino, el chinito (el cener) y muy especial a la mejor de todos BLANQUITA.
- ❑ A Varinaga (el mata práctica), Eliober, Yoandi, Melinda, Deysi, Andy, Manuel, Yuli e Indira.
- ❑ El ultimo y no menos importante para los que no creyeron en mi BESOS.

De parte de un amigo MUCHAS GRACIAS.

Raidel Palacio Reve

RESUMEN

En el presente trabajo se implementa la rehabilitación del Sistema Automático en los radiadores del Grupo Electrógeno (G.E). HYUNDAI de 60 MW en Felton. El cual establecerá el control de estos mediante la variable temperatura. Para el trabajo se empleará como SCADA a WinCC, ya que el mismo ha demostrado su eficiencia en muchos sistemas tecnológicos. Citando como ejemplo todas las plantas de este tipo ubicadas en el país. Mediante este sistema podremos observar sus diferentes temperaturas, comportamiento y controlar así la entrada o salida de los motores eléctricos a los radiadores desde la sala de control.

Acción que se efectuará automática o manualmente según las necesidades que puedan surgir en la planta. Constituyendo un paso de avance para la planta y en especial para los operadores, debido a que no tendrán que trasladarse continuamente a los radiadores para comprobar el estado de los radiadores. Acción que les permitirá la observación y toma de decisiones para operar el sistema a distancia en un menor tiempo.

Logrando un enlace entre sensores y accionamientos con la computadora mediante un autómeta SIEMENS del tipo S7-300. Luego se realizaran todas las configuraciones correspondientes de hardware y software, para comprobar el estado del sistema por varios días. Además de incorporar un control parametrizable para registrar la temperatura del sistema, coordinando así la temperatura con el trabajo de los motores eléctricos. De ahí que los resultados obtenidos en esta investigación servirán de apoyo a otras, referidas en especial al comportamiento energético de los accionamientos implicados, así como las perturbaciones incidentes y las diferentes condiciones operacionales.

ABSTRACT

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL	I
CAPÍTULO 1	7
Aspectos teóricos de interés y particularidades de los sistemas de radiadores para el enfriamiento de agua en motores-generadores diesel	7
1.1 Introducción:	7
1.2 Motor-Generador:.....	7
1.3 Estudios Precedentes:.....	8
1.4 Reseña histórica del Sistema Automático de Medición y Control anterior en el sistema de radiadores del grupo electrógeno:.....	9
1.5 Características y funcionamiento de los sistemas de enfriamiento del grupo electrógeno de Felton:	11
1.6 Principales insuficiencias en el monitoreo y control del Sistema Automático de los radiadores:.....	12
1.7 Marco conceptual, característica de la variable y sensores correspondientes:	13
1.7.1 Sensores y transmisores empleados para la variable temperatura:	14
1.7.2 Principio de funcionamiento de la termo-resistencia:.....	14
1.7.3 Construcción:.....	15
1.8 Funcionamiento del convertidor de temperatura:.....	15
1.8.1 Construcción mecánica:.....	16
1.9 Conclusiones parciales:.....	17
CAPÍTULO 2	18
Arquitectura actual de los radiadores y el Sistema de medición-Control propuesta	18
2.1 Introducción:	18
2.2 Problemática:.....	18
2.5 Características de la variable seleccionada:.....	20
2.7 Estructura del Software Supervisor WinCC para la aplicación específica:	22
2.8 Estructura del hardware:.....	24
2.8 Autómata utilizado:	26
2.9 Configuración en el Software de programación del Hardware:.....	29

2.9.1 Requerimientos técnicos:.....	31
2.10 Conclusiones parciales:.....	34
CAPÍTULO 3	35
Descripción del Software y el SCADA además de una breve valoración económica del Sistema de Control Propuesto.....	35
3.1 Introducción:	35
3.2 Procesamiento de datos en el Software Supervisor WinCC:	35
3.2.1 Protocolo de comunicación ETHERNET:.....	37
3.3.1 Configuración del SCADA WinCC en la estación de operación:.....	39
3.5 Valoración económica:.....	45
Consumo y ahorro de energía:	45
3.6 Impacto Ambiental:	48
3.7 Valoración social:.....	49
3.8 Conclusiones parciales:.....	50
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS 1	54
ANEXO 2.....	56
ANEXO 3.....	57

INTRODUCCIÓN GENERAL

El ahorro de energía de manera racional en la actualidad conlleva a las más variadas investigaciones científicas a escala global. Tal es así que los motores eléctricos consumen la mayor parte de la energía producida en cualquier instalación o industria (60% o más). De modo que cualquier trabajo relacionado a contribuir con el mejoramiento de la operación y rendimiento de estos es de suma utilidad.

Nuestro país no ajeno al problema encamina numerosos estudios y acciones mediante empresas como Ecosol Solar, UNE, centros docentes, y de investigación al análisis de esta situación. La solución en sentido común es utilizar los consumidores en las horas lógicas y que este rango de tiempo sea lo más óptimo posible. Situación que se ha ido agudizando con la demanda en ascenso del Sistema Electro energético Nacional (SEN). Por ejemplo con el surgimiento de la Revolución Energética en nuestro país.

Fue necesario incrementar la capacidad de generación eléctrica emplazando diferentes grupos electrógenos (GE) por todo el país, entre los que se destacan los Fuel Oil. Un ejemplo de estos se encuentra en la localidad de Felton, específicamente en el área de la termoeléctrica donde se emplazaron 24 motores-generadores del fabricante HYUNDAI con una potencia de 2,5 MW cada uno. El mismo está dividido en seis baterías de 10 MW compuestas por 24 motores-generadores, lo que permite una capacidad de generación total de 60 MW.

Para la explotación de estos grupos se realizan una serie de tareas que tributan a un mejor desempeño de los mismos. Entre las que podemos mencionar algunas como el sistema de tratamiento de combustible, los sistemas de control y los de enfriamiento o radiadores. Estos últimos de los que cada motor de combustión posee uno individual, para lograr hacer circular a través de conductos por dos circuitos internos de enfriamiento agua. La cual es la encargada de mantener las diferentes partes del motor de combustión a temperatura estable, según los parámetros de construcción del fabricante. Durante la circulación del agua como refrigerante esta se desplaza por las camisas de los cilindros en los motores. Proceso que ocurre mediante la acción de una tarjeta electrónica automática, un circuito de fuerza y una serie de equipos auxiliares

encargados de hacer circular el agua, al mismo tiempo que muestrea su temperatura. Para de este modo permitir la entrada o salida de los motores eléctricos a los radiadores. El circuito de fuerza y las tarjetas electrónicas automáticas del sistema se encuentran a la intemperie no cumpliendo las normas IP establecidas, lo que provocó la avería de estos. Afectación que disminuyó la capacidad de respuesta del GE para con el SEN y a la propia termoeléctrica de Felton, a causa de que este grupo opera paralelamente con los mismos. Trayendo consigo el incremento de pérdidas por transmisión al SEN, pues muchas cargas deben recibir el suministro desde otras plantas distantes.

Por lo que se pierde la funcionalidad del Grupo Electrónico como regulador de la demanda en los diferentes horarios especialmente en la madrugada. Debido a las afectaciones expuestas anteriormente, se instalaron todos los motores eléctricos del sistema de radiadores paralelamente al arranque de los motores-generadores. Situación que provisionalmente resolvió el problema, hasta que comenzaron a ocurrir averías en los motores eléctricos. Ya que estos no están diseñados para el extendido régimen de trabajo al que se encuentran expuestos; sumando además el elevado consumo energético que ocurre por cuenta de estos. Por lo que nos dimos a la tarea de realizar un estudio referente a la situación actual; tanto particular como nacional para dar solución al problema en general.

A raíz de lo antes expuesto definimos como situación problemática:

Que la conexión paralela de los motores eléctricos de los radiadores y los motores-generadores trae consigo una serie de inconvenientes. En un principio el elevado consumo energético de los radiadores, debido a los largos periodos de trabajo a los que se encuentran expuestos. Lo que trae como consecuencia la avería de estos, implicando la reposición de los mismos. Debido a que estas unidades son selladas y no es posible repararlas. Situación que contribuye al mal funcionamiento de los radiadores permitiendo elevadas temperaturas en estos y continuos disparos de los motores-generadores. Lo que afecta la producción de energía del Grupo Electrónico (GE) y por consiguiente al Sistema Electro energético Nacional (SEN).

Por lo antes referido se declara como problema de la investigación:

Los motores-generadores y los radiadores fueron conectados en paralelo, de manera que los motores eléctricos en los radiadores trabajan la mayor parte del tiempo innecesariamente. Lo que acarrea un consumo energético excesivo a la vez que reduce el tiempo útil de estos.

Como objeto de estudio de la investigación se plantea:

Los motores HYUNDAI 2.5 MW de la Termoeléctrica de Feltón.

Campo de acción:

El sistema automático para el enfriamiento del agua de alta en las camisas de los motores HYUNDAI de 2.5 MW en Felton.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente hipótesis:

De rehabilitarse la automatización del sistema de radiadores para el enfriamiento de agua en los motores HYUNDAI 2.5 MW, se logrará un ahorro energético considerable,

debido al menor consumo de combustible y la disminución de averías en los motores eléctricos del sistema. Lo cual incrementará la disponibilidad de este, a la vez que prolongará el período de tiempo entre mantenimientos. Contribuyendo al mejoramiento de la transmisión de energía eléctrica, paralelamente a la termoeléctrica aledaña y el Sistema Electro energético Nacional (SEN).

Teniendo en cuenta la hipótesis planteada, se define como Objetivo del trabajo:

Rehabilitar la automatización de los radiadores de enfriamiento para el agua de alta en los motores Hyundai 2.5 MW mediante un sistema de control.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar el sistema de radiadores del emplazamiento, así como su función en estos.
2. Elaborar una base de datos mediante la realización de mediciones.
3. Proponer un sistema de control para los radiadores mediante un sistema SCADA.
4. Lograr una mayor eficiencia energética.
5. Realizar una valoración técnico económico.

Tareas a realizar:

1. Caracterizar el proceso tecnológico del emplazamiento.
 - Obtener documentación de trabajos precedentes.
 - Caracterización técnico operacional.
 - Identificar las variables de control.
 - Marco teórico.
2. Evaluación del sistema eléctrico del área.
 - Determinar estado técnico y causas principales de las averías.
 - Obtener la data de mediciones.
 - Realizar una evaluación de la estructura.
3. Caracterización del sistema propuesto junto a su valoración económica.
 - Caracterización de Software y Hardware.
 - Descripción de la comunicación, SCADA, Autómata, termo-resistencias y sistemas de radiadores
 - Determinar el índice de consumo.



CAPÍTULO 1

Aspectos teóricos de interés y particularidades de los sistemas de radiadores para el enfriamiento de agua en motores-generadores diesel

1.1 Introducción:

En este capítulo se presentan los aspectos generales relacionados al enfriamiento de agua en los radiadores pertenecientes a un sistema de motores-generadores asociados a la producción de energía eléctrica mediante grupos electrógenos. Ocupando temas relacionados con algunas especificaciones de los instrumentos de medición utilizados y los objetivos de su empleo mediante la iteración con los sistemas. Se abordará también la estructura del SCADA a utilizar en la investigación. En este caso el sistema de supervisión de procesos WinCC. Además de hacer referencia a los aspectos teóricos de cada uno de los elementos que forman parte del proceso.

1.2 Motor-Generador:

Es un conjunto formado por un motor de combustión interna (1.1), acoplado mecánicamente a un generador eléctrico (1.2), mediante sus ejes de rotación. En el que el motor diesel desarrolla la rotación del conjunto, mientras que el generador crea la corriente eléctrica de salida con la energía que fluye entre las dos máquinas como un par mecánico; esto proporciona el aislamiento eléctrico y un amortiguamiento del poder entre los dos sistemas eléctricos. Los motores-generadores son empleados para en los horarios de máxima demanda de energía, suplir parte de la demanda del SEN, evitando que los grandes generadores de las termoeléctricas tengan que elevar su potencia y operar en régimen de sobrecarga. A la vez que proporcionan la coincidencia de fases en los sistemas eléctricos y amortiguan las cargas extremas conectadas al sistema energético.

Ya que por mediación de estos es mas fácil controlar o estabilizar la frecuencia del sistema.

El motor diesel es un motor térmico de combustión interna el cual logra su encendido a partir de las altas temperaturas producidas por la compresión del aire en el interior del

cilindro. El cual funciona mediante la ignición de la mezcla aire-gas sin chispa. Lo que crea la temperatura que inicia la combustión y un aumento de la presión que se produce en el segundo tiempo del motor o sea la compresión. Después el combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura. Como resultado, la mezcla se quema muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. Para que la biela transmita este movimiento al cigüeñal haciéndolo girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación. Todo este proceso debido a la fricción que desarrolla provoca elevadas temperaturas en el motor.

A partir de esto se desarrolla un sistema radiador, el que es conectado a una serie de canales internos dentro del bloque del motor, para mediante una bomba hacer circular agua de refrigeración por estos. La principal función de esta es mantener todos los componentes dentro del rango de temperaturas de diseño del motor, evitando su destrucción por deformación o estrangulamiento. El sistema está diseñado para usar agua fresca normal con inhibidor de corrosión. Así el agua refrigerante circula por la bomba, el enfriador de aire de carga y el enfriador de aceite lubricante internamente. Para que una válvula termostática controle la temperatura intercambiando agua con el circuito externo. Al circular esta debido a la bomba, fluye por las cabezas y las camisas de los cilindros bajo operación normal. Las dos bombas de agua refrigerante son de tipo centrífugo y son conducidas por una rueda de cojinete al lado libre del motor.

