

300614
37.
209



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U.N.A.M.

**"Desarrollo de programas de aplicación
del Control lógico programable para
la Turbina de gas de la Planta
Termoeléctrica de Dos Bocas,
Veracruz"**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
LORENA L. DE LA TORRE FLORES

Director: JOSE ANTONIO TORRES HERNANDEZ

México D.F.

FALLA DE ORIGEN

1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE:

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 1 |
| Capitulo I. Aspectos generales..... | 6 |
| Introducción..... | 6 |
| Planta termoelectrica de Dos Bocas, Veracruz..... | 6 |
| Localización geográfica..... | 6 |
| Principales características..... | 6 |
| Descripción general..... | 7 |
| Descripción funcional..... | 9 |
| Control actual..... | 14 |
| Descripción del secuenciador de la turbina de gas..... | 22 |
| Capitulo II. Controladores programables..... | 34 |
| Introducción..... | 34 |
| Historia..... | 34 |
| Definición..... | 36 |
| Estructura..... | 37 |
| Especificaciones "hardware"..... | 37 |
| Especificaciones "software"..... | 41 |
| Módulos especiales..... | 46 |
| Ciclo de programa..... | 47 |
| Controladores programables contra computadora..... | 48 |
| Ventajas y desventajas de los sistemas de control basados en Controladores Programables | 49 |
| Capitulo III. Sistema X..... | 54 |
| Introducción..... | 54 |
| El Controlador programable SISTEMA X..... | 54 |
| Principales características del SISTEMA X..... | 56 |
| El Sistema operativo del SISTEMA X..... | 63 |
| Lenguaje X..... | 69 |
| Introducción al Lenguaje X..... | 69 |
| Estructura de programación en X..... | 70 |

| | |
|---|-----|
| Instrucciones..... | 73 |
| Módulos de compilación/ejecución..... | 75 |
| | |
| Capítulo IV. Lógica operativa del Secuenciador y Diseño del "Software de aplicación".... | 77 |
| Introducción..... | 77 |
| Definición de Secuenciador..... | 78 |
| Introducción al diseño del secuenciador..... | 78 |
| Representación lógica del secuenciador..... | 79 |
| Premisas para el diseño del secuenciador.... | 122 |
| | |
| Diseño del "software"..... | 123 |
| Estructura de programación para el Secuenciador..... | 125 |
| Consideraciones para la división de tareas en los programas de aplicación..... | 126 |
| Funcionamiento de la estructura de programación..... | 127 |
| | |
| Capítulo V. Algoritmos de control..... | 132 |
| Introducción..... | 132 |
| Diagramas de flujo..... | 132 |
| Pruebas..... | 193 |
| Necesidades de las pruebas..... | 193 |
| Tipos de pruebas..... | 193 |
| Equipo de pruebas..... | 195 |
| Descripción de pruebas funcionales..... | 196 |
| | |
| Conclusiones..... | 213 |

| | | |
|-------------------|---|-----|
| Apendice A. | Descripción de la simbología utilizada en los Diagramas lógicos (Norma ISA-65.2)..... | 216 |
| Apendice B. | Listado de programas de aplicación..... | 230 |
| Apendice C. | "Hardware" del Sistema X | 255 |
| Apendice D. | Sistema de pruebas..... | 278 |
| Bibliografía..... | | 284 |

I N T R O D U C C I O N

La energía eléctrica constituye un elemento indispensable para la satisfacción de las necesidades y el avance de la sociedad.

En nuestro país, la Comisión Federal de Electricidad está a cargo de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, satisfaciendo la demanda nacional en forma continua y confiable. Para este fin cuenta con plantas termoeléctricas, hidroeléctricas, geotérmicas y próximamente una nucleoelectrica y numerosas subestaciones.

Los sistemas de control juegan un papel determinante en el desempeño de cualquier proceso. Los avances en tecnología han ayudado a mejorar la eficiencia y confiabilidad de estos sistemas logrando con ello una mayor continuidad operativa en el proceso industrial.

Las plantas de energía son gobernadas por sistemas de control, muchos de los cuales fueron desarrollados con tecnología de los años 50's, por lo que el mantenimiento que requieren estos sistemas es muy frecuente además de la dificultad para conseguir las partes de repuesto necesarias, ocasionando que la planta salga de operación cada vez que se presente alguna falla de operación.

La CFE ha tomado la política de modernizar los sistemas de control de aquellas plantas cuyos sistemas han ocasionado frecuentes interrupciones de servicio.

Los avances y desarrollos alcanzados en el área electrónica, han permitido desarrollar sistemas de control, los cuales son programados de acuerdo a las necesidades del proceso. Si el proceso sufre alguna modificación, sólo basta cambiar el programa del controlador para satisfacer las nuevas demandas del proceso.

El proceso de generación de electricidad es tan importante y la falta de este servicio ocasiona grandes pérdidas económicas, por lo que se justifica la necesidad de implantar sistemas de control de tecnología más actualizada.

Debido al acelerado desarrollo tecnológico que se ha tenido en las últimas dos décadas los equipos de control anteriores resultan anticuados y obsoletos contra los nuevos sistemas de control. Los problemas que han presentado los sistemas de control de lógica alamburada en su mayoría son a causa de que no han podido ser reparados en su totalidad debido a la difícil adquisición de partes; que ocasiona en su mayoría interrupciones de servicio que se prolongan tanto como el tiempo que tarde en ser conseguidas las partes afectadas. Esto ha ido ocasionando la ineficiencia del sistema de control para cumplir adecuadamente sus funciones. El control empieza a ser más manual que automático y las pérdidas económicas aumentan.

Comisión Federal de Electricidad solicito al IIE el desarrollo de un nuevo y moderno sistema de control para toda la Planta Termoelectrica de Dos Bocas, Veracruz que substituya el sistema de control en base a lógica alamburada, el cual presentaba muchos problemas operativos que nacen principalmente por las razones antes expuestas.

El objetivo principal de este trabajo es el desarrollo del "software" de aplicación para el control lógico de la turbina de gas. La función principal es coordinar la secuencia lógica de arranque, paro y protecciones durante el ciclo de la turbina de gas. Se autorizo para este fin el uso del equipo de control SAC (Sistema de Adquisición y Control), el cual es un equipo de control programable (CLP) desarrollado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Este trabajo se desglosa en cinco capitulos, a través de los cuales se expone el proceso a controlar, el equipo utilizado y el diseño del "software" de aplicación, así como una sección de pruebas mínimas que se le deben hacer a este tipo de controladores.

En el capítulo uno se describen las características y componentes de la planta, detallando la secuencia de arranque y paro de la turbina de gas. Se especifican las condiciones necesarias para pasar de una a otra etapa del proceso de arranque. En base al conocimiento de la turbina de gas, podemos diseñar el controlador de este sistema.

En el capítulo dos se presenta la arquitectura, el sistema operativo y el funcionamiento de este equipo de control; además, se dan a conocer las ventajas que poseen y se hace una comparación contra los equipos de lógica alambrada.

En el siguiente capítulo, se describe al Sistema X, el cual tiene como base de "hardware" la línea SAC, y como "software" un sistema operativo propio y lenguaje (LX) para facilitar la programación del usuario. Este sistema está enfocado al control de procesos industriales.

El capítulo 4, presenta las bases consideradas para el diseño de los diagramas lógicos, estos representan operativamente al secuenciador y constituyen la base para plantear los algoritmos de control a programar. Se trata la estructura de programación, en la cual se dividieron las tareas del secuenciador, de acuerdo a las características del sistema operativo.

En el último capítulo se explican los algoritmos de control, en base a los diagramas de flujo de cada uno de los programas que integran el "software" de aplicación del CLP; y de esta manera conocer cual es la tarea o tareas asignada a cada programa. Constituye la parte integral del proyecto ya que se combinan tanto especificaciones de control lógico secuencial de arranque, condiciones de paro y disparo (protecciones) y los recursos del sistema operativo y habilidad para el diseño de una estructuración de programas a fin de que se satisfagan las necesidades de control de turbina de gas.

En la parte final se presenta una serie de pruebas necesarias para cada uno de los programas, además se mencionan las pruebas que se efectúan cuando se unen todos los programas, para reducir riesgos en la instalación del equipo.

CAPITULO 1

CAPITULO #1 ASPECTOS GENERALES

1.1 Introducción.

Es necesario conocer la planta, en especial la turbina de gas y todas las variables que intervienen en el proceso de arranque y paro. Es el objetivo principal de este capítulo mostrar este proceso.

1.2 Planta termoeléctrica Dos Bocas Veracruz.

1.2.1 Localización geográfica.

La central termoeléctrica Dos Bocas Veracruz, se encuentra ubicada aproximadamente a 16 Kms, al sur del centro de la ciudad y Puerto de Veracruz, en el Kilómetro 7 1/2 de la carretera Veracruz-Medellín, sobre la margen izquierda del Río Cotaxtla, a 6 mts. sobre el nivel del mar, ocupando una superficie de 265,000 metros cuadrados.

1.2.2 Principales características.

La central consta de dos paquetes de ciclo combinado, cada uno de los cuales se basa en los ciclos termodinámicos Rankine y Bryton regenerativos. Cada paquete consta básicamente de dos turbinas de gas y una turbina de vapor. La finalidad de combinar dos ciclos termodinámicos es hacer más eficiente el proceso de producción de energía eléctrica, aprovechando la energía que poseen los gases de escape de turbina de gas para

la generación de mayor cantidad de vapor para alimentar la turbina de vapor. Evitando que estos gases sean liberados a la atmosfera sin antes haberles extraido la mayor parte de su energía.

La energía generada por estos dos paquetes se envia a través de dos líneas de 115 KV y una línea de 230 KV a la Subestación de Veracruz II , de donde es distribuida a los consumidores industriales y urbanos dela zona; así como también se enlaza a través de ésta, al sistema eléctrico nacional usando dos líneas adicionales de Veracruz II de 230 KV entroncando en Tmazcal II con la red de 400 KV.

1.2.3 Descripción general.

La Central Termoeléctrica de ciclo combinado de Dos Bocas Veracruz, consta de dos paquetes PACE-260 o plantas de ciclo combinado independientes entre si.

Las siglas PACE-260 significan 260 MW de potencia a eficiencias combinadas.

El paquete PACE-260 se encuentra integrado por:

• Dos Turbinas de Gas W-501-B, con capacidad nominal de 85 MWatts cada una, pero la potencia real de trabajo desarrollada es de 65 MW por cada turbina.

• Dos calderas recuperadoras de calor para aprovechar la energía calorífica de los gases de escape de las turbinas de

gas, cuenta con quemadores adicionales para incrementar la cantidad de vapor generado en cargas altas.

• Una turbina de vapor monocilíndrica de 110 MW (con escape axial de condensación).

• Un condensador axial.

Las turbinas de gas y los quemadores adicionales de los recuperadores pueden quemar indistintamente gas natural o diesel y hacer transferencia de combustible en operación. Actualmente está en proyecto utilizar solamente gas, ya que resulta más económico y fácil de manejar durante el proceso.

La potencia máxima que puede entregar la planta, se calcula a continuación:

4 Turbinas de Gas • Potencia máxima entregada (4 • 65 MW)

2 Turbinas de Vapor • Potencia máxima entregada (2 • 110 MW)

Potencia Total entregada 480 Megawatts

La central cuenta con dos pozos profundos para su repuesto de suministro de agua desmineralizada. Para su sistema de circulación de enfriamiento, el agua se toma del Río Cotaxtia y se descarga en un canal.

1.2.4 Descripción funcional.

El funcionamiento del ciclo combinado se explica a partir del seguimiento de la trayectoria de los distintos fluidos:

En la figura 1.1 se ilustra el diagrama esquemático de un paquete PACE-260.

a) Compresor.

El compresor aspira el aire del ambiente, fluyendo posteriormente en forma axial a través de 17 etapas de compresión, hasta descargarse a una presión que oscila entre 120 a 140 PSIG. El compresor funciona como una bomba de aire, su función es importante, ya que de él depende que exista aire en la cámara de combustión.

b) Cámara de combustión.

El aire pasa hacia las cámaras de combustión donde se mezcla con el combustible (gas) y se inicia un periodo de encendido de turbina cuyo tiempo máximo son 30 segundos, al lograrse que la flama se mantenga por más de 5 segundos, se considera un encendido exitoso.

Es necesario lograr una mezcla rica en aire, para permitir una combustión completa y no arrojar a la atmósfera monóxido de carbono, que es más contaminante que el dióxido de carbono; además este aire permite enfriar los elementos dentro de la cámara de combustión.

c) Turbina de gas.

Los gases resultantes de la combustión se expanden en la turbina de gas donde se lleva el intercambio de energía térmica a cinética. La turbina al girar da movimiento a la flecha, misma que se une mecánicamente al generador.

El generador convierte esta energía cinética en energía eléctrica. Esto es debido al corte de líneas de fuerza magnética por el movimiento rotatorio de la flecha del generador.

d) Excitador.

Es el dispositivo encargado de proporcionar el campo magnético al generador, puede verse como un electroimán.

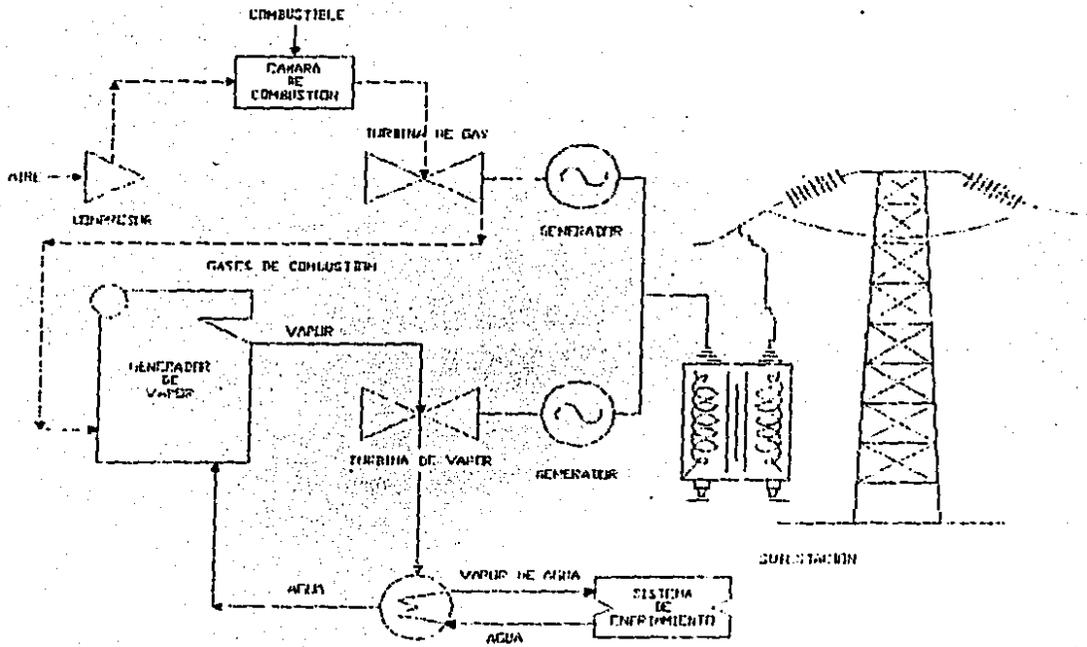
e) Motor de arranque.

La función del motor de arranque es la de romper el momento de inercia de la turbina cuando se va a iniciar el arranque y se encuentra totalmente parada. Después que la turbina ha alcanzado cierta velocidad, este motor se desacopla mecánicamente y deja de funcionar.

f) Recuperador de calor.

Los gases de escape a alta temperatura pasan después al recuperador de calor, donde ceden gran parte de su energía calorífica para la producción de vapor. Para ayudar a que los gases de escape de la turbina de gas tengan la temperatura óptima para llevar al vapor a ciertas condiciones, se tienen una serie de quemadores localizados en el llamado recuperador.

FIG. 1.1 CENTRAL TERMOELECTRICA DE CICLO COMBINADO



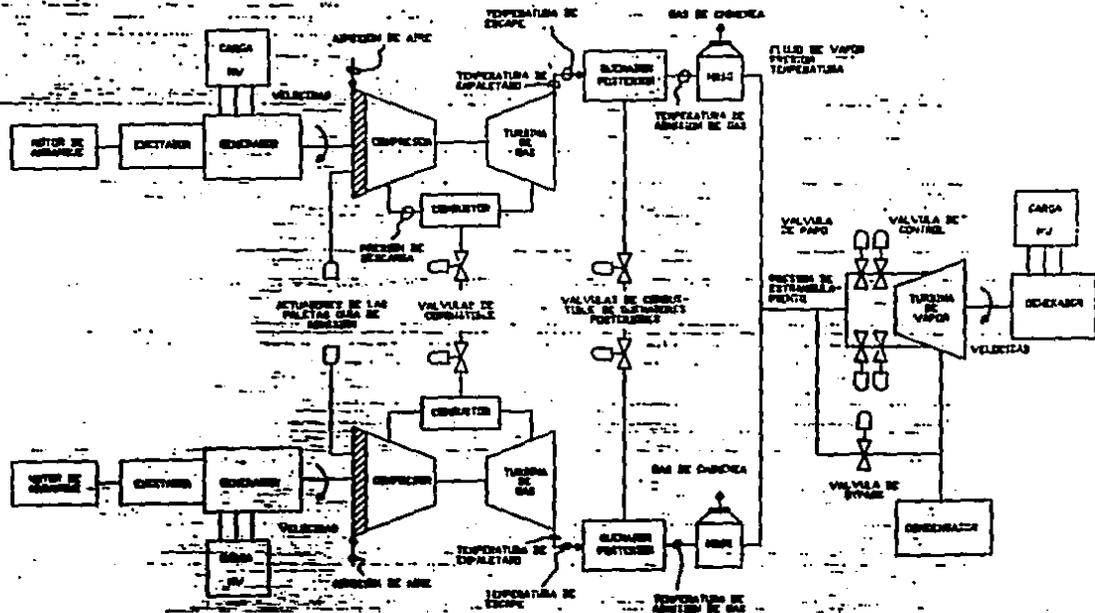


FIG. 11. PAQUETE PAC-260 DE CICLO COMBINADO.

g) Turbina de vapor.

El vapor fluye hacia la turbina de vapor, en la cual, cede parte de su energía para causar el movimiento rotatorio de la turbina de vapor. En este elemento se lleva a cabo el intercambio de energía térmica a energía de movimiento (rotativo). La turbina de vapor está unida mecánicamente por medio de una flecha al generador eléctrico para producir energía eléctrica.

h) Condensador.

Para obligar a que el flujo de vapor pase con mayor libertad a través de la turbina de vapor, se requiere que a la salida de ésta la presión sea muy baja. Una manera de hacer esto, es simplemente convirtiendo el vapor en agua a la salida de la turbina. Como el vapor ocupa más espacio, al condensarse se contrae y como consecuencia baja la presión; el dispositivo que hace esto se llama condensador.

Estos son los sistemas más importantes de la planta, pero también existen otros componentes dentro de estos sistemas, los cuales se mencionarán en seguida, de acuerdo a la función que cumplen en el proceso de generación de energía eléctrica.

Cada recuperador de calor constituye el eslabón entre el ciclo de turbina de gas y el ciclo de turbina de vapor, es por ello que recibe el nombre de ciclo combinado.

Con el fin de aumentar la producción de vapor, se utilizan quemadores auxiliares para aumentar la temperatura de los

gases de la turbina de gas desde aproximadamente 900 grados Fahrenheit hasta alrededor de 1150 grados Fahrenheit, que circulan a través del ducto que va hacia la caldera. De esta forma se logra aumentar la generación de energía de la turbina de vapor.

El vapor que se genera en los recuperadores de calor se colecta en un cabezal común para alimentar la turbina de vapor, en la cual, el vapor se expande hasta alcanzar la presión del condensador.

La caldera se compone de un domo de alta presión y otro domo de baja presión, bomba de alimentación de la caldera, deareador, economizador y de bombas y equipo auxiliar para mantener las condiciones reguladas del vapor a una temperatura cercana a 943 grados Fahrenheit, 1151 psig. a un flujo total de 880,000 lb/hr.

La turbina cuenta con una extracción para calentar el agua de alimentación a los recuperadores de calor.

El Condensado del Pozo caliente (Hotwell) es bombeado hacia los Deareadores, que también reciben calor del evaporador de baja presión y del vapor proveniente de la extracción de la turbina de vapor. El agua de alimentación se calienta hasta 121 grados centígrados antes de enviarse al economizador de cada recuperador de calor.

En el economizador se eleva la temperatura hasta el punto de saturación correspondiente al evaporador de alta presión.

En el evaporador de alta presión y sobrecalentador se generan las condiciones requeridas por la turbina de vapor.

La turbina de vapor esta provista con unas válvulas de "bypass" encargadas de desviar el vapor del condensado. La turbina de vapor cuenta también con dos válvulas de estrangulación que se encargan de regular la admisión del vapor a la turbina y dos válvulas de paro para operación de emergencia.

La válvula de "bypass" sirve para regular la presión del vapor durante el arranque de la planta a condiciones de carga baja, y se va cerrando gradualmente desde que inicia el giro la turbina hasta que comienza a operar con carga.

Para facilitar el arranque de la turbina de gas, se cuenta con un motor de arranque que forma parte del equipo auxiliar, que ayuda a iniciar el giro de la turbina de gas, con el fin de romper la gran fuerza de inercia que posee al estar totalmente estática la turbina, y de esta forma facilitar posteriormente que sea acelerada por los gases resultantes de la combustión. El motor de inducción tipo jaula de ardilla de 1600 HP, 4160 V que se ilustra en la parte izquierda de la figura 1-1, corresponde al motor de arranque.

1.2.5 Control actual

La planta de ciclo combinado cuenta con un cuarto de control cuya construcción es del tipo modular. En este centro

de control se encuentran todos los dispositivos de mando, control y protección necesarios, para la coordinación de todos los dispositivos que componen la planta.

Desde este centro de control emanan las ordenes para sincronizar, arrancar, parar grupos de turbogeneradores, así como señales que permitan arrancar o parar equipo auxiliar como motores, bombas, etc.

Este centro de control conforma el cerebro de operación de la planta, ya que la información que recibe proveniente desde la planta, le informa del estado de la misma durante la evolución del proceso, sirviendo así de base para la decisión de la siguiente acción a ser realizada por el sistema de control (orden hacia planta).

En el cuarto de control se encuentran instalados los tableros de control de: turbina de gas, recuperadores de calor, turbina de vapor, Control Coordinado de la Planta, la subestación, para relevadores y dispositivos de control eléctrico, supervisión de los reguladores, supervisión de turbina de gas, un tablero de supervisión de turbinas de vapor; dos computadoras PACE-2000 con su gabinete de programación y equipo asociado, una de ellas es usada para información y señalización, y la segunda es usada sólo para control digital de la Planta junto con once gabinetes de control analógico.

El Sistema de Control de la Planta posee tres niveles jerárquicos de control, los cuales son:

1) Control Coordinado -. es el nivel más alto de la jerarquía de control, en este nivel la actividad del operador está limitada a la selección de combustible (gas o diesel), selección de la demanda total en Megawatts y la especificación de la razón de cambio de carga. En este momento la computadora del sistema de control inicia una secuencia única para cada unidad del sistema; acelera y sincroniza los turbogeneradores y va cargando paulatinamente a las unidades, hasta lograr la generación deseada de energía eléctrica.

Las turbinas de gas son operadas normalmente a una carga base y después los quemadores auxiliares son regulados para producir el flujo adicional de vapor para equilibrar la demanda de carga desde la turbina de vapor.

La computadora logra que la planta opere con máxima eficiencia. Mientras que el operador está como observador atento a la ocurrencia de alguna perturbación en la evolución del proceso. La computadora también mantiene alerta al operador de las condiciones del equipo y del proceso a través de anotaciones, alarmas, grabación de secuencia de eventos, permitiendo una revisión de los disturbios posteriores al disparo.

2) Control Automático -. aquí el operador selecciona la demanda de carga en Megawatts y el régimen de carga para cada unidad individual turbogeneradora, desde el área del tablero BTG (Boiling-Turbine-Generator). Con este modo de

control se permite el arranque, sincronización y carga automática de cada una de las unidades, independientemente de otro equipo de la planta. También se puede detener de manera individual cada turbina a selección del operador. Se cuenta con el mismo grado de despliegue de mensajes, alarmas, cronogramas de eventos para cada una de las unidades base. El papel que juega el operador es más importante, ya que debe estar seguro de que se este operando dentro de las condiciones deseadas, de esta manera el operador supervisa y coordina el control automático individual de cada una de las unidades.

3) Control manual -. en este nivel el operador deberá vigilar y operar continuamente todos los dispositivos de mando de los elementos finales de control, para conservar la operación adecuada del grupo turbogenerador y los subsistemas.

El operador tiene a su disposición estaciones de control manual que se alambran directamente al proceso, así que si ocurre falla en alguno de los niveles superiores de control, la producción de energía no se vería interrumpida. Este nivel de control requiere la atención completa del operador para observar y tomar acciones apropiadas de manera continua.

El sistema de control se compone de "hardware" analógico y "hardware" digital para el manejo de señales de campo tanto analógicas como digitales.

El instrumental instalado en el tablero BTG para monitoreo y control del proceso se monta en las sección vertical y

horizontal del tablero, incluyen medidores, registradores, indicadores, botones de empuje ("push-bottoms"), contactos, displays digitales. Todo el instrumental es manejado por el sistema de control analogico-digital.

El tablero BTG que se encuentra en el cuarto de control junto con otros tableros de control, se compone de: paneles separados de cada turbina de gas, sistema de la caldera, turbinas de gas y un panel para coordinación central de la planta.