Una es para la circulación del agua refrigerante de alta temperatura y la otra es para el agua refrigerante de baja. Mientras que el generador es accionado por medio de su rotor, el cual se encuentra acoplado mecánicamente a un motor de combustión interna. Estos poseen enfriamiento por aire, el cual ocurre por las aspas ubicadas en sus rotores que al girar extraen aire del exterior de manera axial. Estos generadores son trifásicos, mientras su conexión de salida es en estrella, además son excitados con corriente directa. Entregando así una potencia de salida de 2.5 MW al Sistema Electro energético Nacional.

1.3 Estudios Precedentes:

En una investigación científica según lo planteado por Aróstegui, J.M.y otros en 1975, cualquier área del conocimiento debe siempre estar sustentada por una investigación

empírica y por otra teórica. De ahí que sea necesario utilizar los métodos que caracterizan a cada una de ellas para desarrollar científicamente las mismas, a partir de una clara caracterización del objeto, del planteamiento del problema, los objetivos, la hipótesis y las tareas. Para desarrollar la investigación fueron consultados diferentes trabajos y estudios, orientando la revisión bibliográfica en dos líneas fundamentales; por una parte, la información relacionada con el enfoque teórico y metodológico del estudio a realizar y por otra, los trabajos sobre los temas de medición de temperatura, la automatización de motores mediante autómatas lógicos programables así como todo lo relacionado con métodos para lograr mejoras en cuanto al ahorro de energético en el conjunto motor-generator. Resumiendo que la mayor parte de las bibliografías referentes al tema, se basan en variadores de velocidad, comportamiento de temperaturas, fluidos, sistemas de refrigeración; además del comportamiento energético asociado a estos. Siendo de gran ayuda los conocimientos adquiridos, como el comportamiento de la temperatura, los fluidos, y el consumo energético asociado antes y después de realizados estos. A la vez que fueron desechados temas como, la climatización y los variadores de velocidad.

Estos últimos que por ejemplo son de un costo muy elevado para el país en el mercado internacional. Sumando a esto que de ser empleados los variadores, los motores eléctricos seguirían trabajando la mayor parte del tiempo. Una vez leídos los estudios precedentes, encontramos otras variantes para el control de los radiadores. Dentro de las cuales la más adecuada desde nuestro punto de vista fue, emplear los PLC del fabricante SIEMENS. Los mismos se encuentran en uso en la planta, controlando los equipos comunes de las baterías y cuentan aun con capacidad de desarrollo para otras tareas, como la que nos ocupa.

1.4 Reseña histórica del Sistema Automático de Medición y Control anterior en el sistema de radiadores del grupo electrógeno:

El control anterior estaba diseñado como se muestra en la **figura 1.1**. Las tarjetas electrónicas junto a los circuitos de fuerza se encontraban situadas en los mismos paneles (**1.2**). Los cuales fueron instalados en el patio de los motores eléctricos del sistema de radiadores a la intemperie. Su funcionamiento se centraba en la temperatura registrada mediante un termo-resistencia ubicada a la salida de los radiadores. De este

modo cuando el agua alcanzaba los 80 °C las tarjetas electrónicas accionaban el circuito de fuerza energizando los motores eléctricos. Así estos entraban o salían de servicio por parejas en dependencia del comportamiento en la temperatura del agua. Luego producto a las lluvias, las altas temperaturas, el salitre y la corrosión a causa de los gases tóxicos emanados de la central termoeléctrica situada a solo unos metros de este emplazamiento empezaron a ocurrir averías en las tarjetas electrónicas.

Al ocurrir estas fallas, los radiadores dejaban de trabajar total o parcialmente. Provocando elevadas temperaturas en el agua de enfriamiento para las camisas de los cilindros en los motores-generadores. Como consecuencias estas comenzaron a sobre calentarse, por lo que en muchas ocasiones eran puestos fuera de servicio, afectando al SEN.

Sumado a esto, el trabajo se hacía muy difícil para los operadores de la planta. Debido a que no contaban con una referencia visual en la sala de control con relación al comportamiento de los radiadores; por lo que debían trasladarse a estos continuamente. A raíz de esto, las averías en los paneles seguían incrementándose y no existían piezas de repuestos. Por lo que fueron anuladas las tarjetas electrónicas, de este modo los circuitos de fuerza en los radiadores quedaron conectados directamente al arranque de los motores-generadores. Acción de emergencia que se tomó para no afectar la producción de la planta la cual es de gran importancia para el SEN.

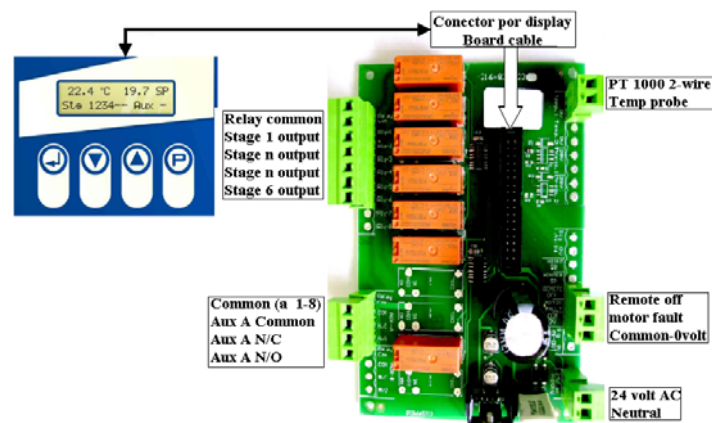


Figura 1.2. Tarjeta electrónica controladora de temperatura

1.5 Características y funcionamiento de los sistemas de enfriamiento del grupo electrógeno de Felton:

Para poder conocer el estado de los sistemas tecnológicos se necesitan estudios minuciosos en los que juega un papel fundamental la instrumentación. Un caso específico de alto costo en materia de mediciones de variables no eléctricas lo constituye la temperatura. Esta que en el objeto de estudio es realmente significativa debido a que es la variable fundamental para el funcionamiento del sistema de radiadores.

Los grupos electrógenos de fuel oíl están constituidos por un motor de combustión interna acoplados a un generador sincrónico trifásico. Además de una serie de equipos y dispositivos auxiliares que son los encargados del suministro de las materias primas necesarias en el proceso de combustión y generación de energía eléctrica. Para obtener un funcionamiento eficiente tanto en el equipamiento como en la distribución energética. El emplazamiento cuenta con un sistema de tratamiento de combustible, compresores, caldera recuperadora de vapor y para cada batería un sistema de almacenamiento de combustibles y lubricación. También posee sistemas de control, una planta de tratamiento químico de agua, un sistema de arranque en negro además del sistema de enfriamiento o radiadores para los motores diesel.

En el caso de los radiadores, cada motor tiene dos circuitos internos de enfriamiento por agua; que son el sistema de baja y el sistema de alta temperatura (1.4). La mayoría de los circuitos son modulares y montados directamente al bloque de alimentación. Este sistema es necesario dada la cantidad de calor que se desprende durante el proceso de combustión en los cilindros a causa del rozamiento entre una gran cantidad de piezas que conforman el motor. Este proceso se efectúa utilizando un fluido, en este caso agua que actúa como refrigerante. De modo que este es el encargado de evacuar las altas temperaturas a las que se exponen estas piezas. El sistema evacua aproximadamente entre un 20 y 25% de la temperatura creada por la combustión.

Durante el proceso de enfriamiento se evitan fallas del motor debido al sobrecalentamiento del aceite y los esfuerzos por fricción entre las partes del motor como consecuencia de las elevadas temperaturas. Por lo que es importante que el aceite conserve su viscosidad, ya que la disminución de la viscosidad en este puede causar un aceleramiento en el desgaste de las piezas; como son los cilindros, culatas,

pistones, cuerpos de las válvulas de escape, el colector de escape, los turbo compresores, inyectores así como las coronas de los pistones. En especial en motores de alta potencia o caballaje como es el caso.

1.6 Principales insuficiencias en el monitoreo y control del Sistema Automático de los radiadores:

Respecto a las insuficiencias podemos mencionar que los paneles de control fueron afectados debido a la humedad, las altas temperaturas y corrosión a la que se encuentran expuestos (1.3). Los operadores no contaban con una referencia visual del sistema de radiadores, no tenían acceso a estos desde la sala de control.

Por lo que no podían operar el sistema de forma manual, ni automática; de hay que se veían obligados a trasladarse constantemente hasta el patio donde se encuentran los radiadores. Para observar el valor de la temperatura del agua y así operar los motores-generadores a menor o mayores potencias (1.5). Esta era la única solución para controlar el estado de la temperatura en los Motores-generadores, con los menores números de disparos. Por otro lado los circuitos de control en estos paneles son electrónicos y no están diseñados para trabajar en este tipo de condiciones climatológicas. Sumado a esto, la falta de piezas de repuestos para el sistema. En especial las tarjetas electrónicas automáticas ubicadas en los paneles junto a los circuitos de fuerza. Lo que trajo como consecuencia la indisponibilidad del sistema automático de control.

Problemas con el equipamiento:

Con relación al equipamiento se procedió a evaluar el número de IP, según las normas de fabricaciones internacionales en los paneles y las termorresistencias pt 100. Una vez realizada la evaluación se llegó a la conclusión de que las termorresistencias y los circuitos de fuerza no presentaban ningún problema respecto a sus IP. No ocurriendo así con las tarjetas electrónicas automáticas ubicadas en estos. Ya que estas debido a su construcción se encuentran en el rango de los circuitos electrónicos, los cuales no deben estar expuestos a temperaturas mayores a los 35 °C. Lo que trajo consigo una serie de tarjetas electrónicas averiadas sin reparación. A la vez que los paneles tampoco cumplían con las normas establecidas, ya que el material de fabricación de estos no es apto para las condiciones climatológicas a las que se encuentran

expuestos. Sufriendo severos daños a consecuencia de los gases emanados por la central termoeléctrica ubicada a solo unos metros de estos, el salitre marino y otros factores medioambientales.

Problemas tecnológicos:

La temperatura del agua de enfriamiento en los motores-generadores no estaba controlada, siendo esta la variable principal en este proceso. De manera que en ocasiones ocurrían disparos o salidas de línea de los motores-generadores como consecuencia. Al mismo tiempo causaba pérdidas de generación eléctrica afectando la estabilidad del SEN. Producto a la indisponibilidad de este sistema de control, los radiadores trabajan de modo continuo. Significa esto que al arrancar un motor-generador o varios, todos los motores eléctricos de los radiadores también lo hacen. Esto acarrea un consumo energético innecesario, debido a que en ese momento la temperatura del agua se encuentra muy por debajo a los 80 °C. Momento a partir del cual debe entrar la primera pareja de estos a operar en el proceso de enfriamiento (1.6).

1.7 Marco conceptual, característica de la variable y los sensores correspondientes:

a) Medición de temperatura:

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes e importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, velocidad de captación de la temperatura, distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor además del tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios. Los instrumentos de temperatura son fabricados respecto a diversos fenómenos que son influidos por la temperatura entre los cuales figuran:

- Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia).
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).

- f.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares ó termo-resistencias).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- Otros fenómenos utilizados en laboratorios (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal.).

1.7.1 Sensores y transmisores empleados para la variable temperatura:

Para la medición de esta variable se emplearon termo-resistencias Pt 100 con convertidor en el cabezal, rango de medición de 0 a 100°C. Con una longitud de inmersión de asta 100mm, una toma de proceso de 1/2 npt. También poseen rosca deslizante y termo pozo de 10 mm de diámetro incorporado, además de una salida entre 4 y 20mA.

1.7.2 Principio de funcionamiento de la termo-resistencia:

La corriente que circula por el termómetro calienta el bimetálico para luego establecer una comparación respecto al fluido a medir. El error de calentamiento provocado decrece con el cuadrado de la corriente y de forma lineal con el valor óhmico de la correspondiente resistencia de medida. Además de la dimensión de la corriente, el error depende también de la construcción de la termo resistencia y la transferencia de calor entre la vaina protectora y el medio a medir.

Los instrumentos indicadores que operan por galvanómetro y aguja requieren una gran potencia. En este caso, la corriente por el termómetro no deberá superar 10 mA para mantener el error por calentamiento dentro de los límites admisibles. Al medir la temperatura de gases con una velocidad de flujo muy baja, el error por calentamiento resultará considerablemente mayor que si se mide la temperatura en gases o fluidos que circulan a gran velocidad. El error por calentamiento puede desatenderse en caso de velocidades de flujos muy grandes.

En el caso de las termo resistencias tipo PT 100, significa que estas, a 0 °C su valor resistivo es igual 100 ohm. Así al aumentar la temperatura, la corriente aumenta de forma proporcional y la resistencia disminuye. Esta señal resistiva llega al convertidor de manera analógica, este utilizando su variación la convierte en una señal de salida de entre 4-20 mA análoga. Luego esta ultima se traslada al convertidor análogo digital del

autómata, para ser transformada en una señal digital. Y una vez digital ser enviada a la computadora y al SCADA del proceso a emplearse.