Los contactos de salida de la computadora (CCD, que significa señal de control de salida de la computadora) sirven de interfaz para enviar señales ya sean digitales o analógicas a todo el equipo de la planta, operan las lámparas del tablero BTG, mediante las cuales se ofrece una indicación luminosa al operador, para que conozca el estado de la planta y del sistema de control en todo momento.

Las entradas analógicas provenientes del proceso forman los flujos de retroalimentación, de señales como: temperatura, presión, carga, etc. Las salidas analógicas representan comandos que determinan las acciones a ejecutar para satisfacer la solicitud de demanda de carga del operador.

En la fig. 1.2 se ilustran los niveles de control con que cuenta el sistema de control actual de la planta. En la figura 1.3 se ilustra la interacción entre sistema de control y proceso.

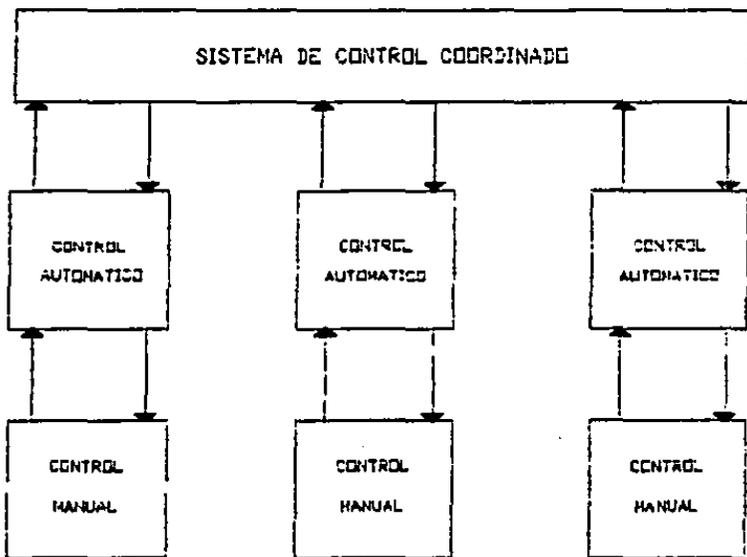


FIG. 1.2 DIAGRAMA JERARQUICO DEL SISTEMA DE CONTROL

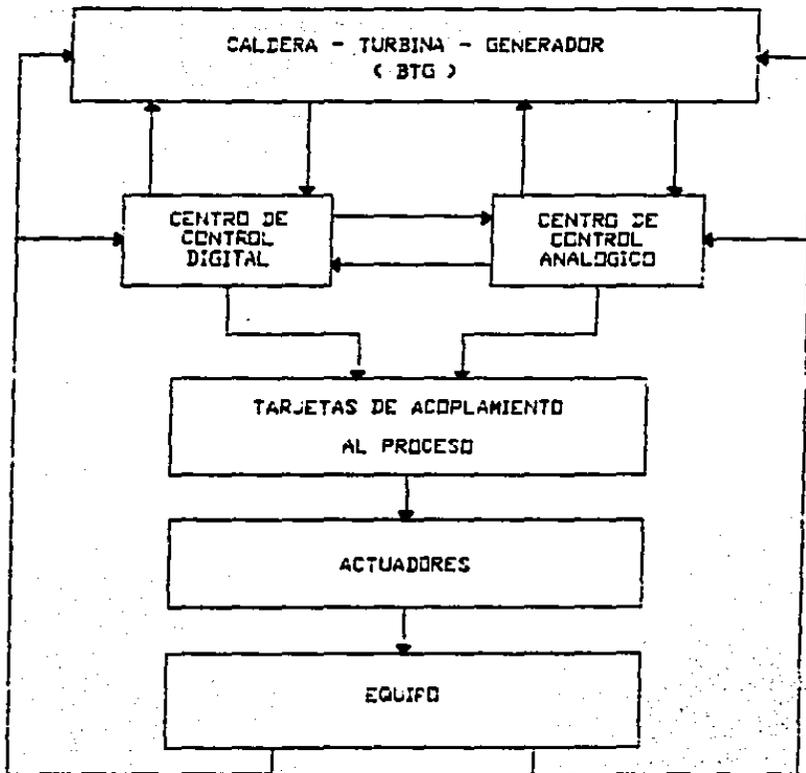


FIG. 13 SISTEMA DE CONTROL ANALOGICO - DIGITAL

El "hardware" del sistema de control actual de la planta es de tipo híbrido, ya que contiene relevadores, transistores y circuitos de estado sólido. Los tableros de control son muy voluminosos físicamente hablando. Y todo este sistema de control puede ser reducido, aumentando su eficiencia y confiabilidad con la nueva tecnología de Controladores Programables.

El sistema de control actual de la planta de Dos Bocas Veracruz, presenta graves problemas de mantenimiento, por lo que ahora la planta se gobierna pseudomanualmente ya que también una de las dos computadoras ya no sirve, perdiéndose la jerarquía en los niveles de control.

1.2.6 Descripción del Secuenciador de la Turbina de gas

Con el fin de facilitar la explicación del proceso de arranque de la turbina de gas, se hace una explicación a bloques del proceso, que va acompañada de un diagrama de flujo que se ilustra en la figura 1.4. Se recomienda ir siguiendo este diagrama junto con la descripción a bloques que a continuación se desglosa.

En el diagrama de flujo cada bloque representa una etapa o condición del proceso de arranque de la turbina de gas, el número del bloque se localiza encerrado entre paréntesis. Así mismo, también se indica a que diagramas lógicos del secuenciador se encuentra asociado (parte superior izquierda del bloque). Estos diagramas lógicos del secuenciador se tratan en el capítulo 4, donde pueden ser consultados.

Bloque 1

Antes de arrancar la turbina de gas los auxiliares esenciales de mantenimiento en el centro de control de motores se deberán colocar en la posición de "auto". Estos interruptores son los siguientes:

| | |
|-------|---|
| 43MLP | Bomba de aceite de lubricación ppal CA |
| 43BLB | Bomba de aceite de lubricación de respaldo CA. |
| 43LVE | Extractor de vapor del aceite de lubricación CA. |
| 43LCA | Ventilador enfriamiento aire/aire en baja velocidad CA. |

43HCA Ventilador enfriamiento aire/aire en alta
velocidad CA.
43BLP Bomba de aceite de lubricación CD.
43TG Torna Flecha CD.
43BEO Bomba de aceite de sello de respaldo CD.

Bloque 2

La turbina deberá tener también, los interruptores relacionados con el control de la turbina en auto; éstos últimos son los siguientes:

- 43/20-1G Valvula de aislamiento de gas.
- 43/20-25 Valvula Solenoide de drenaje del Combustor.
- 43/20-35 Valvula Solenoide de Aislamiento de Instrumentos
- 43/20-10 Valvula de extracción del compresor.
- 43/20-2 Valvula de disparo por sobrevelocidad.
- 431 Transformador de ignición en auto.

Bloque 3

Una vez que se cumplan estas condiciones, será necesario que los siguientes interruptores y comandos se encuentren en estado apropiado antes de que se reciba la señal lista para arrancar.

- 43SM Selector del dispositivo de arranque en auto.
- 41b Interruptor de la quebradora de campo o interruptor de excitación abierto.
- 81707 Turbina abajo de la velocidad de ignición o presión abajo del valor de ignición.

81105 Válvulas de extracción del compresor abiertas.

88TB Entrelazado del controlador del motor del torno flecha.

81009 Presión adecuada del aceite de lubricación.

81007 Señal de control de combustible restablecida al mínimo.

81110 Alabes guía abiertos.

Bloque 4

El operador deberá actuar el botón de reposición del disparo (PB-74), el cual repondrá cualquier disparo presente, que hubiera ocurrido previamente.

Bloque 5

Cuando se cumplan estas condiciones la turbina se encontrará en el estado de lista para arrancar.

Bloque 6

Deberá colocar el selector de operación "438", en cualquiera de las posiciones de girar (spin) o correr (run). Para poder arrancar ya sea a través de una señal de la computadora, o por medio de un botón en BTG actuado por el operador.

Bloque 7

Deja la máquina fuera de secuencia de arranque. El giro spin limita la operación de la máquina con el dispositivo de arranque dentro y fuera de ignición (Bloque 13).

El interruptor selector 436 deberá colocarse en la posición correr "RUN" para poder completar el ciclo del secuenciador (Bloque 12).

Con el cumplimiento de todos los permisos anteriores ocurrirá lo siguiente:

- 1.- Se cierra la línea de drenaje de la medición de presión del combustor (solenoides 20-25) (Bloque 9).
- 2.- La válvula solenoide (20-35) se desenergiza durante el arranque de la máquina para cubrir la línea de suministro de aire de instrumentos (válvula abre). Esta válvula permanece desenergizada hasta que la máquina rueda lentamente debajo de la velocidad de ignición o en el disparo (Bloque 10).
- 3.- Se da la señal de cierre al dispositivo de arranque. Con lo anterior el dispositivo de arranque acelerará la turbina de gas hasta que la presión de descarga del compresor alcance a operar el interruptor de presión (63-b) de la cámara de combustión (Bloques 11 y 14).

Bloque 15

Cuando esto ocurre, la válvula solenoide de disparo por sobrevelocidad (20-2) se energiza. Esta acción cerrará el dren de presión para el sistema de sobrevelocidad y permitirá a la presión vigorizarse. La vigorización de la presión ocasiona que el interruptor de presión de disparo por sobrevelocidad (63-7) opere.

Esto implica que se inicie el ciclo de ignición y se cumpla lo siguiente:

- a) El combustible via la válvula de aislamiento de corte de gas se abrirá para su alimentación (Bloque 16).
- b) Las bujías se energizarán, via el transformador de ignición a través del monitoreo por flama (Bloque 18). Suponiendo que el primero se ha cumplido, la máquina continúa su secuencia de arranque normal; en caso contrario, se hará un segundo intento de ignición, el cual implica cerrar la válvula de combustible (Bloque 19) e inicia el ciclo de purga (Bloque 20). Al pasar 2.5 minutos, la purga termina y se inicia el segundo intento de ignición. En caso de que en este segundo intento no se detecte flama, la máquina se disparará (Bloque 21).

Una vez que se ha detectado flama; será enviada una señal al control análogo para iniciar la rampa de combustible y controlar la apertura de las válvulas de alimentación (Bloque 22) y se cerrarán las válvulas de drenado de líquidos (Bloque

23).

De esta forma se llega a 2400 rpm y se mantiene, luego una señal es enviada para parar al dispositivo de arranque (bloque 24).

Bloque 25

Una vez que se alcanza el 96% de la velocidad de la máquina se cierran las válvulas de extracción del compresor desenergizándose las solenoides (20/10-1) y (20/10-2). Esto ocasionará que los interruptores de presión (63-44) y (63-45) se abran, lo cual llevará al estado seguro de operación a la máquina (bloque 26). Asumiendo que el interruptor de transferencia sincrónico está en modo automático (43ST) una señal se envía para cerrar el interruptor de excitación (Bloque 27) y esto ocurre al 97% de la velocidad de la turbina.

A partir de este punto el control del secuenciador queda sólo esperando algún disturbio que pudiese causar un disparo, en caso que no se presente, la máquina continua acelerando (Bloque 28) hasta que alcance la velocidad de sincronismo (3600 rpm +/- 50 rpm) y la máquina sobregire del sincronizador automático (asumiendo que el sincronizador automático ha sido previamente seleccionado) para acoplamiento al sistema y para el cierre del interruptor del generador (Bloque 29). Si el sincronismo manual ha sido seleccionado, el operador acoplará la unidad al sistema y cerrará el interruptor del generador empleando un botón (Bloque 32).

Bloque 30 Y 31

Una vez que el interruptor del generador cierra, la unidad toma mínima carga (4 a 5 MW). Si se desea tomar una carga adicional, sería necesario para el operador oprimir el botón de aumentar carga (RAISE), si esta en modo "manual". Si esta en modo "auto", la computadora entregará un CCO para elevar la carga.

La unidad puede ser disparada ya sea automáticamente por la computadora a través de un CCO o manualmente por el operador (Bloque 3). Bajo condiciones normales, la máquina será descargada hasta alcanzar una carga mínima, momento después se pone fuera de servicio. Sin embargo, durante las condiciones de emergencia la máquina puede ser disparada sin considerar el nivel de la carga por cualquiera de los siguientes medios: botón de parada de emergencia en el tablero BTG, botón de parada de emergencia sobre el switch de presión y el panel de instrumentos o por una condición de disparo.

FIG. 1.4

SECUENCIA DE ARRANQUE DE LA TURBINA DE GAS.