1.7.3 Construcción:

La resistencia de los cables internos está indicada en la unidad de medida, siempre que sea mayor que $0,2 \Omega$. Las unidades de medida están rellenas con un polvo aislante térmico el que cubre tanto la resistencia de medida como los cables internos y proporciona una alta resistencia a las vibraciones (para temperaturas hasta $600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ó $1112 \text{ }^{\circ}\text{F}$). Las resistencias están encapsuladas en un cuerpo cerámico. De forma tal que si las vibraciones en el punto de montaje superan los valores habituales, entonces convendrá utilizar las unidades de medida con la especial resistencia a las vibraciones para temperaturas de hasta $450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($842 \text{ }^{\circ}\text{F}$). En éstas, la resistencia está encapsulada en un cuerpo de vidrio fundido y homogéneo. En la **figura 1.1** se muestra una imagen física de una termo resistencia.

Componentes principales:

- Unidad de medida con resistencia de medida.
- Tuvo con placa de soporte.
- Zócalo de conexión con resortes y 2 ó 3 cables internos de alambre revestido de Cu-Ni por cada resistencia de medida Pt 100.



Figura 1.1. Termo-resistencia

1.8 Funcionamiento del convertidor de temperatura:

La señal suministrada por la termo resistencia Pt 100 la cual es un sensor de temperatura con conexión a 3 hilos se amplifica en la etapa de entrada. La tensión

proporcional a la magnitud de entrada se digitaliza a continuación en el convertidor analógico-digital (1) de la **figura 1.2**, el microprocesador (2) se encarga de convertir las señales en función de la característica del sensor y de otros parámetros como la amortiguación, resistencia del cable y la temperatura. En el convertidor digital-análogo (3), la señal preparada se transforma en una corriente continua de 4 a 20 mA independiente de la carga. La fuente de alimentación auxiliar (4) se encuentra en el circuito de salida.

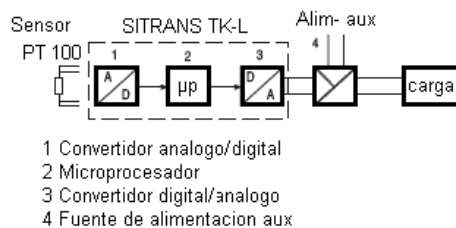


Figura 1.2. Esquema del convertidor de temperatura

1.8.1 Construcción mecánica:

- ❑ Su peso es de 50 g (0.11 lb) y están contruidos de material plástico, encapsulado. En la figura a continuación se muestra una imagen física del convertidor (a) y sus respectivas conexiones (b y c).
- ❑ Grado de protección
- ❑ Caja IP40.
- ❑ Bornes IP00.

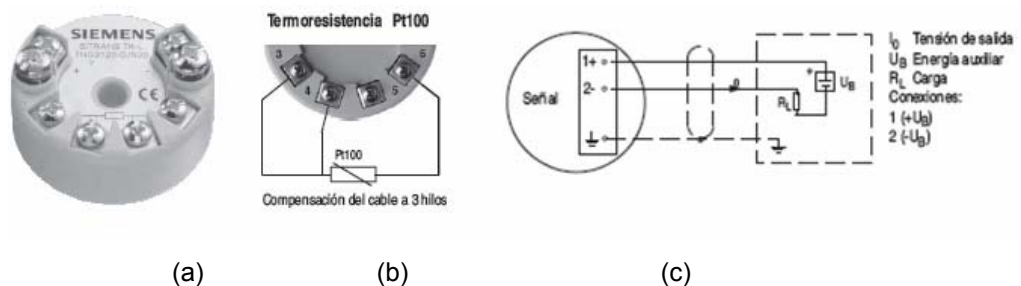


Figura1.3. (a) Convertidor de temperatura

(b) Conexión del sensor al convertidor

(c) Conexión del convertidor

1.9 Conclusiones parciales:

En el capítulo se brindaron conocimientos generales relacionados con el funcionamiento de motores-generadores y sus sistemas de enfriamiento. La situación actual del equipamiento, el cual no cumple las condiciones necesarias. Por lo que según el estudio realizado concluimos en que:

- Las tarjetas electrónicas automáticas encargadas de controlar el sistema, están averiadas y no se poseen piezas de repuestos.
- El proceso en el que participan los radiadores incide de forma negativa en la eficiencia, ya que en estos momentos son grandes consumidores energéticos.
- Los radiadores están sometidos a extensos períodos de trabajo.

CAPÍTULO 2

Arquitectura actual de los radiadores y el Sistema de medición-Control propuesta

2.1 Introducción:

En este capítulo aparece la estructura del sistema de medición para el control de temperatura propuesto a implementar en los radiadores del grupo electrógeno de feltón. En él se estudió de manera detallada la temperatura del agua de enfriamiento para las camisas de los pistones en los motores diesel como variable principal en el funcionamiento del sistema de radiadores. Para de esta forma establecer un control con medición continua de la variable. Y así lograr que este mantenga el agua a la temperatura deseada, permitiendo las entradas y salidas de los motores eléctricos al sistema de radiadores. Además se presentan de forma minuciosa los detalles del software de supervisión y sus potencialidades para esta aplicación específica. En el caso del hardware se describen las iteraciones entre los elementos del sistema, desde el sensor hasta la validación de las magnitudes. Tal es así que la conformación de este sistema se puede extrapolar para el estudio de otros grupos electrógenos.

2.2 Problemática:

El sistema de control automático estaba estructurado como muestra la **figura 2.1**. En el panel de control y fuerza se alojaba todo el programa de lógicas junto a los relés que accionaban los motores eléctricos. Luego comenzaron a ocurrir averías en las tarjetas electrónicas del sistema de radiadores y la función automática de estos quedó deshabilitada. Ante el colapso de la automática del sistema de radiadores, estos fueron conectados en paralelo al arranque de los motores-generadores. De modo que los motores eléctricos en los radiadores trabajaban a tiempo completo junto a los motores-generadores.

Por lo que se realizó un estudio para determinar las principales deficiencias del sistema. Una vez culminado, se determinó que estas deficiencias se encontraban relacionadas en general con los siguientes aspectos:

1- Panel de control y fuerza:

- Hardware dañado.
- No existen piezas de repuestos.
- Conexión eléctrica en paralelo producto al deterioro de las tarjetas de control.
- Estructuras exteriores afectadas por la corrosión.

2- Motores eléctricos:

- Rodamientos defectuosos.
- Enrollados quemados.
- Elevado nivel de corrosión en las aspas.
- Unidades eléctricas selladas.

Los largos periodos de trabajo, causan continuas averías en los radiadores, ya que los motores eléctricos de estos son unidades selladas. Y por las razones antes expuestas se procede a la continua importación de los mismos. También trabajan por parejas y al uno de los dos afectarse, salen de servicio de inmediato.

2.3 Datos técnicos de los motores eléctricos:

Los motores eléctricos se alimentan de los transformadores HYUNHDAI de uso de planta o auxiliares. Los cuales están conectados en estrella/delta con una relación de transformación igual a 6600/480V y una potencia nominal 750 KVa. Siendo proveedores energéticos del Grupo electrógeno de emergencia, el sistema de alumbrado, los paneles de control de los motores-generadores, compresores y otros. Como los motores del sistema de enfriamiento que están descritos por los datos expuestos en la **tabla 2.2** a continuación.

Tabla 2.2. Parámetros de los motores de los radiadores

No	Parámetros	UM	Valor
1	Corriente Nominal	I_n	5.2 A
2	Revoluciones	RPM	1120
3	Voltaje	Δ / Y	220 / 480
4	Potencia	kW	2.3
5	Frecuencia	Hz	60
6	Temperatura del Ambiente	$^{\circ}C$	36
7	Flujo de aire	M^3/seg	5.5

2.4 Arquitectura del sistema de radiadores actual:

El control de estos se realizaba mediante un sensor de temperatura ubicado a la salida del sistema de radiadores el cual indicaba la temperatura del agua. De manera que al alcanzar los 80 °C los motores eléctricos entraban en servicio por parejas hasta lograr la temperatura deseada o previamente programada (50-65°C). Como se muestra en la **figura 2.1**, la arquitectura actual de este sistema.

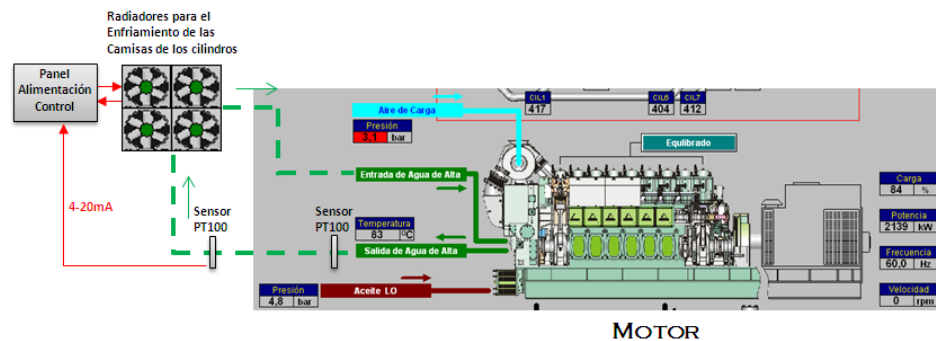


Figura 2.1 Arquitectura del control de temperatura actual en el sistema de radiadores

La pérdida del sistema automático de control en estos, es causa de grandes pérdidas tanto energéticas como económicas para el país. Influyendo de manera negativa en el correcto desempeño y funcionamiento de los motores-generadores del GE.

2.5 Características de la variable seleccionada:

La variable que caracteriza en su totalidad el proceso de enfriamiento en el sistema de agua de alta en los radiadores del grupo electrógeno se relaciona a continuación en la **tabla 2.1**.

Tabla 2.1. Variable a controlar del sistema de radiadores

No	Nombre de la variable	Rango de medición	Punto de Ajuste
1	Temperatura de Enfriamiento Circuito de Alta	0-150 °C	80 °C

Control de temperatura:

El control de temperatura en los radiadores mantiene el agua en un valor óptimo para el enfriamiento de los motores-generadores. Este proceso al que es sometida el agua Rehabilitación del sistema automático en los radiadores para el enfriamiento de agua en los motores HYUNDAI de 2.5 MW en la Termoeléctrica de Feltón

sobrecalentada al llegar a los radiadores es de suma importancia. Ya que debido a la fricción que provoca el movimiento en los motores diesel, muchas piezas metálicas son vulnerables a los cambios bruscos de temperatura. Lo que puede ocasionar averías a estos y en los casos más críticos deshabilitarlos parcial o totalmente. Entre las piezas más importantes con relación a las altas temperaturas figuran, las culatas, los pistones, las camisas de estos los cuerpos de las válvulas de escape, el colector de escape, inyectores así como las coronas de los pistones.

De ahí la razón para que estas no sufran deformaciones por cuenta de altas, ni bajas temperaturas. Ya que mientras las altas temperaturas son perjudiciales por lo antes expuesto; las bajas temperaturas también, tanto que pueden provocar la condensación del combustible en las camisas de los cilindros. Lo cual lavaría las películas de aceite de los cilindros, elevando el consumo de combustible y además desgaste, el cual no es deseado en ningún motor. Así estos lograrían operar correctamente, lo que es de vital ayuda para el sistema en general. Logrando una mayor eficiencia en el emplazamiento a causa de la disminución de disparos por temperatura.

2.6 Sistema de control propuesto:

En base al análisis realizado proponemos una serie de medidas las cuales citamos a continuación. Empezar por dejar en los paneles solos a los circuitos de fuerza; debido a que los mismos no han sufrido daños ante las condiciones climatológicas a las que se encuentran expuestos. Luego suplir el trabajo de las tarjetas electrónicas automáticas, por funciones implementadas en los autómatas SIEMENS instalados en la planta del tipo S7 300. Los cuales se encuentran en los paneles que atienden los equipos comunes de la batería y cuentan aún con capacidad suficiente para desarrollar las funciones que se necesitan.

En este caso se establecerá un control con medición continua de la temperatura. De modo que se mantendrá el agua a la temperatura deseada, controlando las entradas o salidas de los motores eléctricos a los radiadores. Logrando un mejor desempeño de los motores-generadores en la producción de energía eléctrica. Mientras que las termoresistencias a utilizar serían las que están ubicadas a la salida de los motores-generadores, obteniendo así una medición más exacta. Cambiar la conexión en estrella

actual de los motores eléctricos a delta. Así estos podrán trabajar a mayor velocidad aumentando su caudal de aire.

Y en aras de humanizar más el trabajo unido a una mayor eficiencia energética; la instalación de un sistema SCADA junto a las computadoras en la sala de control. Para que los operadores tengan acceso a la visualización y comportamiento de los radiadores sin necesidad de trasladarse a estos. De manera que podrán interactuar con el sistema de forma manual en caso de que así lo requiera. Mostrando a continuación en la **figura 2.2** la arquitectura propuesta a implementar en el sistema de radiadores.