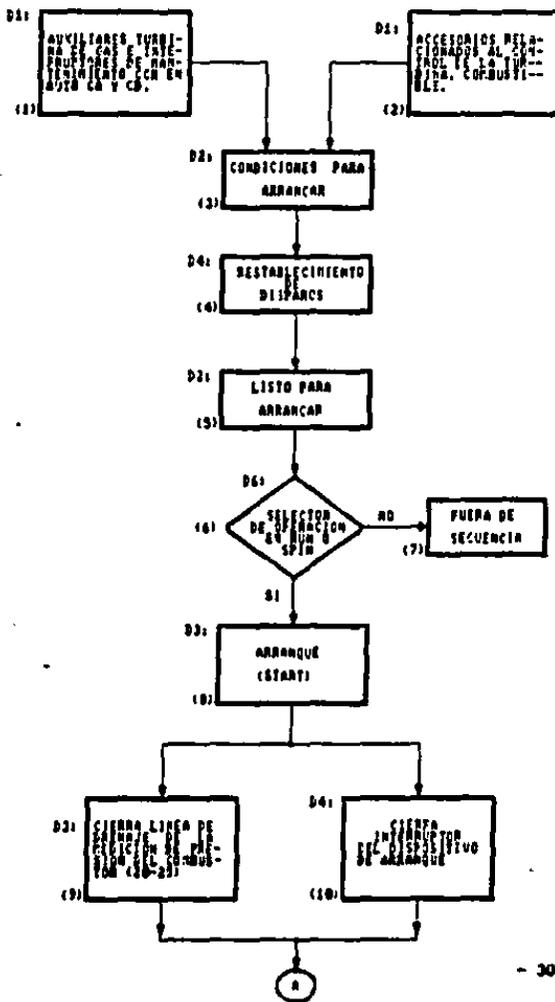


FIG. 1.4 (CONT)

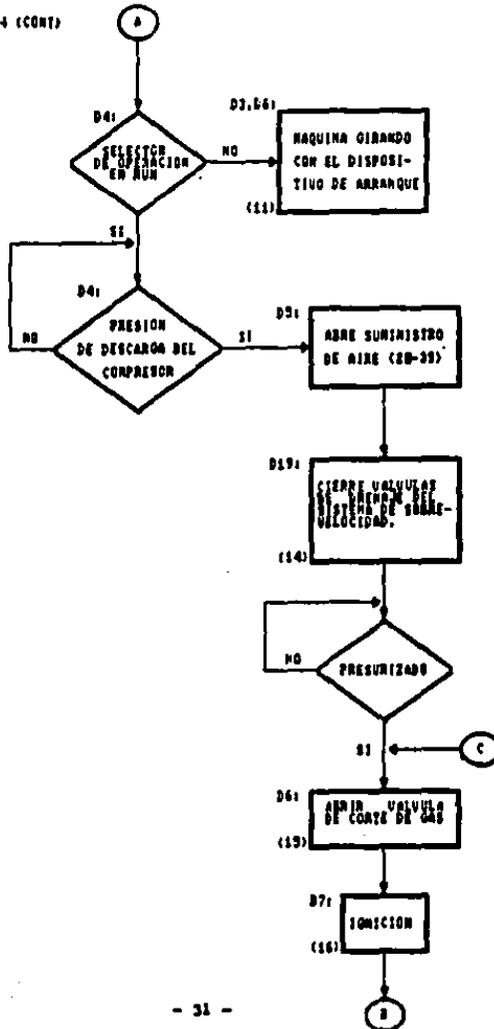


FIG. 1.4 (CONT)

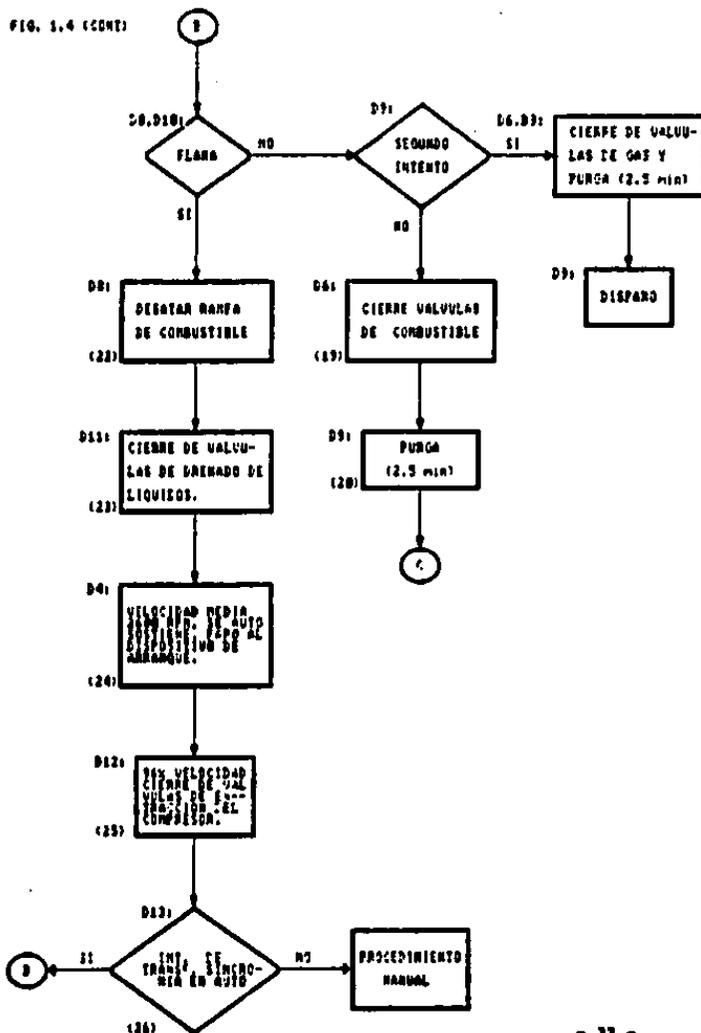
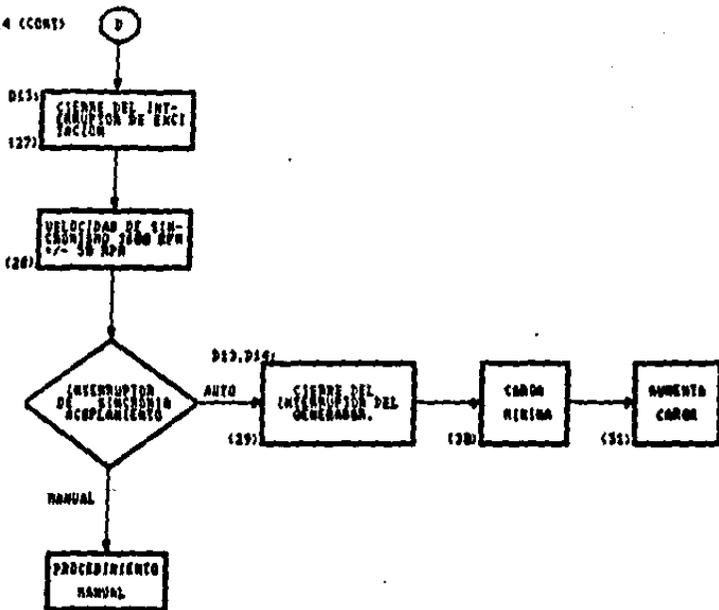


FIG. 1.4 (CONT)



CAPITULO 2

CAPITULO 2: CONTROLADORES PROGRAMABLES

2.1 Introducción.

Paralelo al desarrollo tecnológico, los sistemas de control han ido evolucionando desde circuitos de lógica alamburada basados principalmente en relevadores hasta los construidos en base a microprocesadores y dispositivos electrónicos de estado solido. El resultado es un tipo de controlador más compacto, confiable y reconfigurable, con una mayor capacidad de cálculo. Su principal característica es que su algoritmo de control es programado de acuerdo al proceso en que se desea aplicar.

2.2 Historia

En 1968 la División Hidramatic de la Corporación General Motors especificó el criterio de diseño para el primer controlador programable (CP). La primera meta fue eliminar el sistema de control por relevadores debido a su inflexibilidad y alto costo. Las especificaciones solicitaban crear un sistema de estado sólido que permitiera conectarse a una computadora que fuese fácil de programar y de recibir mantenimiento; esto es, se requería un sistema de control tal que redujera los tiempos muertos de las maquinas y además diera oportunidad de efectuar futuras ampliaciones.

El primer controlador lógico programable CLP fue capaz de lograr un control todo o nada (ON/OFF) y su aplicación se limitó solo al control de procesos repetitivos. Debido a su

fácil instalación y a que requiere menos espacio y energía, demostró ser mejor que los sistemas de control a base de relevadores.

De 1970 a 1974 las innovaciones en la tecnología de microprocesadores agregaron a los sistemas de control gran flexibilidad e inteligencia.

La adición de funciones aritméticas y la improvisación de arreglos de instrucciones permitieron que recibieran datos de entrada proveniente de aparatos de instrumentación. Los datos se procesaban aritmeticamente y servían de base para acciones correctivas.

Entre 1975 y 1979 el impulso del "software" y "hardware" agregó gran versatilidad a los controladores programables. A continuación se mencionan algunas de las características más importantes:

- * Gran capacidad de memoria
- * Entrada/salida remota
- * Control posicional
- * Comunicación del operador con el proceso

Estos cambios hicieron posible ampliar el campo de aplicación de los Controladores Programables.

Los sistemas de expansión de memoria permitieron almacenar grandes programas de aplicación y enormes cantidades de datos, por lo que se logró no sólo dar lógica y secuencia al proceso,

sino también conseguir la adquisición y manipulación de datos.

Posteriormente, otros desarrollos en "hardware" hicieron posible llevar a cabo el control posicional utilizando salidas discretas y un codificador de entrada retroalimentado. Se utilizaron los motores de pasos para la corrección de posición, mediante la información contenida en trenes de pulsos que llegaban a éste desde el controlador, por medio de la interfaz.

En la década de los 80's se produjeron numerosos avances tecnológicos en la industria de los controladores, los cuales reflejaban grandes adelantos con el uso de la tecnología de los microprocesadores.

Hoy en día, el Controlador Programable (CP) es un sistema que ha madurado y ha sido capaz de comunicarse con otros sistemas suministrando reportes e itinerarios de producción y diagnóstico de sus propias fallas.

2.3 Definición

De acuerdo con la definición de la NEMA (National Electrical Manufacturers Association), un controlador programable es: "Un aparato electrónico que opera digitalmente, con una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones que permite implementar funciones específicas tales como: lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteos y operaciones aritméticas, para permitir el control a través de módulos de entrada/salida ya sean del tipo analógico o digital de varios tipos de máquinas y/o

procesos".

La única diferencia entre un Controlador Programable y un Controlador Logico Programable radica, en que este último únicamente procesa señales de tipo lógico, en cambio un controlador programable procesa tanto señales lógicas como analógicas (en forma digital).

2.4 Estructura

Los componentes principales de un sistema de este tipo son el "hardware" y el "software" y sus especificaciones se mencionaran a continuación:

2.4.1 Especificaciones "Hardware"

Un controlador programable se compone de dos secciones básicas:

- 1) La Unidad Central de Procesamiento UCP
- 2) Interfaces de entrada y salida

- Unidad central de procesamiento

En la UCP hay tres partes importantes, que son:

- 1) El procesador
- 2) La memoria
- 3) La fuente de poder

En la fig. 2.1 se ilustra la estructura de un controlador programable.

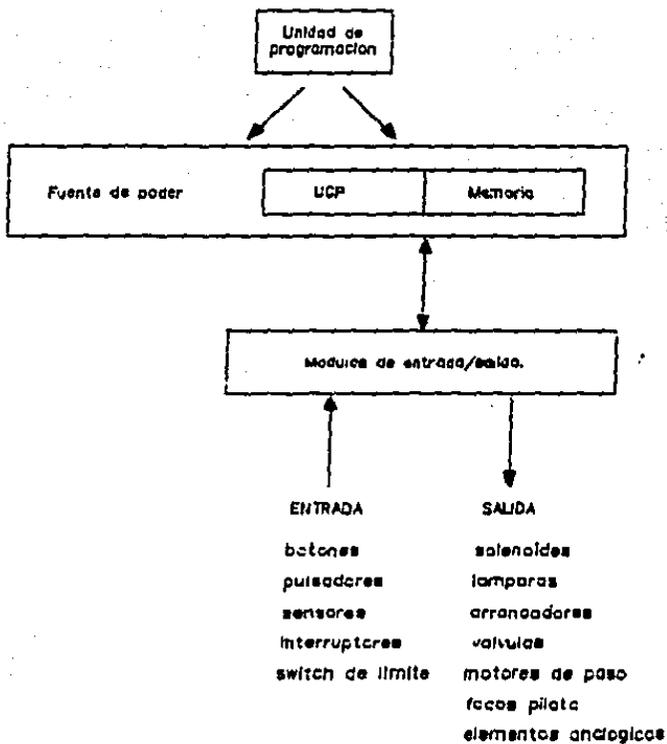


FIG. 2.1 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE

El procesador

La UCP, cuyas siglas significan Unidad Central de Proceso, es el cerebro del controlador programable. Una vez que un programa de funciones lógicas o de lista de instrucciones se introduce al procesador, éste reside en la memoria interna hasta que el usuario o programador lo modifique.

En la UCP se leen los datos de entrada provenientes de los dispositivos sensores (campo), y se ejecuta el programa almacenado en memoria. De acuerdo con esto la UCP maneja las salidas y envía comandos adecuados para el accionamiento de dispositivos y así llevar a cabo el control del proceso.