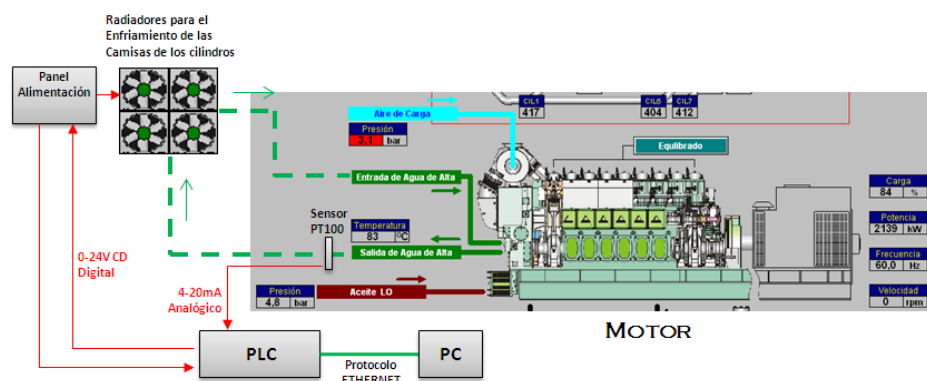


Figura 2.2. Arquitectura propuesta para el control de temperatura en los radiadores

2.7 Estructura del Software Supervisor WinCC para la aplicación específica:

El sistema de control y adquisición de datos (SCADA) constituye la interfaz hombre-máquina (HMI) del sistema de control de procesos SIMATIC WinCC, sirviendo al usuario como ventana y acceso al proceso. La arquitectura del sistema de operador es muy variable y adaptable, con flexibilidad a plantas de distintos tamaños y diferentes requisitos de los clientes. La base de este sistema está formada por estaciones de operador (OS) perfectamente coordinadas entre sí para sistemas monopuesto (OS Single Stations) y sistemas multipuestos en una arquitectura client-server.

Estaciones de operador:

Todas las estaciones de operador se basan en la moderna tecnología de PC, con prestaciones escalonadas y optimizada para su utilización como OS Single Station, OS Client u OS Server, combinadas con el sistema operativo:

- Microsoft Windows 2000 Professional / 2000 Server
- Microsoft Windows XP Professional / Server 2003.

Gracias a la modernización y utilización de componentes e interfaces estándares del entorno de PC, las estaciones de operador están abiertas para integrar opciones y ampliaciones personalizadas para cada cliente o sector. Pueden emplearse tanto en entornos industriales como en oficinas. Mediante gráficos multi-VGA y a través de hasta 4 monitores, las OS Single Stations y los OS Clients permiten conducir el proceso de varias unidades de la planta.

El software del sistema de las estaciones de operador es escalable en función del número de objetos del proceso. En todo momento se puede aumentar, adquiriendo los correspondientes PowerPacks, dicho número si aumentan los requisitos o hay necesidad de ampliar la planta.

Sistema monopuesto (OS Single Station):

En un sistema monopuesto, todas las funciones de manejo y visualización para un proyecto planta o unidad de proceso están concentradas en una estación. La placa lleva integrado un puerto FastEthernet RJ45 aplicable para conectar una LAN de OS (Local Área Network, bus de terminales). Mientras que la OS Single Station se puede conectar al bus de planta Industrial Ethernet de dos maneras:

- Vía un procesador de comunicaciones CP 1613 (comunicación con máx. 64 controladores).
- Mediante una sencilla tarjeta LAN (Basic Communication Ethernet para la comunicación con máx. 8 controladores).

Conectada al bus de planta la OS Single Station a aplicable asociada a otros sistemas monopuestos o formando uno multipuesto. Si se utiliza el paquete de programas

WinCC/Redundancy también se puede operar de forma redundante con dos OS Single Stations.

2.8 Estructura del hardware:

En el desarrollo de este proyecto fue necesario elaborar una aplicación en el software Step 7 para el manejo del autómatas a utilizar. Configurando así el hardware según los dispositivos y tarjetas a emplear. A continuación se muestra una imagen del editor de configuración del software Step 7.

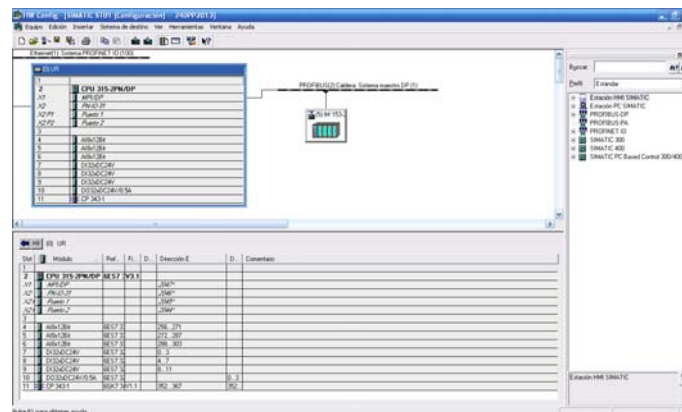


Figura 2.3. Selección del hardware a utilizar

Programación:

Luego de seleccionado el hardware a utilizar en el proyecto procedimos a la programación de las funciones a realizar. Creando los respectivos bloques de funciones que desarrollarán todas las operaciones de control de los radiadores. Por lo que a continuación mostramos una imagen del editor de programación del el software Step 7.

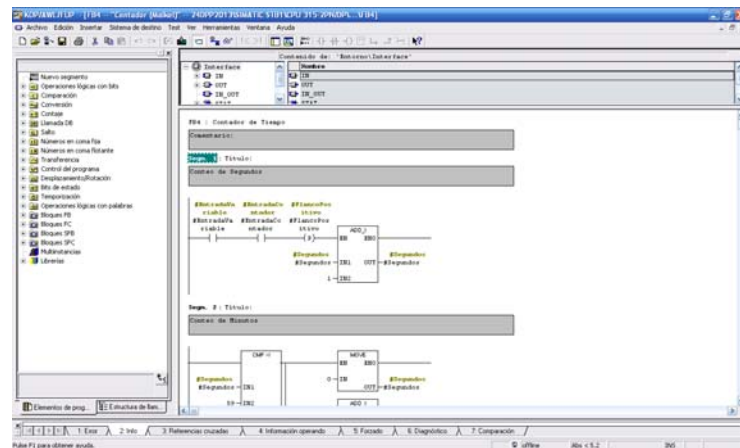


Figura 2.4. Programación de las lógicas

La intención fundamental de la estructura del hardware consistió en lograr las mediciones y control de la temperatura en tiempo real. Luego, analizadas todas las variantes de solución para los dispositivos dañados y realizado el levantamiento necesario en el sistema. Se determinó la sustitución de estos por dispositivos existentes en la planta que a la vez sustituyeran las funciones básicas de los dispositivos dañados. Debido a que estos poseen en su estructura una amplia posibilidad de expansión en cuanto a tareas de este tipo. La programación de las lógicas de control junto a las variables de entradas y salidas quedarían implementadas en un controlador lógico programable (PLC). La supervisión y el monitoreo se instalaría en una computadora, quedando de esta forma sustituidas todas las funciones perdidas e incrementando otras. **Ver figura 2.5**

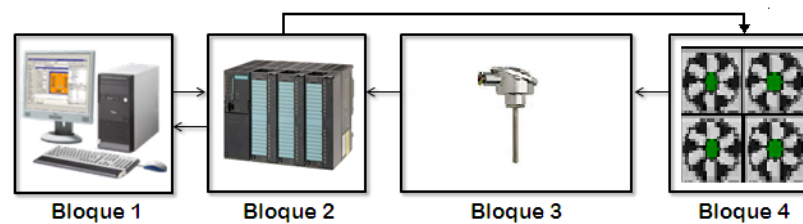


Figura 2.5. Diagrama en bloques del sistema de control propuesto

La nueva estructura del sistema quedaría de la siguiente manera, ver **figura 2.5**.

Bloque 1: Computadora con la aplicación de supervisión y monitoreo.

Bloque 2: PLC con el programa de lógica de control y variables de entradas y salidas.

Bloque 3: Instrumentación del proceso.

Bloque 4: Proceso de enfriamiento de agua del sistema de radiadores.

El nuevo sistema estará compuesto por un dispositivo controlador S7 300 de la firma SIEMENS y termo resistencias PT-100 para las mediciones de las diferentes temperaturas. Las cuales una vez adquiridas serán monitoreadas por el SCADA WinCC. De ahí que el sistema registrará la variable antes definida y automatizará mediante un control los ventiladores eléctricos.

Tareas que se ejecutarán para el montaje físico del sistema:

Verificación de las señales a medir y controlar.

Montaje y cableado del autómeta.

Configuración en el SCADA.

Configuración del PLC

Verificación del control de temperatura

Comprobación del control desde el computador.

2.8 Autómata utilizado:

El autómeta utilizado en esta aplicación es el S7 300 de la firma SIEMENS. La mayoría de los productos SIEMENS son modulares.

Los 4 componentes son los siguientes:

- Unidad Central de Procesos (CPU).
- Tarjetas de entradas y salidas.
- Tarjeta de comunicación ProfiBus DP.
- Tarjeta de comunicación Ethernet.

Módulo de entrada analógica:

SM 331 AI 8x16 Bit (-7NF00-): El módulo de entradas analógicas se distingue por las propiedades siguientes:

Presenta 8 entradas formando 4 grupos de canales. Ajustable por cada grupo de canales 15 bits

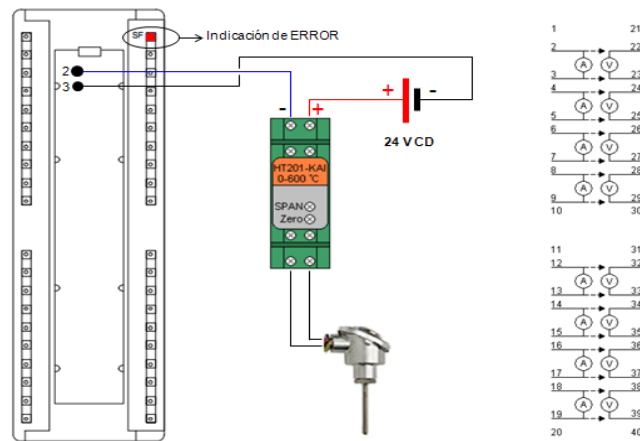


Figura 2.6. Módulo de entradas analógicas

Módulo de entradas digitales:

SM 321; DI 32 x DC 24 V:

El módulo de entradas digitales, se distingue por las propiedades siguientes:

- 32 entradas, separadas galvánicamente en grupos de 16
- Tensión nominal de entrada 24 V c.c.

Adecuado para conmutadores y detectores de proximidad a 2/3/4 hilos

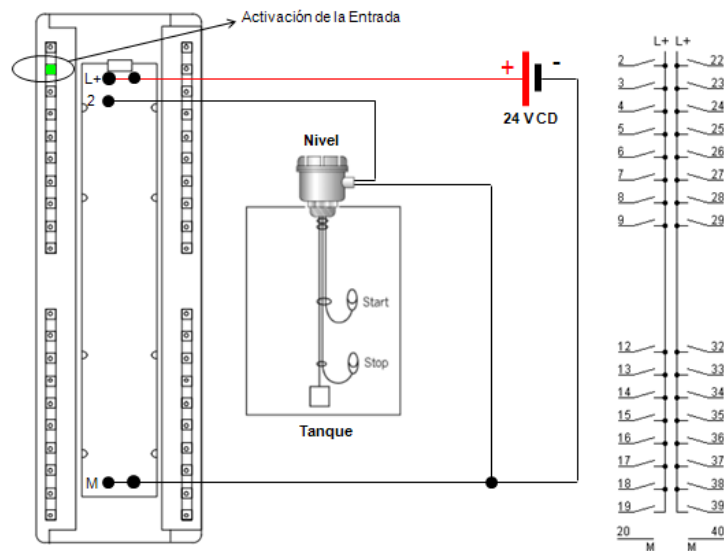


Figura 2.7. Módulo de entradas digitales

Módulo de salidas digitales:

SM 322; DO 32 x DC 24 V/0,5 A: El módulo de salidas digitales se distingue por las propiedades siguientes:

- 32 salidas, separadas galvánicamente en grupos de 8
- Intensidad de salida 0,5 A
- Tensión nominal de carga 24 V c.c.
- Adecuado para electroválvulas, contactores de c.c. y lámparas de señalización

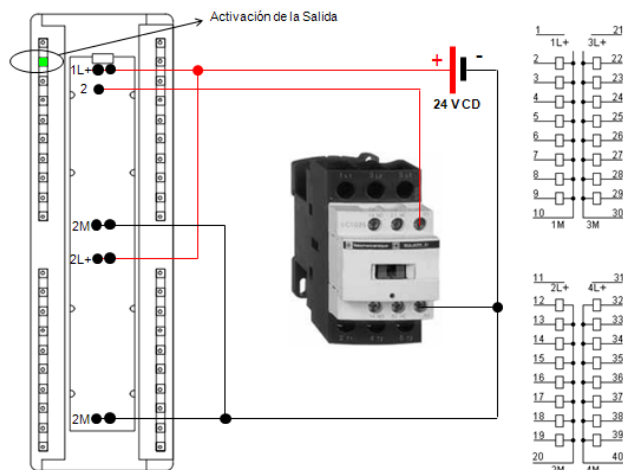


Figura 2.8. Módulo de salidas digitales

Módulo CPU:

CPU 315-2 PN/DP 2EH14-2ABO:

Modulo CPU apropiado para trabajar en ambiente extraordinario donde exista una atmósfera de cloro y de ácido sulfúrico. Permite trabajar en ambiente donde el rango de temperatura sea de 25 - 60 °C.



Figura 2.9. Autómata emplazado en el lugar

Para realizar la automatización del proceso de adquisición de los datos y las señales de respuestas (salidas analógicas), fue necesario programar el autómeta Siemens con el sistema de programación Step 7. Con este software se prefijaron todas las variables de entradas y salidas. Se diseñó el lazo de control para imponer el valor del punto de ajuste en la temperatura del agua de enfriamiento para el motor.

2.9 Configuración en el Software de programación del Hardware:

Software de programación Step 7 el cual permitió asignar las funciones tanto de entradas como de salidas del sistema. Para esto inicialmente fue necesario asignar a las variables un identificador en las siguientes tablas (2.2 y 2.3).

Tabla 2.2. Variables en el autómeta

No	Identificador	Comentario	Tipo	Rango Eléctrico	Rango operación
1	TempEnf	Temperatura de Enfriamiento	Analógica	4-20mA	0-100 °C
2	ArranqM1	Arranque Motor 1	Digital	0-24 V CD	0-1
3	ArranqM2	Arranque Motor 2	Digital	0-24 V CD	0-1
4	MotorRUN1	Motor 1 en servicio	Digital	0-24 V CD	0-1
5	MotorRUN2	Motor 2 en servicio	Digital	0-24 V CD	0-1
6	MotorFalla1	Motor 1 en Falla	Digital	0-24 V CD	0-1
7	MotorFalla2	Motor 2 en Falla	Digital	0-24 V CD	0-1
8	Manual/Auto	Selección manual automático	Digital	0-24 V CD	0-1

El óptimo desempeño de las variadas tareas, las técnicas de accionamientos, así como de control y regulación, presupone la aplicación de herramientas en proyectos de altas prestaciones. Para el proyecto efectivo de instalaciones ofrece el Step 7 una plataforma de proyectos unificada bajo las consideraciones de las disposiciones de la norma internacional IEC 1131.

El sistema de ejecución en el controlador lógico programable (PLC) ofrece reacciones rápidas a modificaciones en el proceso (tiempos cortos de ciclo), simulación de sensores, indicaciones online de estados de señales, modificaciones online de parámetros y del programa. Se ha elegido una arquitectura de software abierta, para posibilitar la unión con sistemas de otros fabricantes a través de interfases standard.

Selección del hardware:

Para emprender este proyecto fue necesario elaborar una aplicación en el software Step 7 para el manejo del autómeta a utilizar. Se configuró el hardware según los

dispositivos y tarjetas a utilizar. A continuación se muestra una imagen del editor de configuración del software Step 7.

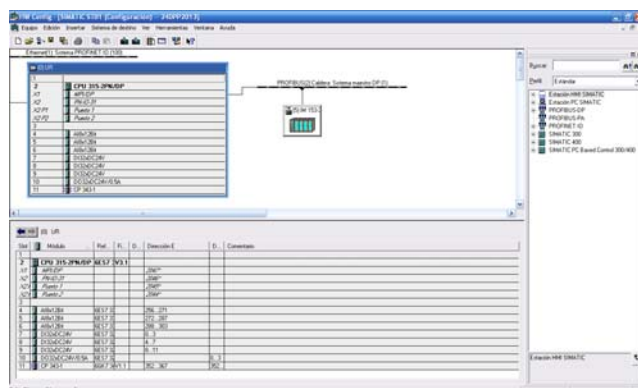


Figura 2.10. Selección del hardware a utilizar

Los autómatas S7 300 instalados para controlar los equipos comunes de las baterías en la planta de motores fuel de felton constan con módulos de entradas analógicas, entradas digitales, salidas digitales y de comunicación.

La información suministrada por los sensores es tomada por los convertidores transformándola en una señal de corriente de 4-20 mA que es la que llega al autómata para ser medida como muestra la figura 2.11.

El autómata, conectado a la computadora mediante un bus, envía las mediciones de las señales las cuales son registradas y monitoreadas por el SCADA instalado para esta función.

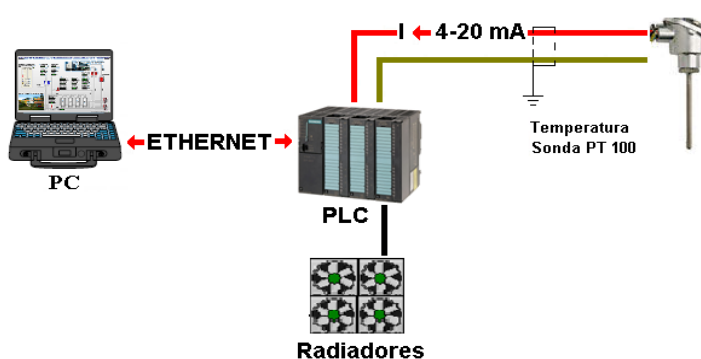


Figura 2.11 Comunicación y formato de las señales

2.9.1 Requerimientos técnicos:

El sistema de medición y control instalado requiere las siguientes características técnicas:

Hardware del PC:

1. Microprocesador Pentium III o superior, recomendando >1 GHz.
2. Memoria RAM 256 Mb, recomendando 256 Mb o mas.
3. Adaptador de vídeo SVGA.
4. El espacio del disco duro depende de la cantidad de información histórica que se quiera guardar en él, recomendando > 1 Gb.
5. Mouse PS/2, USB.
6. Torre de CD o Puertos USB para la instalación.
7. Tarjeta de Red en caso de trabajar conectado a una red de procesos
8. Protocolo de red: TCP/IP si va a trabajar multiusuario.
9. Sistema Operativo: Windows NT/2000/XP/Vista (2000/XP recomendado).

Autómata:

Mediante un autómata es posible realizar análisis históricos de variables, medidas a través de los registros obtenidos, gráficos y estadísticos. Así como el mando a distancia de relés o circuitos de fuerza. Estos además poseen alarmas de operación y prohibitivas, con lo que mejora y humaniza la calidad de las operaciones.

Todas estas acciones son posibles si el autómata es conectado de forma correcta a una PC, la instrumentación de campo debida y un sistema SCADA. Así se pueden utilizar cualquier tipo de autómatas siempre y cuando se tenga el manejador o driver. Argumentado por el software de programación y el uso de las entradas y salidas analógicas.

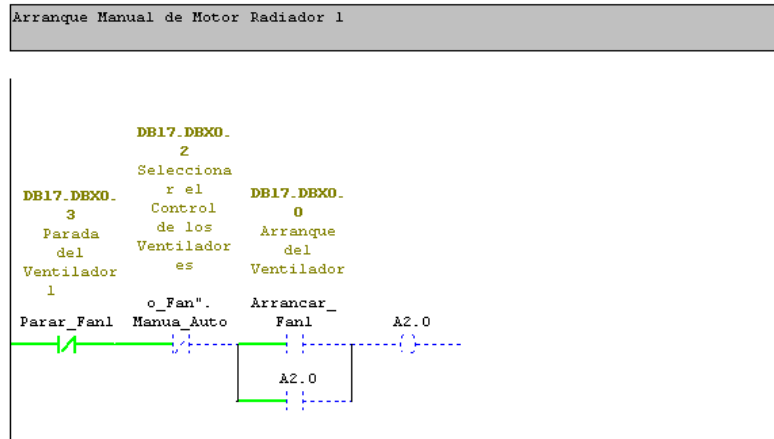
Instrumentos de medición:

En el caso de los instrumentos de medición no se necesita un procedimiento específico, teniendo en cuenta que debe ser un instrumento analógico. Todo programa de ahorro de energía tiene como punto de partida, el conocimiento de los consumos y el estado energético de todos los equipos consumidores de energía de la instalación. Es por ello que resulta necesario partir de esas características, su problemática de operación, la explotación de procesos, equipos y el conocimiento de los factores que inciden en los excesos de consumos y pérdidas de energía, con vista a su eliminación y establecer un control efectivo.

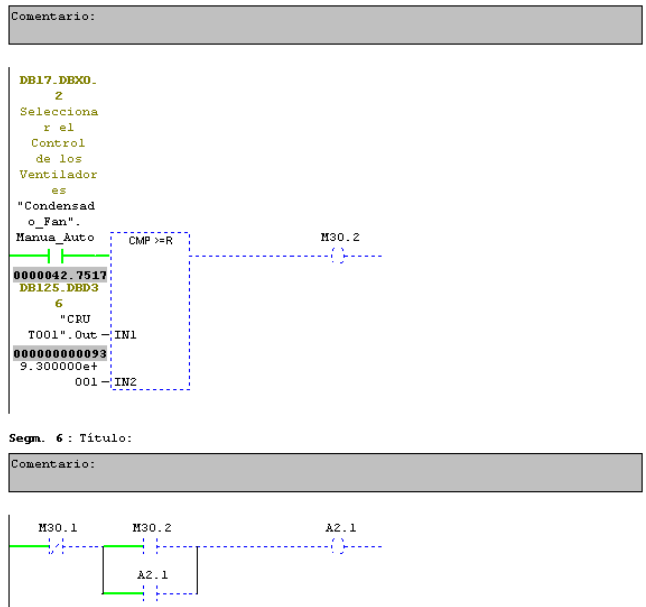
El diagnóstico y la evaluación tecnológica de los procesos de la batería, contribuyen a mejorar la eficiencia y la competitividad de la misma, por lo que es necesario la introducción de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE) que permita encontrar soluciones viables para abordar el problema en su profundidad, de forma ininterrumpida y creando una cultura técnica que permite el autodesarrollo de la competencia alcanzada por la entidad y sus recursos humanos.

2.10 Programación del control:

Las lógicas programadas en los autómatas para esta aplicación se diseñaron en el lenguaje de programación de contactos eléctricos. Para el arranque manual por medio del SCADA se programó en el autómata la lógica que realizará la función compuesta por un contacto eléctrico que determinará el estado manual-automático. Luego un contacto eléctrico para detener el accionamiento mediante un botón de arranque programado en el SCADA, de igual forma otro contacto para el arranque, programado en otro botón de arranque en el SCADA. Estas acciones están asignadas a una salida lógica que se conecta a una salida física del autómata donde está conectado el accionamiento (radiadores).



Para el arranque en automático se cierra un contacto eléctrico para la selección del estado manual-automático. Este cierra por la acción de un bloque comparador, el cual compara el valor de la medición de temperatura, con el valor de ajuste. Entonces de ser mayor se activará una marca de programa que habilitará la lógica de arranque del accionamiento y solo se desactivará si el valor de la medición disminuye por debajo del segundo valor de ajuste fijado en segundo bloque comparador. Al arrancar el primer accionamiento existe un contador con un tiempo definido y si al llegar al límite de este la medición no se ha normalizado entonces se activará el segundo accionamiento.



2.11 Conclusiones parciales:

Investigando a fondo la situación actual del emplazamiento, se elaboró con detalles un informe describiendo los problemas y consecuencias de las fallas que ocurren en los radiadores. Ya que estos están conectados en paralelo a los motores-generadores:

- Los motores eléctricos en los radiadores son unidades selladas, por lo que no tienen reparación.
- En la sala de control no se tiene referencia visual de la temperatura en los radiadores, solo la general en los motores de combustión.
- Se propuso sustituir la función de las tarjetas electrónicas automáticas, por otras implementadas en los autómatas de uso de planta.
- Fueron abordados temas acerca de autómatas y su configuración.
- Recomendamos la aplicación de lo antes referido, a un motor-generador para registrar su comportamiento.

CAPÍTULO 3

Descripción del Software y el SCADA además de una breve valoración económica del Sistema de Control Propuesto

3.1 Introducción:

En el capítulo a continuación explicamos las generalidades del SCADA a utilizar. El cual consiste en un sistema de supervisión y control por mediación del software WinCC. Último que cuenta con un elevado prestigio en el país debido al desempeño que ha logrado en las más disímiles labores de automatización en las que ha sido desarrollado. Se abunda sobre el tratamiento de la temperatura como variable y la configuración de la misma para el respectivo enlace con el hardware.

Así como el registro de los datos de vital importancia para futuras investigaciones a realizar en estos sistemas de radiadores. A la vez que se muestran las ventanas originales del sistema proporcionando al detalle una idea de las especificaciones de la aplicación. Culminando además con una exposición de los resultados del monitoreo real de la variable y una breve valoración técnico económica.

3.2 Procesamiento de datos en el Software Supervisor WinCC:

Cada dirección pertenece a un motor eléctrico que en el caso de las variables externas puede asociarse al autómatas o tarjeta de medición, que acoplado a la red industrial es el encargado de informar a la PC su valor. Los dispositivos se comunican con la PC a través de un protocolo que depende del fabricante y por ello necesitan un manejador o driver que implemente ese protocolo en la PC. De esta manera el SCADA WinCC asume el sistema como una estructura jerárquica en la que el nodo superior es la estación local de operación (la PC) y los nodos inferiores son los dispositivos que manejan directamente las variables externas tal como lo muestra el esquema a continuación figura 3.1.