Memoria

La unidad de memoria comprende el registro de comando, módulos de memoria del programa y circuitos de control para comunicación con el procesador lógico.

Las memorias que comunmente se usan para almacenar el Programa de aplicación son del tipo "PROM" o "EPROM", y como memorias auxiliares para las operaciones lógicas internas del procesador, las del tipo "RAM".

En una memoria de tipo "PROM" o "EPROM" puede escribirse información (programa) con un dispositivo especial; a su vez, también se puede borrar el programa antes escrito exponiendo el circuito integrado de memoria a rayos ultravioleta de gran intensidad, esto es solo en el caso de la memoria "EPROM". Una vez borrado el circuito, este puede ser grabado nuevamente.

Una ventaja del uso de estas es que la información escrita o programa no se pierde, aún en el caso de que ocurra una falla de alimentación o suministro de energía eléctrica.

Fuente de poder

La fuente de poder que integra al CLP, solo tiene la función de proveer los niveles de voltajes necesarios para mantener una operación adecuada de todas las secciones de la UCP.

- La interfaz de entrada/salida.

La interfaz de entrada/salida forma la comunicación entre la UCP y el proceso o maquinaria. El propósito de la interfaz es acondicionar las señales que se reciben de o se envían al proceso.

Las señales de entrada que provienen de botones, pulsadores, sensores, interruptores, interruptores límite, etc. se alambran manualmente a la parte de entrada de la interfaz. Los equipos que se deben controlar como motores de arranque, válvulas solenoides, lámparas piloto, válvulas de posición y alarmas se conectan a la parte de salida de la interfaz.

Puesto que la interfaz constituye el medio de comunicación entre el sistema de control y el proceso, en su diseño se toman se toman ciertas consideraciones de las cuales a continuación se nombran las más importantes.

Deben existir circuitos especializados para aislar

eléctricamente al controlador de las señales de planta. Estos circuitos en algunos casos son optoacopladores; y en otros se usan transformadores de pulsos o relevadores.

También existen acondicionadores de señal, los cuales se encargan de mantener el nivel de voltaje correcto tanto para los actuadores de planta como para el controlador.

Para evitar que el equipo de control sufra daños debidos a picos inesperados en la señal de alimentación se utilizan sujetadores de voltaje y limitadores de corriente.

2.4.2 Especificaciones "Software"

Desde el punto de vista de la programación, el CLP está formado por dos secciones básicas:

- 1) Sistema operativo
- 2) Programas de usuario

Sistema operativo

El Sistema operativo o Monitor - proporciona al usuario la posibilidad de intervenir en el control a través de un dispositivo periférico tal como un programador manual, terminal de computador o microcomputador personal - permite el uso de todo el "hardware" que lo compone con el mínimo esfuerzo; proporciona una serie de rutinas o primitivas para el uso eficiente del "hardware" y distribuye el uso de la UCP a los diferentes programas.

El sistema operativo administra eficientemente las tareas de:

- Comunicaciones con otros módulos (controladores y terminales).
- Adquisición de datos, programas que constantemente tomen información de las entradas para su análisis posterior.
- Filtrado digital, estas rutinas se encargan de quitar el posible ruido que tenga la señal de información.
- Manejo eficiente de las señales adquiridas; en este caso se utiliza un manejador de base de datos muy elemental.
- Manejo de interrupciones, estas rutinas se atienden por demanda de la planta o del operador y sólo son atendidas cuando se solicitan; en esta caso, el sistema operativo tiene que comprobar prioridades para ver qué tarea es más urgente, si la interrupción o lo que está ejecutando en el momento.

Para lograr lo anterior, el sistema operativo cuenta con una serie de administradores de "hardware"; entre los más importantes están:

- "Scheduler" y "Dispatcher".- Son los administradores del microprocesador. En la memoria siempre existen más de dos programas que se pueden ejecutar; tanto el "scheduler" como el "dispatcher" ven las prioridades y la disponibilidad de información para saber qué programa

utilizar en el momento preciso.

Administrador de memoria.- Con este programa se logra un uso optimizado de la memoria, ya que las señales de entrada o de comunicaciones que no requieran ser procesadas pueden entrar directamente a la memoria. Con este programa se garantiza que nunca dos dispositivos van a acceder la memoria al mismo tiempo.

- Administrador del "bus".- Con esta rutina se logra distribuir la información necesaria a los demás dispositivos sin que exista la posibilidad de colisiones en la información.

- Administrador de E/S.- Es de gran utilidad tener un administrador de entradas salidas, ya que permite que los dispositivos lentos se acoplen a las velocidades de trabajo de la UCP.

Además de los administradores, el sistema operativo contempla tareas de comunicación y sincronización entre programas de usuario.

Por último junto con el sistema operativo se tiene una biblioteca de algoritmos de control, los cuales son controladores P, PI, PID, compensadores, redes adelanto-atraso, muestreo de señales, etc.

Programa del usuario

Es el que da la estrategia de control a utilizar en un proceso determinado. Básicamente es una configuración al CP, ya que sólo basta con llamar a las diferentes funciones de biblioteca para construir el programa de aplicación o tarea de control. Este último contiene las funciones y lógica necesarias para guiar el comportamiento del controlador dentro de un proceso específico.

Es importante hacer notar que el programador es quien determina el comportamiento del sistema; si se selecciona una mala estrategia de control, el CP no corregirá este error.

Todo controlador programable a fin de facilitar su función cuenta con el elemento de programación por medio del cual el usuario puede dar la secuencia de instrucciones al CP; esta unidad debe ser fácil de manejar. Este puede ser un teclado especial o una computadora.

El lenguaje de programación es el grupo de códigos estructurados y ordenados que permite establecer una comunicación con el controlador a través de la unidad de programación, para que el usuario ordene al controlador la tarea que debe ejecutar.

Hasta ahora no ha habido una estandarización en lo que se refiere a lenguajes de programación para CP's, pero los lenguajes más usados son:

- 1) Algebra de Boole.- utiliza las propiedades de los

teoremas y axiomas de la lógica digital, con el fin de plantear ecuaciones y construir modelos idénticos a la tarea de control que se desea programar.

2) Lenguaje simbólico.- Como códigos de lenguaje de programación se emplean las compuertas lógicas, que son: AND, OR, NOT, NOR, NAND Y XOR.

3) Diagramas de escalera.- Este lenguaje se elaboró con el fin de facilitar la transición de los controladores secuenciales tradicionales (lógica de relevadores) a los controladores programables. Utiliza frases que se forman por instrucciones enlazadas por conectivos lógicos. Este lenguaje es de tipo conversacional; se escribe y se lee como idioma cotidiano, por lo que no es indispensable dominar alguna técnica de programación para interpretarlo y utilizarlo.

2.4.3 Módulos especiales

Para efectuar control distribuido se tienen módulos especiales, que pueden ser tan elementales como los acondicionadores de señal (interfaz) o tan sofisticados como un pequeño controlador remoto. Estos módulos sirven para reducir la carga de trabajo del CP para control de procesos complejos. Los más comúnmente usados son:

- * Módulos PID
- * Posicionadores triaxiales
- * Módulos de control por motores de pasos
- * Contadores de pulsos de alta velocidad (comúnmente 50 MHz).
- * Módulo de entradas electrónicas de alta velocidad (mínimo de ancho de pulso 5 microsegundos).
- * Módulo BCD de entrada/salida (comúnmente de 4 a 8 dígitos BCD).
- * Módulo de comunicación ASCII (velocidad de 300 a 4800 bauds).
- * Módulo de terminales de computadoras.
- * Módulo de conexión en redes locales (LAN).
- * Módulos especiales de lenguajes (módulo intérprete

de "basic").

Todos estos módulos son especiales y no necesariamente forman parte del CP, sólo se usan cuando se quiere que el CP tenga más tiempo para sus operaciones haciéndolo más adecuado a las necesidades del proceso.

2.4.4 Ciclo de programa

Debido a que en el programa se declaran las instrucciones necesarias para llevar a cabo el control, es interesante conocer qué es un ciclo de programa.

Consta de tres fases fundamentales:

Fase 1. Se muestrean todas las señales del sistema y se almacena su estado lógico (desconectado/conectado, 0/1) en una memoria (memoria de datos) existente en el procesador lógico.

Fase 2. Se procesa la información depositada en la memoria durante la fase uno. El proceso de esta información lo efectúan los algoritmos de control programados; por último, el resultado de este proceso se deposita en memoria, en el área de variables calculadas.

Fase 3. Los valores que las salidas deben tomar de acuerdo con los cálculos de la fase dos pasan de la memoria de variables calculadas a todas las salidas del sistema.

2.5 Controlador programable contra computadora

Aunque una computadora posee una estructura muy parecida a un controlador programable, existen ciertas características que los hacen diferentes, las cuales se exponen a continuación.

La arquitectura de un controlador programable es básicamente la misma que la de una computadora de propósito general. Además, el desarrollo de los primeros controladores se basó en la arquitectura de las computadoras; sin embargo, los puntos básicos para distinguir entre uno y otro son los siguientes:

- Los controladores programables están específicamente diseñados para trabajar en condiciones ambientales industriales de poca estabilidad como son: ruido eléctrico, interferencia de radiofrecuencia (RFI), interferencia electromagnética, vibración mecánica, incluso en condiciones extremas de humedad y temperatura. Estas condiciones son totalmente rudas para una computadora que se diseñó para funcionar dentro de un ambiente más estable, el cual muchas veces se controla para mantenerlo dentro de los límites deseables a fin de que opere lo más eficientemente posible.

- El "hardware" y el "software" de los controladores programables se diseñan con el objeto de que su uso resulte manejable para los técnicos. El "hardware" de la interfaz para la conexión de los dispositivos de campo permite que la conexión con el controlador programable resulte sencilla y rápida.

- Los controladores programables comienzan a tener funciones más complejas que las computadoras, ya que no sólo siguen la ejecución secuencial de un programa previamente almacenado en su memoria, sino que ahora, gracias a las innovaciones logradas en los años recientes se han incluido instrucciones que hacen posible el llamado de subrutinas y rutinas de interrupción que permiten alterar la secuencia del flujo del programa que se está ejecutando dependiendo de las condiciones de las señales de entrada que entren al CP; ya que así el flujo del programa adquiere cierta inteligencia y de esta manera se logra un sistema de control más poderoso y eficiente que aproveche al máximo los recursos del sistema.

- Generalmente en los controladores programables las entradas/salidas están mapeadas a memoria para poder usar un conjunto de instrucciones más poderosas que cuando se mapean a puertos.

- Los controladores trabajan en tiempo real como requisito; esto quiere decir que la velocidad de cálculo es mayor que la dinámica de la planta que se controla.

2.6 Ventajas y desventajas de los sistemas de control basados en Controladores Programables.

Ventajas

- Son muy flexibles, se adaptan a cualquier proceso con solo programar su algoritmo de control.

- Procesan grandes volúmenes de información en el mínimo espacio, lo que permite que el controlador y el cuarto de control sean más pequeños.

- El mismo "software" tiene rutinas que diagnostican el equipo, para asegurar que el sistema trabaje en forma eficiente.

- La instalación es sencilla y rápida, y el espacio que ocupa es mucho menor comparado con los paneles de control convencional constituidos por relevadores (fig. 2.2 y 2.3).

- El costo es más reducido.

- Permite el manejo de funciones complejas de control, lo que sería irrealizable por medio de sistemas convencionales; además desempeñan funciones diversas tales como listas de variables importantes, reportes periódicos de la información y otras tareas que resultaría muy costoso implementarlas en otro tipo de controladores.

- Se pueden instalar y programar en campo sin necesidad de haber sido previamente programados. También las modificaciones en la lógica de programación se realizan desde campo.

- Capacidad de ampliación gracias a su estructura modular.



FIG. 2.2 SISTEMA DE CONTROL A BASE DE RELEVADORES
(LOGICA ALAMBRAADA).

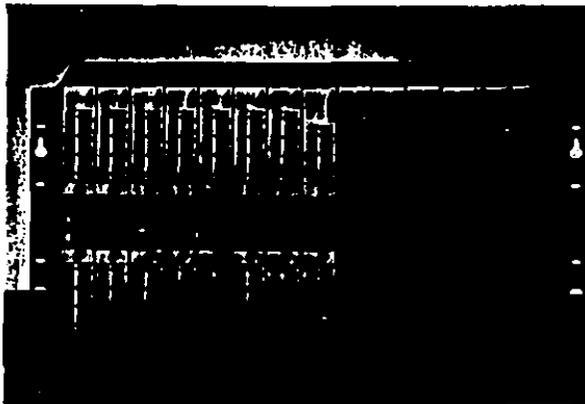


FIG. 2.3 CONTROLADOR PROGRAMABLE HONEYWELL IPC-620

Desventajas

- El equipo de prueba, equipo de programación y partes de repuesto solo se pueden manejar después de haber recibido un entrenamiento previo, el cual resulta en la mayoría de las veces difícil de entender y manejar dado que es un sistema de control con una filosofía de diseño muy distinta a los sistemas convencionales que acostumbraban manejar.