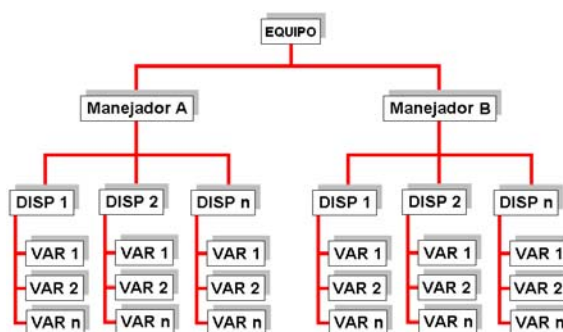


Figura 3.1. Esquema de procesamiento de datos del SCADA WinCC

Variables de Entrada Analógica:

Son señales que se miden en los dispositivos y su magnitud puede variar de forma continua en el tiempo y tomar cualquier valor dentro del rango definido (ej. Flujos, Temperaturas, Presiones, etc.)

Variables de Entrada Discretas:

Estas señales se miden en los dispositivos y su magnitud solo puede tener 1 de 2 valores o estados (ej. Apagado/Encendido, Trabajando/Parado, 0/1 etc.).

Registros Analógicos:

Son direcciones de memoria dentro de los dispositivos que generalmente no están asociadas a canales físicos, en los cuales se almacenan valores analógicos.

Registros Discretos:

Las localizaciones de memoria dentro de los dispositivos que generalmente no están asociadas a canales físicos, en los cuales se almacenan valores discretos.

Variables de Salida Analógicas:

Estas generalmente están asociadas a canales físicos en los dispositivos, mediante las cuales se envían señales analógicas a los elementos de acción final.

Variables de Salida Discretas:

Son aquellas que generalmente están asociadas a canales físicos de los dispositivos mediante las cuales se envían señales discretas a los elementos de acción final.

3.2.1 Protocolo de comunicación ETHERNET:

En calidad de bus de planta y LAN de OS (bus de terminales) para sistemas multipuestos, en arquitectura client-Server se emplea Industrial Ethernet, una potente red de área y célula para uso industrial conforme con la norma internacional IEEE 802.3 (Ethernet).

Aplicable universalmente:

- en todas las industrias
- en despachos y entornos industriales
- Seguridad para las inversiones gracias a desarrollos siempre compatibles

Rápida puesta en marcha por:

- simple sistema de cableado
- conexión in situ con el sistema de cableado Fast Connect en combinación con conectores RJ45.
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas si se usan fibras ópticas.
- Vigilancia permanente de los componentes de red por esquemas de señalización sencillos y eficaces.
- La sincronización horaria a nivel de sistema permite etiquetar cada evento con la hora y la fecha exactas.
- Componentes de red modernos y con proyección al futuro.

Formato data:

Las mediciones realizadas son guardadas en los ficheros históricos, de manera encriptada con el fin de proteger la data y evitar modificaciones y violaciones. Es un fichero que contiene la información de todas las variables durante el tiempo de operación. El cual está delimitado por la hora de inicio del día definido en la configuración; información que está estructurada como se muestra en la **fig 3.2** a continuación.

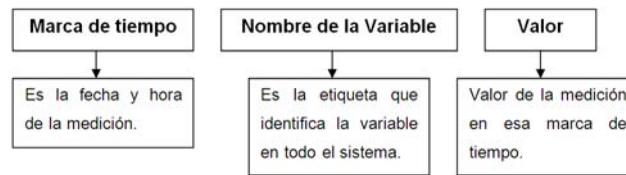


Figura 3.2. Características del formato data

3.3 Descripción de los SCADA:

Por sus siglas en inglés estos son Sistemas de Control, Supervisión y Adquisición de Datos, los cuales mediante una interfaz brindan el comportamiento de un proceso ya sea industrial o no. Son sistemas basados en computadores que permiten controlar variables de procesos a distancia, proporcionando comunicación en los dispositivos de campo. Controlando los procesos de forma automática por medio de un Software especializado. Proveen además de toda la información que se genera en los procesos productivos a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como a supervisores dentro de la empresa o lugar específico. La información de forma general que estos brindan puede tratar acerca del control de calidad, nivel de producción, almacenamiento de datos y estado de la instrumentación de campo.

Estos están diseñados de dos modos, la primera variante es la conocida como OUT ó salida, en la que el operador cuenta con información visual de un proceso. Información que puede ser acerca de la presión en un tanque, la velocidad de rotación en motores, el flujo de sustancias y la temperatura. Pero debido a sus características este no puede interactuar con lo reflejado en la interfase.

Mientras que la otra variante es la más empleada y su función es INT / OUT ó sea de entrada y salida. De modo que el operador puede intervenir en el proceso mediante el accionamiento desde su puesto de trabajo. Al ocurrir o detectar anomalías en el comportamiento del proceso no deseadas. Ejemplo la intervención de interruptores, transformadores, sistemas de emergencias y motores eléctricos. En fin toda clase de equipos e instrumentación desplegada en el campo para efectuar determinadas labores.

3.3.1 Configuración del SCADA WinCC en la estación de operación:

Después de realizada la instalación de los ficheros del sistema se procede a la configuración. Mediante las opciones que brinda el sistema, se podrán definir las características generales del mismo. Tales como el conjunto de dispositivos que entregarán información a la Estación Local de Operación y la configuración de estos, además de informar las características de las variables que él va a manipular. También el enlace que tienen con el dispositivo, así como la forma, contenido y estructura de los gráficos a mostrar.

Para comenzar esta configuración en primer lugar se definieron todos los parámetros de las variables que intervendrían en el sistema y se introdujeron en la configuración del SCADA. Inicialmente se va a la opción **nuevo** y se crea un proyecto tal y como muestra la siguiente figura:

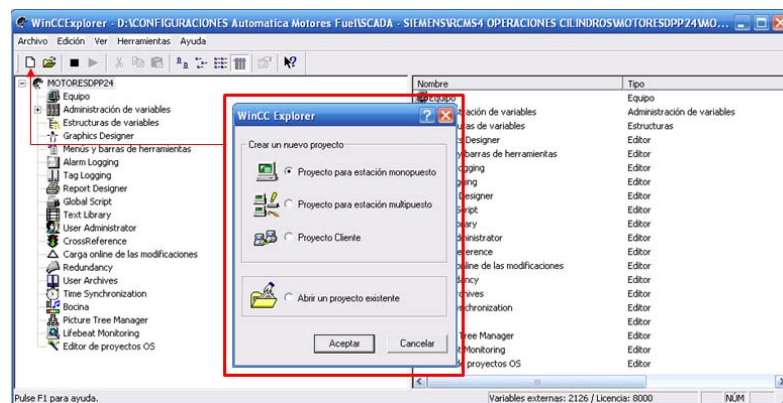


Fig.3.3 Configuración de un nuevo proyecto

En esta pantalla se configura:

Nombre: El nombre de la Estación de operación. En esta aplicación se escogió RADIADORES.

Tipo: Proyecto para estación enfriamiento.

La selección del manejador o driver de comunicación se realiza mediante el **administrador de variables** seleccionando el tipo de controlador a emplear, en este caso se utiliza un controlador S7 300 por lo que el manejador a utilizar en este software es el **WinCC S7** tal como se muestra en la figura siguiente:

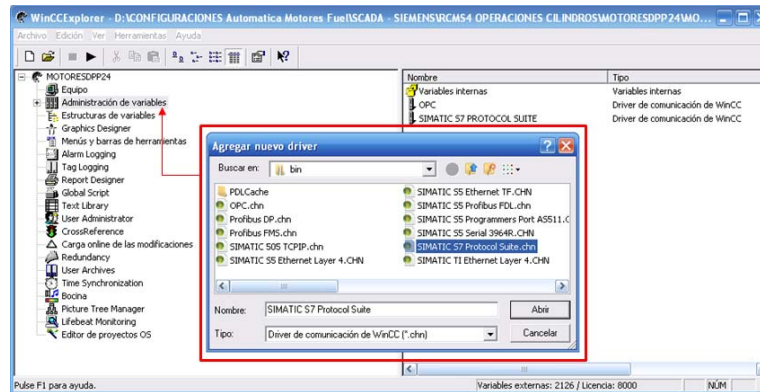


Figura 3.4. onfiguración de un nuevo proyecto

Teniendo el manejador seleccionado se configura asignándole una dirección en la red de procesos.

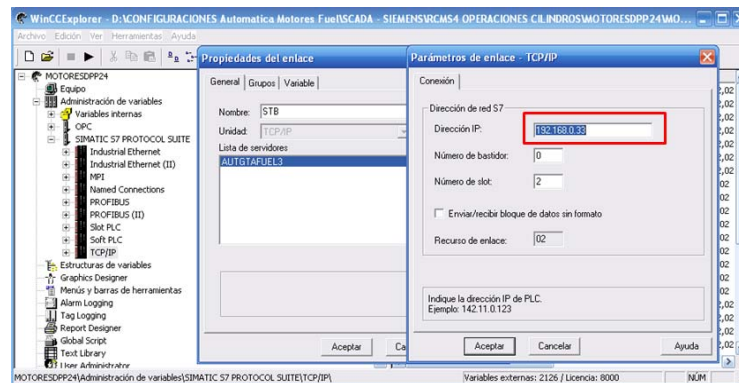


Figura .4.1 Configuración de un nuevo proyecto

Estando el dispositivo y el manejador configurados se crean las variables a utilizar en el proyecto con sus respectivas configuraciones. Se asigna un nombre, se define el tipo de datos que puede ser real, entero, booleano y se define la dirección en el autómatas. La figura a continuación muestra el proceso de caracterización de las variables.

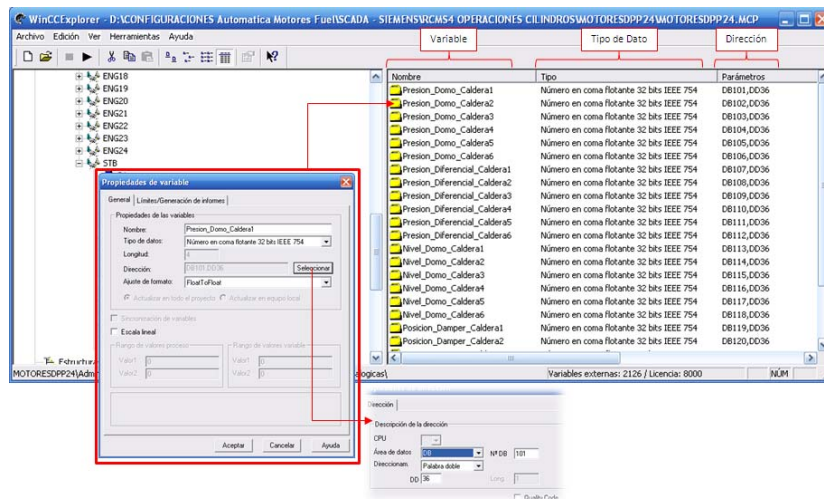


Figura 3.5 Configuración de un nuevo proyecto

3.4 Configuración del SCADA:

Para la elaboración del SCADA se tomaron en cuenta las características principales del sistema de radiadores. Se desarrolló la variante INT/OUT de manera que el personal en la sala de control tenga acceso al sistema, manual o automáticamente. Humanizando la tarea al no tener que trasladarse a los radiadores para observar su comportamiento. Identificamos la variable temperatura como principal objeto de visualización en el sistema, fig 3.11. Y establecido el set point ó valor de ajuste para la operación automática a 80 °C. Se le asignaron tareas específicas a cada botón elaborado, asignando a cada motor-eléctrico las siguientes banderas ó indicadores:

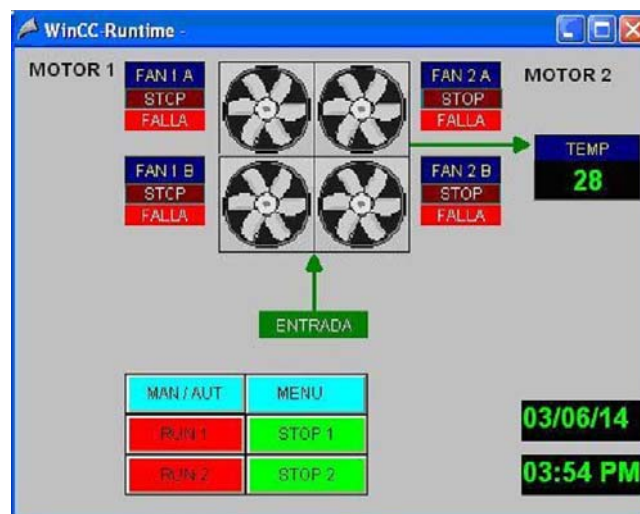


Figura 3.6. Pantalla del SCADA para el radiador de un motor-generador.

MOTOR 1:

Esta etiqueta se refiere a la pareja de motores eléctricos FAN 1 A y B.

Fan1 A:

Es el nombre del motor eléctrico situado a la derecha de la etiqueta.

STOP/ RUN:

Esta etiqueta señala el estado de trabajo del motor eléctrico.

FALLA:

Cuando se activa la señal Falla, significa que el motor eléctrico está averiado.

MAN / AUT:

Este es el encargado de seleccionar la acción a realizar por el sistema automático ó por el operador en manual.

RUN 1:

Este acciona el circuito de fuerza poniendo en servicio al MOTOR 1.

STOP 1:

El STOP 1 indica la parada del conjunto de trabajo referido, en este caso a la pareja FAN 1 A y B.

MENU:

La opción despliega una ventana la cuál posee herramientas para la supervisión, monitoreo, control y ajuste del sistema de radiadores:



Figura 3.7. Ventana del Menú principal.

V. ajuste:

Rehabilitación del sistema automático en los radiadores para el enfriamiento de agua en los motores HYUNDAI de 2.5 MW en la Termoeléctrica de Feltón

Reve

Autor: Raidel Palacio

Por mediación de esta ventana el operador podrá establecer el valor de ajuste deseado en el sistema de radiadores. De modo que con un margen previamente programado, 5 segundos antes de que la temperatura alcance el valor establecido el sistema comenzará a operar. En caso de presionar la opción reiniciar el sistema tomará el valor de ajuste previo, al ultimo establecido. Si se selecciona aceptar será este el valor de referencia para el funcionamiento del sistema. Así como se muestra en la fig.3.8:



Figura 3.8. Valor de ajuste

TIEMPO:

Este botón desplegará una ventana en la cual se establecerá el modo de trabajo de los conjuntos M1 y M2 como mostramos en la fig 3.9. De manera que al introducirle 20 segundos, el sistema accionara a M1 cuando la temperatura alcance entre 75 °C y 80°C. Luego este contará el tiempo introducido y si la temperatura se mantiene, accionará entonces a M2. Siendo así realizará el conteo una vez más y de haber bajado la temperatura a los parámetros establecidos, se desconectaran M1 y M2 con igual secuencia de pasos:

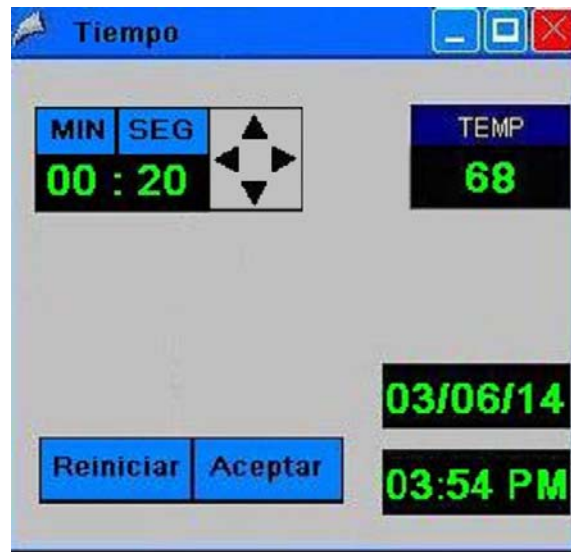


Figura 3.9. Ajuste de tiempo

Registro histórico:

Mediante el registro histórico se obtendrá una media del comportamiento de la temperatura, ya sea en días semanas o meses. El operador logrará en caso de realizar alguna operación con el sistema en manual, tomar decisiones fundamentadas en la data registrada.

El mismo relacionara el comportamiento de la temperatura con el tiempo de funcionamiento de los conjuntos M1 y M2. A la vez que identificará los valores 1 para trabajo ó RUN y 0 para detenido ó STOP como se observa en la fig 3.10 a continuación:

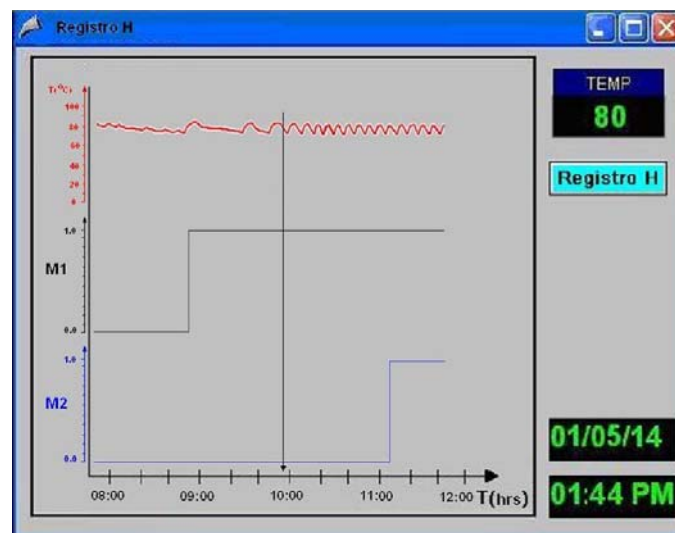


Figura 3.10 Registro histórico

3.5 Valoración económica:

En la actualidad el ahorro de energía eléctrica no es solo una campaña o proyecto, es una necesidad y una cultura de las que debemos concientizarnos. En nuestro país la producción de energía eléctrica constituye el 50% del consumo del petróleo. Por lo que es de primera necesidad ahorrar, ya que un kW en generación es 287.3g de petróleo que ahorra el Grupo Electrónico en su producción. Y desde otro punto de vista un kW más que se entrega al Sistema Electro energético Nacional (SEN). Actualmente una tonelada de petróleo mejorado tiene un valor aproximado a los 479.4 CUC, lo que hace más importante el impacto económico en la disminución del insumo en los productores energéticos. En instalaciones de generación de electricidad se precisa que los mayores consumidores energéticos están representados por accionamientos eléctricos de las bombas, motores y ventiladores. Por lo que en nuestro caso, la rehabilitación del sistema automático de radiadores para el enfriamiento de agua es de gran ayuda. Ya que el sistema contribuirá al mejoramiento de la eficiencia de los motores-generadores. Permitiendo también el aumento de la vida útil de los motores eléctricos que se encuentran en los radiadores.

Consumo y ahorro de energía:

El sistema de enfriamiento del agua de alta para los motores HYUNDAI a 2.5MW en el grupo eléctrico de Felton consta de 4 motores eléctricos por radiador. Debido a que estos trabajan de manera continua, nos dimos a la tarea de evaluar mediante la rehabilitación de su automática el consumo energético por parte de los mismos. Estableciendo cálculos para antes y después, en caso de generalizarse el sistema de control propuesto:

- $A_e = 24 \text{ (h/día)} * X \text{ (kW.)} * 287.3 \text{ g/kWh)} * 365\text{día/año} \quad (3.1)$
- Una tonelada de petróleo significa 479.4 CUC
- Una tonelada tiene = 1000000 g = 980 litros

- 1litro de petróleo = 1020g
- C_p (Costo del petróleo)= 0.48 CUC el litro.

En el emplazamiento son puestos en servicio por día unos 14 motores-generadores. Los que en condiciones normales trabajan unas 6 horas cada uno. Estos poseen en el sistema de enfriamiento del agua de alta, 4 motores eléctricos para su desarrollo.

Los que consumen individualmente 2.3kW/h, por lo que se realizaron los siguientes cálculos para determinar la media general diaria de estos:

- $P_{1\text{dia}} = P_{me} * N * h$ (3.2)

$$P_{1\text{dia}} = 2.3\text{kW} * 4 * 6$$

$$P_{1\text{dia}} = 52.2 \text{ kW/día}$$

Determinando así que el radiador de alta de un motor-generador consume diario **52.2kW**. Entonces promediando esto con 14 motores-generadores, obtenemos que el consumo del sistema de agua de alta se encuentra en el orden de los **772.8 kW/día** (3.3) y **282.072 MW/año**.

- $P_{1\text{diat}} = P_{1\text{dia}} * M_n$ (3.3)

$$P_{1\text{diat}} = 52.2 * 14$$

$$P_{1\text{diat}} = 772.8 \text{ kW/día}$$

- $P_{1\text{añoa}} = P_{1\text{diat}} * 365 \text{ día/año}$ 3.3.1

$$P_{1\text{añoa}} = 772.8 * 365$$

$$P_{1\text{añoa}} = 282.072 \text{ MW/año}$$

Luego se estudiaron los registros históricos del SCADA implementado en un motor-generador. Conociendo que los motores eléctricos trabajan solo 3.4 horas de las 6 que trabajan el resto de los motores. Sustituimos las 2.6 horas menos que trabajan los motores en la ecuación (3.4), para establecer la relación de ahorro diario en los 14 motores-generadores.

- $P_{2\text{dia}} = P_{me} * N * h$ (3.4)

$$P_{2\text{dia}} = 2.3\text{kW} * 4 * 2.6$$

$$P_{2\text{dia}} = 23.92 \text{ kW}$$

- $P_{2\text{diat}} = P_{2\text{dia}} * M_n \quad (3.4.1)$

$$P_{2\text{diat}} = 23.92 * 14$$

$$P_{2\text{diat}} = 334.8 \text{ kW}$$

Ahorrando así 23.92 kW por cada radiador de un motor-generador. Lo que generalizado con 14 motores-generadores es el equivalente a **334.8 kW/día**. Lo que por mediación de los siguientes cálculos nos brinda el ahorro anual actual y el obtenido de ser aceptada la propuesta realizada al GE de Felton:

- $P_{1\text{añod}} = P_{2\text{diat}} * 365_{\text{días}} \quad (3.5)$

$$P_{1\text{añod}} = 334.8 * 365$$

$$P_{1\text{añod}} = 122.202 \text{ MW/año}$$

- $P_{1\text{añoh}} = P_{1\text{añoa}} - P_{1\text{añod}} \quad (3.6)$

$$P_{1\text{añoh}} = 282.072 - 122.202$$

$$P_{1\text{añoh}} = 159.87 \text{ MW/año}$$

- $A_{lt} = 24h * X(\text{kW}) * 287.3 \text{ g/kWh} / 1020g \quad (3.7)$

$$A_{lt} = 1080721.2 \text{ L/año}$$

- $A_{ltd} = A_{lt} / 365_{\text{días}} \quad (3.8)$

$$A_{ltd} = 2960.8 \text{ L/día}$$

- $Ant = A_{ltd} / N_L \quad (3.9)$

$$Ant = 1102.7 \text{ t/año}$$

- $A_{cuc/año} = A_{ltd} * C_p * 365 \quad (3.10)$

$$A_{cuc/año} = 518732.16 \text{ cuc/año}$$

3.6 Impacto Ambiental:

La Industria Eléctrica esta conformada por un conjunto de instalaciones que se utilizan para transformar otros tipos de energía en electricidad y transportarla así hasta los consumidores o clientes. Las instalaciones encargadas de la producción de energía eléctrica se agrupan en dos operaciones básicas:

- Generación de la energía eléctrica y Transmisión.
- Distribución de la electricidad.

Cada una de estas operaciones involucra una serie de actividades especializadas y complejas que por sus características específicas generan impactos medio-ambientales negativos. Las principales actividades relacionadas con la generación de electricidad causante de impactos ambientales no deseados, son las vinculadas con la utilización de materias primas para el proceso y la generación de residuales sólidos. Unidos a los líquidos y las emisiones de gases que provocan el conocido efecto invernadero. Lo que causa daños catastróficos al ecosistema a nivel mundial, en especial a la capa de ozono.

La operación de los grupos electrógenos, produce emisiones de gases contaminantes procedentes de la combustión realizada en los motores diesel. Estas constituyen el principal problema ambiental de los grupos electrógenos que queman combustible fósil. Además de que la composición específica de los mismos depende del tipo de combustible que se queme y las características tecnológicas de la instalación. Las emisiones de gases a la atmósfera constituye un impacto directo sobre la calidad del aire que; este el cual recibe dichas emisiones y creando un impacto directo sobre el agua, el suelo, la vegetación y la fauna. Debido al retorno de parte de estos contaminantes a la tierra, por deposición seca o húmeda.

Por lo antes descrito, la implementación del sistema de control propuesto seria un puntero en lo que a ahorro de energía y protección del medio ambiente se refiere. Ya que incidirá en una disminución de combustible igual a 2960.8 litros por día que no participaran en la combustión, contribuyendo a una mejora medio ambiental. Evitando un menor desprendimiento de gases tóxicos como el CO₂, NO₂ y Material Particulado (MP). Podemos agregar también que por cada kW-h de energía eléctrica

consumida por un equipo se descarga a la atmósfera 0.94 kg. de CO₂. (Fernández. J., 1996) [11]

El estado de la técnica no ha permitido aún encontrar soluciones suficientemente satisfactorias que aseguren un desarrollo sostenible y minimicen las consecuencias indirectas de este consumo de energía como lo son el efecto invernadero, el agujero de la capa de ozono, la lluvia ácida y los residuos radiactivos. Estas afectaciones producen efectos indirectos y negativos como incremento de la presión sanguínea, aceleración del ritmo sanguíneo o taquicardia. La contracción además de los capilares de la piel y la disminución en la capacidad de trabajo físico y mental del hombre. Siendo expuestos así a enfermedades respiratorias y de la piel. Actualmente el modo más eficaz e inmediato para contrarrestar los daños mencionados anteriormente es el ahorro de energía.

Los beneficios de este trabajo son ambientales y económicos, contribuyendo también a una mejor calidad de vida. Aún con reducidos niveles de costo del combustible, la cantidad gastada en consumo de energía es extremadamente elevada y los ahorros potenciales podrían justificar muchos proyectos.

3.7 Valoración social:

Como consecuencia de los conflictos políticos y económicos a los que se encuentra sometido no solo nuestro país, sino el resto de la población mundial. Los precios medios de los productos necesarios para el sustento y desarrollo diario de la sociedad son cada vez mas elevados. Por lo que cada medida que se tome con el objetivo de ahorrar tiene necesariamente un impacto social.

De manera que debemos centrar nuestra atención en la disminución de los portadores energéticos principales, los que representan un alto valor económico repercutiendo debido a su inversión en el desarrollo del país. Es decir que cada centavo que se ahorre por medio de generación de electricidad es menor inversión de combustible, mayor servicio de energía eléctrica para el pueblo y los consumidores en general. También mayores ingresos monetarios para la compra de otros recursos y materiales como medicinas, alimentación, reparación de las instalaciones sociales, entre otras.