- Entre los diferentes fabricantes de controladores programables no existe una estandarización en su diseño y lenguaje de programación para el desarrollo de programas de aplicación, lo que dificulta la interconexión entre módulos de distinta manufactura.

- En ocasiones se tienen problemas de interfaz que no se notan hasta que se instala en campo, ya que las señales de salida electrónica no alcanzan a activar a los circuitos de conmutación, los grandes conjuntos de contactores, los solenoides, etc., lo que hace necesario introducir relevadores convencionales en la interfaz a campo.

- Para los diseñadores es más complejo crear un sistema de control programable en el que el procesamiento de las señales es totalmente digital y su adquisición es por muestreos. Debido a que los modelos de muestreo de señales son muy elaborados y complejos para su elaboración, por lo que resulta comparativamente sencillo el diseño de un sistema de control a base de relevadores (lógica alambrada).

CAPITULO 3

CAPITULO 3 SISTEMA X

3.1 Introducción:

En este capítulo se dan a conocer los alcances y características más importantes del SISTEMA X, desde el punto de vista "hardware" y "software".

En cuanto a "software", se enuncian las características y propiedades del Sistema Operativo X, que sirvieron de base para el planteamiento de la estructura de programación del Secuenciador. Por último, se exponen las características del lenguaje LX, el cual se utilizó para codificar cada uno de los programas de aplicación del Secuenciador.

El Lenguaje X es un lenguaje de programación desarrollado por el Departamento de Electrónica del IIE, con la finalidad de facilitar la codificación de programas de aplicación en el área de control lógico secuencial. Este lenguaje junto con el Sistema Operativo X conforman el alma del Sistema X o controlador lógico programable SISTEMA X.

3.2 Controlador Programable SISTEMA X

Consiste en una serie de elementos y dispositivos "hardware" arreglados de cierta manera para operar con una arquitectura de 8 bits basada en el microprocesador 8085; por otro lado para este "hardware" existe un sistema operativo propio, el cual cuenta con una biblioteca de funciones lógicas. Como elemento de programación o desarrollo, se cuenta con una

computadora personal y el "software" (Sistema operativo X), este conjunto permite escribir programas en un lenguaje a base de sentencias que pasan un proceso de compilación convirtiéndose cada programa en un módulo objeto, éstos son encadenados o ligados entre sí para formar una estructura de programación, la cual es grabada en una memoria RAM (Memoria de acceso aleatorio) mediante un módulo de programación independiente. Esta memoria se inserta en la tarjeta de procesamiento del controlador programable y de esta forma se asigna la tarea y funciones del equipo.

El equipo de control SAC es de tipo modular, cada módulo es un controlador programable que opera dentro de una estructura jerárquica, en la que un módulo puede operar como maestro y coordinador de otros controladores que trabajan como esclavos y todos estos módulos conforman todo un sistema de control. Esta característica del Sistema X o equipo de control SAC lo hace un equipo de control capaz de aplicarse a procesos muy complejos y grandes. Para el Secuenciador de la turbina de gas solo se requiere utilizar un solo módulo que trabaja como maestro y único sistema de control.

Para el desarrollo del "software" de aplicación del Secuenciador de la turbina de gas solo se requiere utilizar una módulo o unidad básica de control (a lo largo de este trabajo se le da el nombre de canasta), la cual conforma un CLP.

En el apéndice C, se detallan las características de cada una de las tarjetas que integran al CLP del Secuenciador .

3.2 Principales características del SISTEMA X.

Se puede constituir con un máximo de 64 unidades básicas de control o "canastas", conectadas entre sí, a través de dos redes de datos que transfieren los comandos de control e información al operador. Este sistema contempla un método de acceso maestro-esclavo. El sistema de control es de tipo jerárquico distribuido orientado al control de plantas termoeléctricas, y sus tareas principales son:

- 1) Control lógico.
- 2) Protecciones.
- 3) Supervisión del proceso.
- 4) Enlace para comunicación hombre/proceso.
- 5) Adquisición de datos.

La canasta cuenta con una tarjeta procesadora y dos tarjetas de comunicaciones para las redes de información y control, con dos puertos RS-422 cada uno. Posee una memoria de 128 Kb de RAM y EPROM y puede manejar hasta un máximo de 208 señales de entradas y/o salidas digitales por cada módulo.

Una unidad básica de control o "canasta", puede configurarse para que opere como Controlador Lógico Programable, y trabaje como un sistema autónomo o forme parte de un sistema de control jerárquico.

Cada canasta está constituida por varias tarjetas, cada una de las cuales está diseñada para tener una función específica. En la fig. 3.1 se ilustra una canasta sin tarjetas,

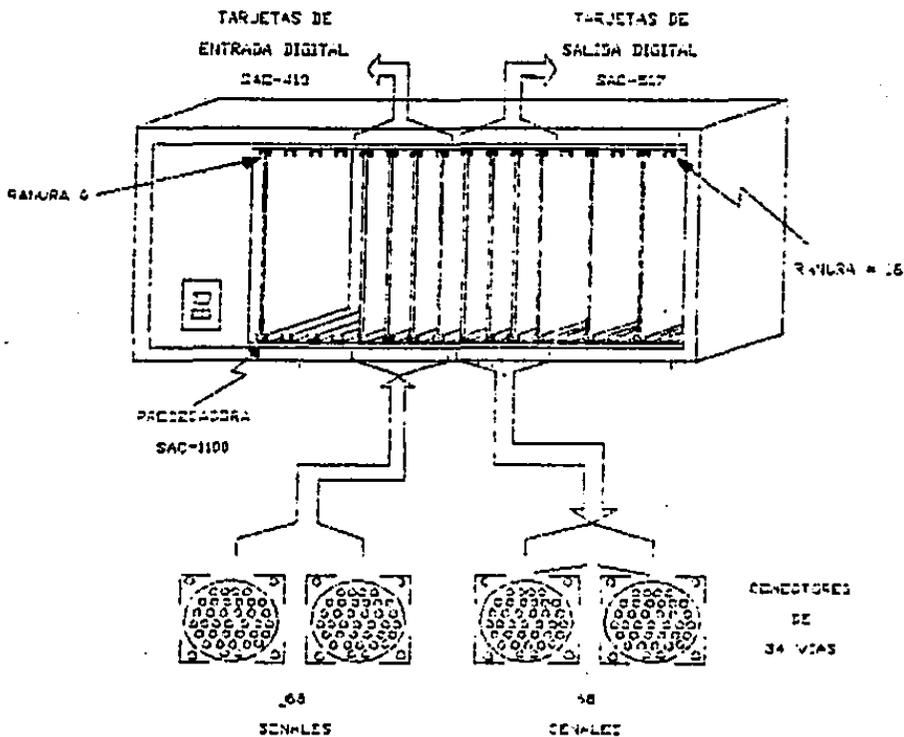


FIG. 3.1 CONFIGURACION DE LA CANASTA SAC

(se muestra la distribución de tarjetas para el Secuenciador de Turbina)

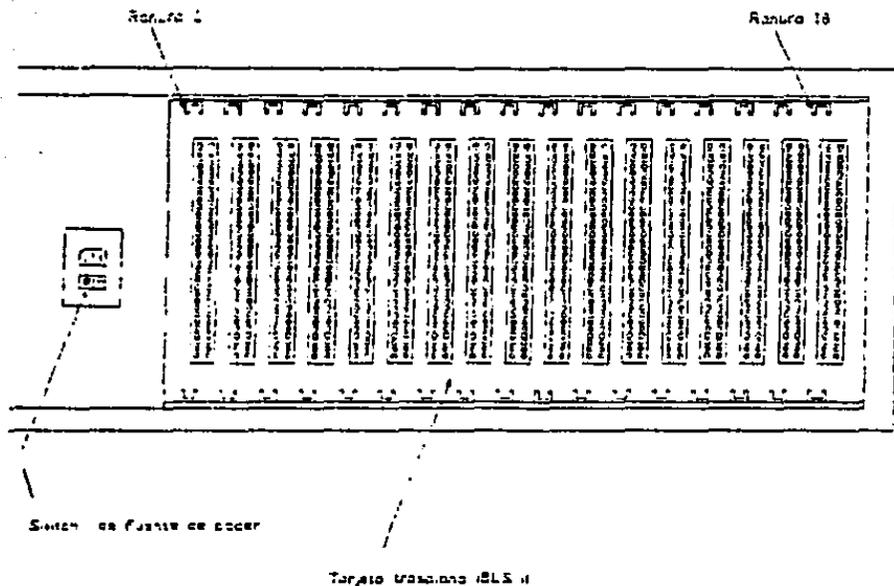


FIG. 3.1.: CESTA SAC SIN TARJETAS

se observan las ranuras sobre las cuales se colocan cada una de las tarjetas requeridas para su configuración y al fondo la tarjeta trasplano llamada IBUS-II en la que se conectan todas las tarjetas que conforman al controlador para que pueda haber una comunicaci'entre ellas.

La tarjeta trasplano IBUS-II es un ducto digital de propósito general concebido para trabajar simultáneamente con módulos de 8 y 16 bits. A través de sus líneas los diferentes componentes del sistema, son alimentados, sincronizados y permiten el intercambio asincrónico de la información necesarias para la realización de tareas, ya que maneja líneas de control, datos y direcciones.

Las tarjetas se colocan en las ranuras de la canasta, cada tarjeta tiene ya definida la ranura en la cual puede ser insertada. Hay 17 ranuras, cada ranura le corresponde un número del 0 al 16 conforme al cual se conoce que tipo de tarjeta puede ser insertada en esa posición. Solo se colocan el tipo de tarjetas necesario para la aplicación que va a tener el controlador.

Generalmente siempre se inserta la tarjeta de procesamiento, la de comunicaciones (en caso de necesitarse comunicación con otra canasta o con una computadora) y las de entradas y salidas (lógicas y analógicas).

La posición correspondiente a la ranura 0 está reservada para la tarjeta de procesamiento (especificación de diseño).

Hay dos tipos de tarjetas de procesamiento la diferencia básica entre ambas es la capacidad de memoria RAM para programas de aplicación. Para este proyecto se va a utilizar la tarjeta de procesamiento BAC-1100 que ofrece una capacidad de hasta 16 Kb. La otra tarjeta de procesamiento opera junto con la tarjeta de expansión de memoria ofreciendo una capacidad de hasta 96Kb.

La siguiente ranura en la posición que marca el número 1, está designada a la tarjeta de expansión de memoria, la cual extiende la capacidad de memoria hasta 96 K, como antes se explicó.

Las ranuras 2 y 3 están reservadas para colocar dos tarjetas de comunicaciones, una de ellas se encargará solo de la información (datos); y la otra, del control (comandos). Dependiendo de la aplicación, es posible manejar una sola tarjeta de comunicaciones en la cual se procese tanto control como información.

La tarjeta de comunicaciones permite enlazar la canasta con otras canastas para que de esta forma se configure un sistema de control jerárquico.

Se tienen así 13 posiciones libres en las cuales se insertan las tarjetas de entradas y salida. Tomando en cuenta que cada tarjeta de E/S puede trabajar con un máximo de 16 señales, entonces dependiendo de las características del proceso que se va a controlar, se sabrá cuántas tarjetas de

entrada y cuántas de salida se requieren, y si es necesario o no utilizar otra u otras canasta(s).

El SISTEMA X tiene la capacidad de procesar señales analógicas, por lo que puede trabajar como un controlador programable; esto quiere decir, que su diseño no sólo se limitó al procesamiento de señales lógicas, ya que también procesa señales digitales provenientes de las tarjetas de entradas analógicas (utilizan convertidor analógico/digital).

Para este proyecto el SISTEMA X funciona como un equipo de control lógico programable que maneja señales de tipo lógico tanto a la entrada como a la salida. No se requiere el uso de tarjeta de comunicaciones en esta aplicación en particular.

Debido a su configuración de tipo jerárquico distribuido, el SISTEMA X puede aplicarse en el control de cualquier tipo de proceso industrial o comercial, aunque inicialmente ha sido un equipo que se desarrolló para trabajar como controlador de procesos en plantas de energía termoeléctricas, por lo que aún se encuentra en desarrollo y no ha sido comercializado.

El SISTEMA X se ha utilizado en procesos como:

- Registrador cronológico de eventos
- En los equipos que constituyen, las unidades de entrada y salida de un sistema de adquisición de datos y registro de eventos (SADRE), que a la fecha (1988), se ha integrado en las unidades 1 y 2 de la Planta termoeléctrica de Manzanillo.

• Simulación de procesos tales como: Planta Nuclear de Laguna Verde y Centro de Control del Metro.

El año pasado se desarrolló un controlador lógico programable (el equipo de control SISTEMA X) para la unidad 4 de la Planta termoeléctrica de Valle de México que tiene como finalidad el control de combustible en los quemadores.

El SISTEMA X como sistema de control de procesos posee grandes ventajas comerciales, ya que es el primer sistema modular en su tipo desarrollado con tecnología mexicana. Por esta razón, también la capacitación para el manejo de este equipo y la asistencia técnica resulta considerablemente más económica, tomando en cuenta que la mayoría de sus componentes se encuentran disponibles en el mercado nacional.

3.3 El Sistema Operativo (SO) del SISTEMA X

La relevancia de los sistemas de automatización en plantas generadoras de energía eléctrica, radica en su notable contribución en lo que se refiere a aspectos de confiabilidad, disponibilidad y eficiencia de los recursos de la planta.

El SISTEMA X se enmarca dentro de los sistemas de automatización en plantas termoelectricas, siendo sus actividades primordiales de control lógico y protecciones.

El sistema operativo constituye la infraestructura básica del control y operación del sistema, permite administrar y organizar tanto tareas operativas como tareas de aplicación. Los programas de aplicación son particulares al proceso en que se va a integrar el CLP, ya que contienen la lógica operativa del proceso a controlar.

Las ordenes de operación tienen dos orígenes:

- a) Sistema operativo
- b) Programas de aplicación

El sistema operativo define el comportamiento básico del sistema como "Controlador lógico programable". Los programas de aplicación lo configuran para una aplicación específica.

El sistema operativo es el único que actúa directamente sobre el "hardware" del sistema, de aquí que otra de sus funciones primordiales sea la de servir de enlace entre este último y los programas de aplicación del usuario.

En la fig. 3.2, se puede apreciar la relación funcional que existe entre los tres grandes componentes funcionales: programas de aplicación, sistema operativo y "hardware" del sistema.

En el funcionamiento del sistema se distinguen dos etapas secuenciales de operación:

- 1) Inicialización
- 2) Ejecución

Etapas de inicialización

En esta etapa el sistema operativo del Sistema X toma el control absoluto de las actividades que se desarrollan:

1. Inicialización del "hardware" del sistema.
2. Inicialización de memoria de trabajo.
3. Identificación del sistema.
4. Diagnóstico del sistema.

Etapas de ejecución

En esta etapa el control de las actividades del sistema queda a cargo del sistema operativo, que las administra para que se lleve a cabo la secuencia de control contenida en los programas de aplicación. Teniendo prioridad las ordenes del sistema operativo.

Se distinguen las siguientes actividades:

1. Interpretación de comandos de un nivel jerárquico



FIG. 3.2 RELACION FUNCIONAL DE LOS COMPONENTES
PRINCIPALES DEL SISTEMA X.

superior.

2. Ejecución de los programas de aplicación.
3. Sincronización del sistema.
4. Control de fallas.
5. Programación/Diagnóstico.

Sistema operativo del Controlador de Grupo

El Sistema operativo del Controlador de Grupo (CG) es el "cerebro" del SISTEMA X. Sus actividades se resumen en:

1. Coordinación del funcionamiento del sistema.
2. Enlace del sistema con un nivel jerárquico superior (Consola del operador o Control de la unidad).

La característica más importante del SO del CG consiste en la ejecución simultánea de hasta cuatro programas independientes: tres secuenciales y un combinacional.

La organización de los programas de aplicación en el CG está basado en prioridades de ejecución:

| Tipo de programa | Prioridad |
|--|-----------|
| Programa de Transferencia | 0 |
| Programa Secuencial de emergencia | 1 |
| Programas combinacionales | 2 |
| Programas Secuenciales de utileria | 3 |
| Programa Secuencial de paro | 4 |
| Programa Secuencial de arranque | 5 |
| Programa Secuencial de utileria..... | 6 |
| Programas Secuenciales de utileria | 7 |

Los programas que se pueden ejecutar simultáneamente por el SD del Controlador de Grupo son dos de utileria, un combinacional y uno cualquiera de los restantes.

El programa combinacional puede llamar a ejecución uno secuencial de su misma prioridad (3), en cuyo caso se desactiva el primero.

En las prioridades 1, 4, 5 y 6 solo puede existir un programa, en las restantes los que se deseen, siendo el limite la capacidad de la memoria del CG.

Las actividades del SD se enmarcan tambien en dos etapas funcionales: inicialización y ejecución, en correspondencia con las descritas a nivel sistema.

El programa de prioridad 0 sirve para transferir el control de un programa de menor prioridad a uno de mayor prioridad. En caso de entrar el programa de prioridad cero de tipo secuencial, todos los programas secuenciales que estaban en

ejecución son desactivados; pero a su vez este programa de prioridad cero puede activar a cualquier tipo y prioridad de programa, por lo que trabaja como programa de transferencia de control.

El sistema operativo (SO) dedica al programa de utilería prioridad 6, a la transferencia de datos ya sea entre controladores o entre controlador y un sistema de información del estado del proceso.

La función particular del programa de utilería de prioridad 7 es efectuar la transferencia de comandos e información en los controladores esclavos (o de subgrupo) del CG en la red de control.

Estas características del SO, permitieron el desarrollo de la estructura de programación que cubriera los requerimientos de control del Secuenciador de la Turbina de gas.

3.4 LENGUAJE X

3.4.1 Introducción al lenguaje X

El lenguaje X es un lenguaje similar al BASIC, a la vez de que dispone de instrucciones poderosas y dedicadas a la solución de problemas de control lógico; es utilizado para la codificación de los programas de aplicación de los Controladores de Grupo, Subgrupo e Información. Algunas de las características más importantes son:

a) Permite identificadores de hasta 6 caracteres para nombrar entradas y salidas físicas, variables de trabajo y etiquetas.

b) Cuenta con 3 estructuras básicas que garantizan la codificación directa:

- 1) Secuencia de dos o más operaciones
- 2) Salto adicional
- 3) Lezo

c) La codificación se puede realizar directamente del enunciado operativo de la aplicación sin pasar por los clásicos diagramas de flujo.

d) El lenguaje X (ó LX), permite la codificación de los tres tipos de programas ejecutables por los controladores del Sistema X: Secuencial, Combinacional y Protecciones, y pueden dividirse hasta en 3 procesos.

3.4.2 Estructura de Programas en Lenguaje X

Encabezado -. Contiene directivas referentes al tipo de controlador (de Grupo, de Subgrupo o de información), en el cual correrá el programa y el tipo de programa (Secuencial, Combinacional o de Protecciones).

Declaraciones.- En este bloque se asignan nombres a los puntos físicos (entradas y accionamientos) y a las direcciones de otros controladores. Opera únicamente la dirección DEF (Definición).

DEF se usa al principio de los programas para definir:

- * Las variables booleanas que serán puntos físicos y la dirección de estos dentro de la canasta.

- * Las variables dirección con la dirección lógica del dispositivo.

Comandos -. Línea ejecutable de programa, formada en general por: etiqueta, instrucción, uno o más operandos sobre los que se va a realizar la función, uno o más operadores que relacionan los operandos y un comentario.

Etiquetas -. Identifican líneas de instrucciones dentro de un programa para propósito de transferencia

Operadores -. El lenguaje X, maneja dos tipos de operadores: de relación y lógicos (hasta de 4 variables).

Operadores de relación:

- > mayor que
- < menor que
- >= mayor o igual que
- <= menor o igual que
- = igual a
- <> diferente de

Operadores lógicos:

- * AND
- + OR
- NOT

El uso de los operadores lógicos se permite exclusivamente en la instrucción de asignación (=), salvo el NOT ('), que puede emplearse además dentro de las instrucciones IF/THEN y LOOP.

Operandos -. El lenguaje X , maneja los siguientes tipos de operandos en sus instrucciones:

a) Variables lógicas.- Hay tres tipos de variables lógicas: de trabajo, puntos físicos y variables absolutas.

Las variables de trabajo se usan para procesamiento interno de señales y por lo tanto no pueden activar accionamientos, ni representan entradas físicas.

Los puntos físicos se refieren a las entradas y salidas (accionamientos) del controlador. Pueden ser referenciados con

un identificador definido en el bloque de declaraciones o con su dirección física.

Las variables absolutas se usan para el intercambio de parámetros entre controladores y son referenciados en el programa como variables de trabajo. Deben ser definidas en el bloque de declaraciones con la directivas ABS.

b) Contadores: Se dispone de 16 contadores independientes por proceso, y pueden tomar valores enteros positivos entre 0 y 255.

c) Temporizadores: Se dispone de 4 temporizadores independientes por proceso, y pueden tomar valores de enteros positivos entre 00:00.0 a 59:59.5 (min:seg.decimas de seg.): TEMPO, TEMP1, TEMP2 y TEMP3.

d) Expresiones lógicas.- Se forman explícitamente con variables lógicas y operadores lógicos. Pueden existir hasta cuatro variables lógicas expresadas en su forma normal o complementada. No se permite mezclar AND's (&) y OR's (+) en la misma expresión.

e) Funciones lógicas

$$FNI(A,B,C,D) = (A \& B) + (C \& D)$$

$$FNC(A,B) = A \text{ XOR } B = (A' \& B) + (A \& B')$$

donde las variables pueden ser normales, complementadas u operandos fijos. El destino de la operación puede ser complementado o normal.

f) Constantes numéricas.

Se representan mediante números enteros positivos de la magnitud adecuada a la instrucción en que intervienen. Las constantes lógicas deben ser precedidas del símbolo "#".

3.4.3 Instrucciones.

- 1 . Instrucciones de inicialización: Clear, Set y Reset
- 2 . Instrucciones de asignación : "=".
- 3 . Instrucciones de entrada/salida.- Transfieren información y comandos entre niveles jerárquicos.
- 4 . Instrucciones de control de flujo .- controlan la secuencia de ejecución de instrucciones del programa.

```
IF expresión THEN etiqueta
LOOP (expresión1, n11, expresión 2, n12)
GOTO etiqueta
GOSUB etiqueta
GOSUB etiqueta/RETURN.
NEXT CONT
```

5 . Funciones especiales de :

* Para Contadores están las funciones: INCR CONTn
DECR CONTn

* Para Temporizadores están las funciones:
START TEMPn : inicializa conteo descentente
de tiempo.

STDP TEMPn : detiene el conteo del
temporizador

n = 0, 1, 2 y 3 : indica el número del temporizador
que se esta utilizando.

* Señales periodicas:

| Señal | Instruccion |
|----------------|-----------------|
| Pulso positivo | PULSP(dir, t) |
| Pulso negativo | PULSN(dir, t) |
| Onda cuadrada | SQW(dir, T) |
| Tren de pulsos | PULTR(dir,T,ct) |

donde : dir = salida física correspondiente en canasta
t = tiempo en milisegundos
T = frecuencia en hertz
ct = ciclo de trabajo en %

* De control:

PSEC = nombre del programa secuencial
que entra en ejecución

PCOMB = nombre del programa combinacional

que entra en ejecución
END indica fin de programa

6 . Comentarios.

Los comentarios pueden insertarse en cualquier parte del programa, anteponiendole siempre un ";".

3.3.4 Módulos de compilación/ejecución.

PROGRAMAS.- El Lenguaje X permite la codificación de tres tipos de programas ejecutables por los controladores del Sistema X:

1.- Secuenciales: Se aplican a procesos que requieren una ejecución coordinada de eventos en el tiempo, los que pueden depender tanto del estado actual, como de alguno anterior, de las variables que lo definen. Estos programas son ejecutables en los tres tipos del Sistema X (Grupo, Subgrupo e Información).

2.- Combinacionales : Se aplican a procesos donde se requiere un procesamiento simultáneo de uno o más eventos o vigilancia permanente de los mismos. Únicamente dependen del estado actual de las variables que lo definen. Estos programas son ejecutables únicamente en los controladores de grupo y subgrupo.

3.- De Protección: Se aplican donde se requiere vigilancia permanente de los mismos, y su función depende únicamente del estado actual de las variables que lo definen.

Estos programas son ejecutables unicamente en los controladores de subgrupo.

Los programas secuenciales son las herramientas más importantes con las que cuenta el usuario para control de procesos y la interacción de este con el exterior, es decir son los únicos que pueden activar/desactivar accionamientos y comunicarse con otros Controladores.

A través de ellos el programador puede activar o desactivar programas Combinacionales según lo requieran las condiciones del proceso.

Los programas de Protecciones y Combinacionales tienen la prioridad mas alta de ejecución. La prioridad de los programas secuenciales es asignada por el usuario con el Programador Simulador. El programador dependiendo de una estructura de programación previamente diseñada para satisfacer las necesidades del proceso, asigna las prioridades a los programas secuenciales.

CAPITULO 4

CAPITULO 4: LOGICA OPERATIVA DEL SECUENCIADOR Y DISEÑO DEL SOFTWARE DE APLICACION

4.1 Introducción

El proceso a controlar es el arranque de la turbina de gas, durante el cual se incluye la lógica de condiciones y permisivos para coordinar en forma secuencial el arranque, por otro lado la lógica de protecciones; todo esto constituye las condiciones que permiten el funcionamiento de la turbina de gas, de no ser así, el proceso se detiene y la turbina se envía a condición segura. Esta tarea de control de la turbina de gas está asignada al Secuenciador, el cual es un controlador de lógica alamburada compuesto de relevadores, bobinas, etc. Ahora se trata de sustituir este sistema por un controlador lógico programable desarrollado por el IIE.