Este trabajo no está exento de estas características, además que la introducción de estos resultados permite humanizar la labor de los trabajadores que están expuestos a las emisiones gaseosas de CO₂, letales para la vida en altas concentraciones. Al mismo tiempo que mejorara el entorno de trabajo, disminuyendo las emisiones de gases hacia los barrios residenciales de la comunidad, impidiendo en gran parte la aparición de problemas respiratorios en niños y adultos.

3.8 Conclusiones parciales:

En capítulo anterior cursamos temas como los SCADA y su configuración. A la vez que desarrollamos una breve valoración económica y social, concluyendo que serian de gran beneficio adoptar los comentarios siguientes:

- El estudio del SoftWare WinCC el cual se desempeña en varios procesos tecnológicos de forma satisfactoria.
- Analizar elevado consumo de los motores eléctricos en los radiadores, el cual puede disminuir de ser implementado el control propuesto.
- Generalizar la propuesta puede contribuir con la situación económica nacional, además de evitar la contaminación ambiental de los alrededores.

CONCLUSIONES

Analizado profundamente el comportamiento del sistema de radiadores en el grupo electrógeno de Felton concluimos en que:

- Las tarjetas electrónicas automáticas encargadas de controlar el sistema, están averiadas y no se poseen piezas de repuestos.
- El proceso en el que participan los radiadores incide de forma negativa en la eficiencia. Ya que en estos momentos son grandes consumidores energéticos, debido a los extensos períodos de trabajo que son sometidos.
- La sala de control no cuenta con una referencia visual de la temperatura en los radiadores, solo la general en los motores de combustión.
- Es necesario sustituir las funciones de las tarjetas electrónicas automáticas, por otras implementadas en los autómatas de uso de planta.
- Las tarjetas electrónicas automáticas encargadas de controlar el sistema mediante la variable principal, están averiadas y no se poseen piezas de repuestos.
- Los radiadores inciden de forma negativa en la eficiencia, ya que en estos momentos son grandes consumidores energéticos.
- Analizar el elevado consumo de los motores eléctricos en los radiadores, puede disminuir de ser implementado el control propuesto.
- Generalizar la propuesta puede contribuir con la situación económica nacional, además de evitar la contaminación ambiental de los alrededores.

RECOMENDACIONES

Es de vital necesidad continuar estudiando sistemáticamente, los radiadores y su comportamiento. En aras de enriquecer conocimientos acerca del tema que nos ocupa. Dado que la eficiencia no tiene límites, pero si contribuye financieramente al desarrollo de cualquier nación. Por lo que en nuestro país se realizan variados estudios con fines de lograr un mejor desarrollo y una sociedad más preparada. De ahí que debido a la situación en que nos encontramos inmersos, damos las siguientes recomendaciones:

- Dar seguimiento al sistema de enfriamiento de agua de alta en los motores-generadores.
- Evaluar la posibilidad de comprar motores eléctricos para los radiadores con aspas plásticas y que estos no sean unidades selladas.
- Realizar un estudio que valore la posible utilización de variadores de velocidad. En caso de que sea factible monetariamente, empleando métodos para comparar alternativas de inversión como los mencionados a continuación:
 - Método del valor actual neto (VAN)
 - Método del valor del futuro
 - Método del periodo de reembolso
 - Método de la tasa interna de retorno (TIR)

BIBLIOGRAFÍA

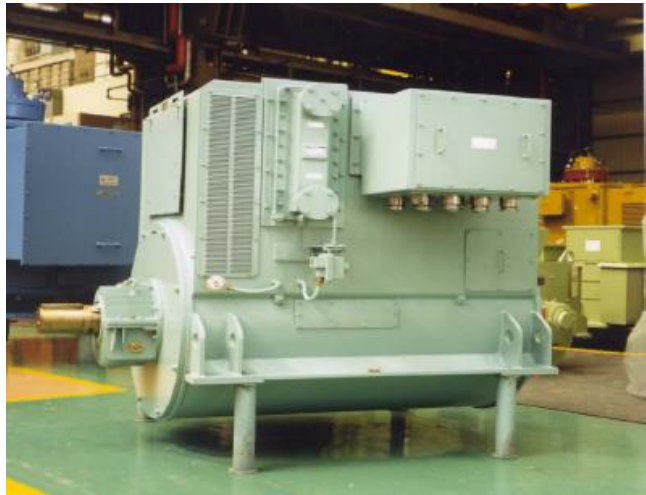
1. Aróstegui, J. M. y otros. 1978. Metodología del Conocimiento Científico. La Habana: Editorial de Ciencias Sociales.
2. Chang Sing, Julio; Alonso Castellanos, Néstor. 2011. F-PM-11-062 Procedimiento para la ejecución del mantenimiento preventivo planificado a generadores Hyundai Modelo HSR7-719-8P.
3. Cruz Blanco, Yunier. 2011. TL-OE-4002 Descripción Técnica eléctrica del emplazamiento Fuel de Felton.
4. Cruz Blanco, Yunier. 2011. TL-OE-4544 Descripción operacional eléctrica del emplazamiento Fuel de Felton.
5. Del Castillo, S. A.M. 2009. Análisis de Criticidad Personalizados, Ingeniería Mecánica, 3:1-12, La Habana.
6. Flores, Roberto y I. Asiaín, Tomás. 2011. Vol.22 no.4. Diagnóstico de Fallas en Máquinas Eléctricas Rotatorias Utilizando la Técnica de Espectros de Frecuencia de Bandas Laterales Información. Tecnológica.
7. Generación Distribuida. 2009. Análisis para la evaluación del comportamiento mecánico-funcional de los grupos electrógenos *Hyundai Himsen* 9H21/32. La Habana.
8. <http://www.siemens.com>. Instrumentación de campo para la automatización de procesos. Catálogo FI 01· 2006.
9. Instrumentación Industrial. Primera parte.[Libro de Texto]. 332 p.
10. ISOLUX CORSAN GRUPO S.A. 2006. Estudio de impacto ambiental Central Termoeléctrica a carbón Rio Turbio, Santa Cruz [en línea], Informe final documento síntesis, 90 páginas, Disponible:
<http://www.opisancruz.com.ar/home/wp-content/uploads/eia-ctrl-sintesis-rev2.pdf> [Consulta: Abril 2012].
11. Lage Cuello, Jorge A. Sistemas de Control con Microprocesadores. Jorge A. Lage Cuello y Miriam M Pascual Moreno. La Habana: Editorial Científico Técnica, 1989. Capítulo 10, pág.,153/172.

ANEXOS 1

1.1 Motor de combustión interna de la marca HYUNDAI de 9 cilindros:



1.2 Generador del fabricante HYUNDAI movido mediante el acoplamiento a un motor diesel el cual tiene una Potencia de salida de 2.5 MW:



1.3 Imagen del panel situado en el patio de los radiadores, el cual contiene en su interior las tarjetas automáticas eléctricas y el circuito de fuerza. Conjunto que es el encargado de la operación de los 4 motores eléctricos situados en el sistema de alta:



1.4 Tuberías encargadas de la circulación de agua por los sistemas de enfriamiento:



1.5 Uno de los termómetros que indica la temperatura del agua en el sistema de tuberías:



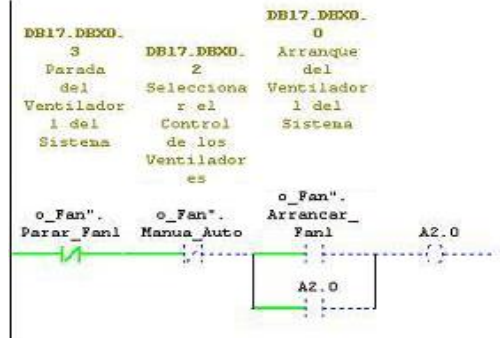
1.6 Imagen que muestra los motores eléctricos en uno de los 24 radiadores encargados del enfriamiento del agua de alta en los motores-generadores HYUNDAI en el Grupo Electrónico de Felton. Además del panel eléctrico (izquierda) y el panel de conexiones (derecha) entre, la toma de fuerza de los motores eléctricos, las tarjetas automáticas y los circuitos de fuerza:



ANEXO 2

2.1 Imagen de la programación del arranque manual para los conjuntos M1 y M2 de un sistema radiador para el agua de alta:

Arranque Manual de Motor Radiador 1 de la Regulación



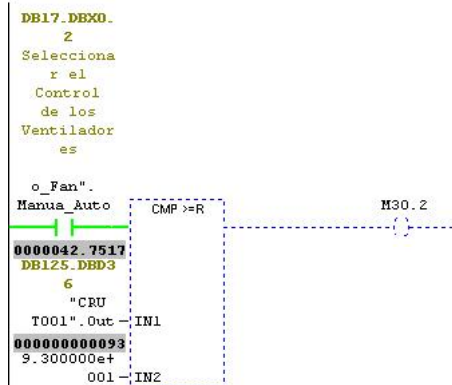
Segn. 2 : Titulo:

Arranque Manual de Motor Radiador 2 de la Regulación



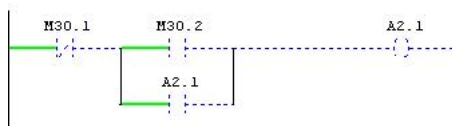
Comentario:

2.2 Imagen de la programación del arranque automatico para los conjuntos M1 y M2:



Segn. 6 : Titulo:

Comentario:



ANEXO 3

Datos de la valoración económica:

Fuel Oil	
1 tonelada	479 cuc
1 tonelada	1000000 g
1 tonelada	980 litros
1 litro	1020 g
1 litro	0.48 cuc
(3.1)	<p>Ahorro económico</p> $A_e = 24(\text{h/día}) * X(\text{kW}) * 287.3 (\text{g/kWh}) * 365 \text{ día/año}$ <p>X (kW)-Cantidad de kW consumidos por día</p> <p>287.3 (gkW/h)- gramos que se necesitan para generar un kW hora</p>
(3.2)	$P_{1\text{día}} = P_{me} * N * h$ <p>$P_{1\text{día}}$ – Potencia consumida en un día por 1 o varios motores eléctricos</p> <p>P_{me} - potencia del motor eléctrico</p> <p>N – numero de motores eléctricos</p> <p>h – horas de trabajo</p>
(3.3)	$P_{1\text{día}} = P_{1\text{día}} * M_n$ <p>$P_{1\text{día}}$ – potencia consumida en un día por todos los radiadores que entran en servicio</p> <p>$P_{1\text{día}}$ – (3.2)</p> <p>M_n – Número de motores generadores en servicio</p> <p>(3.3.1)</p> $P_{1\text{año}} = P_{1\text{día}} * 365 \text{ día}$ <p>$P_{1\text{año}}$ – Potencia consumida por los generadores en servicio</p> <p>$P_{1\text{día}}$ – (3.3)</p>

(3.4)	$P_{2\text{día}} = P_{\text{me}} * N * M_n$ <p>$P_{2\text{día}}$ – Potencia consumida en 1 día con la implementación de la propuesta en un radiador.</p> <p>P_{me} – (3.2)</p> <p>N – (3.2)</p> <p>(3.4.1)</p> $P_{2\text{diat}} = P_{2\text{día}} * M_n$ <p>$P_{2\text{diat}}$ – Potencia ahorrada con la propuesta realizada respecto al sistema actual</p> <p>$P_{2\text{día}}$ – (3.4)</p> <p>M_n – (3.3)</p>
(3.5)	$P_{1\text{añod}} = P_{2\text{diat}} * 365 \text{ día}$ <p>$P_{1\text{añod}}$ – Potencia consumida por el sistema propuesto en 1 año</p> <p>$P_{2\text{diat}}$ – (3.4.1)</p>
(3.6)	$P_{1\text{añoh}} = P_{1\text{añoa}} - P_{1\text{añod}}$ <p>$P_{1\text{añoh}}$ – Potencia ahorrada en 1 año</p> <p>$P_{1\text{añoa}}$ – Potencia consumida en 1 año por el sistema general actual</p> <p>$P_{1\text{añod}}$ – Potencia consumida en 1 año por el sistema de control propuesto (MW)</p>
(3.7)	$A_{\text{lt}} = 24\text{h} * X \text{ (kW)} * 287.3 \text{ g/kWh} / 1020\text{g}$ <p>A_{lt} – Ahorro de litros por año</p> <p>24h – un día</p> <p>$X \text{ (kW)}$ = (3.1)</p> <p>287.3 g/kWh = (3.1)</p> <p>1020g = (3.1)</p>
(3.8)	$A_{\text{lt d}} = A_{\text{lt}} / 365 \text{ día}$ <p>$A_{\text{lt d}}$ – ahorro de litros por día</p> <p>A_{lt} – (3.7)</p>
(3.9)	$A_{\text{nt}} = A_{\text{lt}} / N_L$ <p>A_{nt} – Ahorro neto en toneladas</p> <p>A_{lt} – (3.7)</p> <p>N_L – número de litros de una tonelada</p>
(3.10)	$A_{\text{cuc /año}} = A_{\text{lt d}} * C_p * 365$ <p>$A_{\text{cuc /año}}$ – Ahorro de cuc en 1 año</p> <p>$A_{\text{lt d}}$ – (3.8)</p> <p>C_p – Costo del litro de Fuel Oil</p>