En este capítulo se describe el proceso de arranque y para de la turbina de gas a través de los diagramas lógicos. El sistema de control dada las características del proceso al cual se va a aplicar recibe el nombre de Secuenciador. La lógica operativa debe ser respetada ya que ésta constituye la base para el diseño del 'Software' de aplicación y la división de tareas en una estructura de programación.

4.1.1 Definición de Secuenciador

El dispositivo de control llamado Secuenciador es un controlador lógico, lo cual quiere decir que sus variables sólo toman dos valores: verdadero o falso. La palabra secuenciador viene de la forma en que desarrolla su control, es decir una serie de tareas que se ejecutan una tras otra respetando una secuencia ya establecida por el proceso mismo.

Las principales tareas que realiza el secuenciador son:

- Lógica operativa del arranque
- Cierre del interruptor de excitación
- Disparos del interruptor del generador y del excitador
- Supervisión y ejecución de los disparos de la turbina
- Manejo de la indicación y comandos del tablero (BTG)
- Manejo de las alarmas involucradas en el secuenciador
- Transferencia de información con la computadora
- Transferencia de información con el control análogo

4.2 Introducción al diseño del secuenciador

En planta existe un secuenciador el cual esta realizado en base a lógica de relevadores y sera sustituido por el CLP Sistema X el cual es un equipo de control de tecnología moderna. Así para el diseño del nuevo Secuenciador se usaron los diagramas de escalera que representan las funciones de control que realizaba este equipo. Por otro lado el conocer el estado actual de la turbina de gas nos proporciona ciertos

criterios para modificar la lógica del Secuenciador a fin de mejorar su funcionalidad, sin dejar de respetar la secuencia de arranque ya establecida (esta se explicó en el capítulo 1).

Se puede observar que en algunas partes la lógica no es óptima; esto no es un error, lo que sucede es que la planta debe contar con un cierto nivel de redundancia para hacer más seguro el proceso. Por ejemplo, que una válvula no este abierta no quiere decir que este cerrada, por lo que se utilizan dos señales, una para cada estado, así asegurar al sistema que la información sea correcta.

La simbología del Secuenciador se describe en el apéndice A.

4.2.1 Representación lógica del secuenciador.

Los diagramas lógicos se diseñaron a partir de los siguientes puntos:

- * Conocimiento del proceso de arranque y paro de turbina
- * Especificaciones del equipo instalado en planta
- * Características del sistema de control
- * Datos adquiridos por especificaciones del fabricante del sistema de control anterior (diagramas de escalera)

En seguida se presenta una explicación de operación de cada diagrama lógico del secuenciador.

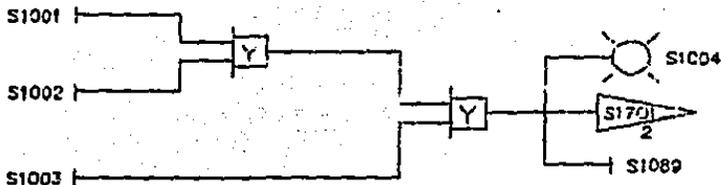
DIAGRAMA #1

(SELECTORES DE CCM EN AUTO)

Este diagrama involucra la evaluación de los selectores del centro de control de motores (CCM) en auto, tanto los de corriente alterna (S1001) como los de corriente directa (S1002), así como también evalúa que los selectores del gabinete de interruptores de presión estén en automático (S1003). Al validarse estas condiciones enciende la indicación luminosa en el tablero (S1004) y se informa a la computadora (S1089). Este estado (S1701) es parte de los permisivos que se requieren para arrancar la turbina de gas.

01/19

SELECTORES EN AUTOMATICO



ENTRADAS

- S1001 SELECTORES CCM. DE CA EN AUTO
- S1002 SELECTORES CCM DE CD EN AUTO
- S1003 SELECTORES DEL GABINETE DE INTERRUPTORES DE PRESION EN AUTO

SALIDAS

- S1004 INDICACION DE AUXILIARES EN AUTC
- S1089 AUXILIARES EN AUTO A 372

INTERNAS

- S1701 AUXILIARES EN AUTO

DIAGRAMA #2

(LOGICA DE TURBINA LISTA PARA ARRANQUE Y ACEITE DE LUBRICACION)

La lógica de "turbina lista para arranque" se conforma de:

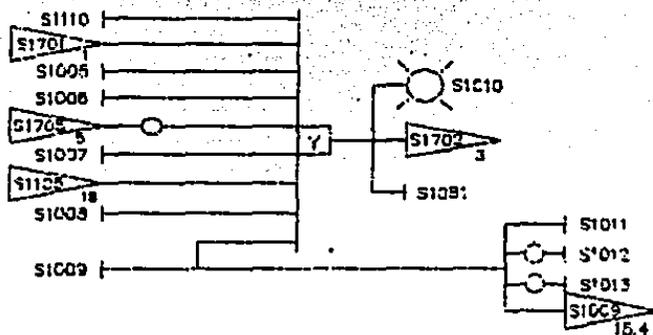
- Auxiliares en automático (S1701)
- Interruptor de excitación abierto (S1005)
- Selector de dispositivo de arranque en automático (S1006)
- Señal de control de combustible abajo de su valor de ignición (S1007)
- Válvulas de extracción abiertas (S1105)
- Turbina en tornaflecha (S1008)
- Presión de aceite de lubricación normal (S1009)
- Presión de la cámara de combustión abajo de su valor de ignición (S1705).
- Alaves guía abiertos (S1110).
- Secuenciador fuera de condición de disparo (S1711)

Al cumplirse todas las condiciones antes mencionadas se da el permisivo de arranque (S1702), se enciende la indicación en tablero (S1010) y se avisará a la computadora (S1081).

La presión de lubricación normal (S1009) da el permisivo para el dispositivo de arranque (S1011); al decrecer la presión, manda arrancar la bomba de lubricación de respaldo (S1012), avisa a la computadora de su estado (S1013) y manda disparar la turbina de gas (al diagrama # 15).

027AD

LISTO PARA ARRANQUE Y ACEITE DE LUBRICACION



ENTRADAS

- S1005 INTERRUPTOR DE EXCITACION ABIERTO
- S1006 SELES. DEL DISP. DE ARRANQUE EN AUTO
- S1007 SOC ABAJO DE SU VALOR DE IGNICION
- S1008 TURBINA EN TORNA FLECHA
- S1009 PRESION ACEITE LUB. NORMAL
- S1105 VALVULAS DE ENTRACION ABIERTAS
- S1110 ALAVES GUIA ABIERTOS

INTERNAS

- S1701 AUXILIARES EN AUTO
- S1702 TURBINA LISTA PARA ARRANCAR
- S1705 PRESION CAMARA DE COMB. EN SU VALOR DE IGNICION

SALIDAS

- S1010 IND. TURBINA LISTA PARA ARRANCAR EN TAB.
- S1001 TURB. LISTA PARA ARRANCAR A 372
- S1011 PERMISIVO DISPOSITIVO DE ARRANQUE
- S1012 ARRANQUE BOMBA RESPALDO DE LUB.
- S1013 FLARBA DE BAJA PRES. DE ACEITE DE LUB. A 274

DIAGRAMA #3

(ARRANQUE Y PARO DE TURBINA)

Al generarse el permisivo de "turbina lista para arranque" (S1702 = 1 lógico), el selector de operación no debe estar fuera (S1020) y la caldera deberá estar en "DRY " o "WET" (S1017 y S1016 respectivamente). Una vez que se reúnen estas condiciones, la turbina se podrá arrancar automática o manualmente.

En el primer caso, el control de la turbina deberá estar en modo automático (S1014) y haber recibido la orden de la computadora vía la señal S1256.

Para arrancarla en forma manual, el selector de combustión no deberá estar en automático y la orden de arranque deberá provenir del tablero (S1015), siendo un comando generado por el operador.

Una vez ejecutada la orden de arranque, los permisivos anteriores pierden validez y se desencadena el proceso de arranque de turbina (S1703 = 1). Lo anterior se señala de la siguiente manera:

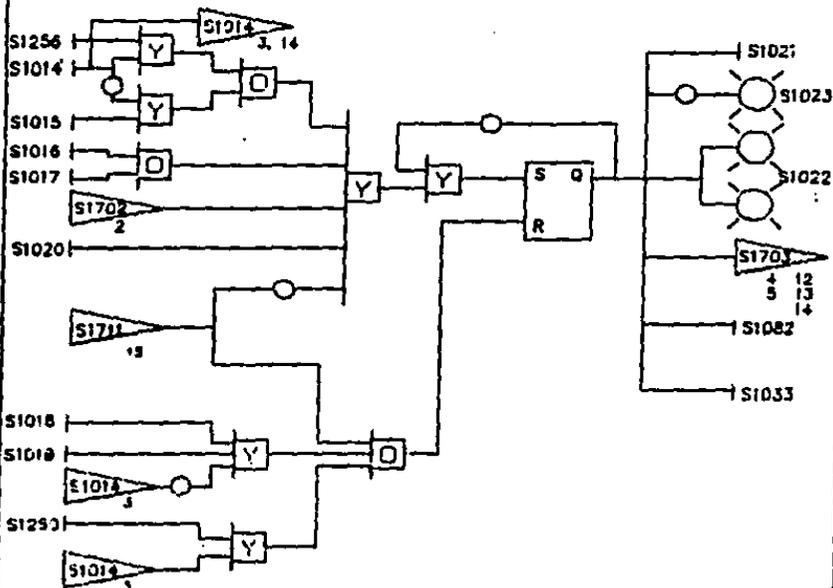
- Se enciende la indicación "MASTER ON" (S1022)
- Se apaga la indicación paro turbina de gas (S1023)
- Se envía el evento a la computadora (S1082)
- Se envía el evento al control analógico (S1021)

Al arrancar la turbina, se habilita su lógica de paro, la cual se puede efectuar de tres maneras:

- Paro automático proveniente de la computadora (S1260) con el control de turbina en automático (S1014).
- Paro desde el tablero (S1019) y la carga en mínimo (S1018) con el control de turbina en manual.
- Que exista un disparo dentro o fuera del secuenciador (contenidos en los diagramas 15 y 16).

03/10

ARRANQUE Y PARO DE TURBINA



ENTRADAS

S1014 CONTROL DE TURBINA EN AUTO
 S1015 BOTON DE ARRANQUE EN TABLERO
 S1016 CALDERA EN EDO. HUMEDO
 S1017 CALDERA EN EDO. SECO
 S1018 CARGA MINIMA
 S1019 PARO MANUAL EN TABLERO
 S1020 SELECTOR DE OP. PLN O SPIN
 S1233 ARRANQUE A TRAVES DE LA COMP. DE 2^{da}
 S1250 PARO A TRAVES DE LA COMP. DE 372

INTERMIAS

S1702 TURBINA LISTA PARA ARRANCAR
 S1703 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO
 S1711 SECUENCIADOR EN DISPARO

SALIDAS

S1021 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO A 367
 S1022 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO
 E NO. BOTON DE A.
 S1023 IND. PARO TURB. DE GAS
 S1033 CERRAR LINEA DE VIENTO
 DE IND. PCC.
 S1032 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO A 372

DIAGRAMA #4

(DISPOSITIVO DE ARRANQUE)

En este diagrama se representa la lógica de encendido para el dispositivo de arranque (S1028), lo cual ocurre cuando se reúnen las siguientes condiciones:

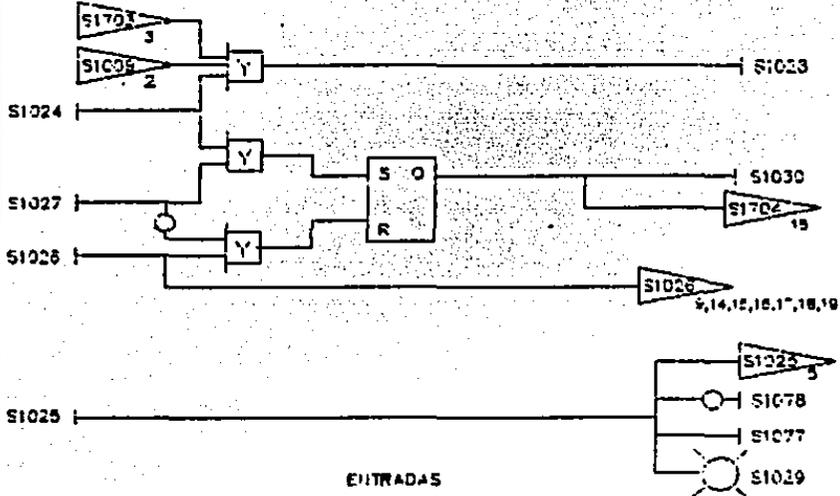
- La señal de comando de proceso activado este en 1 lógico (S1703 = 1)
- La presión de aceite de lubricación sea normal (S1009 = 1)
- La velocidad de la turbina sea menor al 64% de la final (S1024 = 1)

En caso de que falle el dispositivo de arranque (S1027 = 1), estando la turbina abajo del 64% de su velocidad (S1024 = 1), se activa la alarma (S1030), y el evento se transmite como disparo del secuenciador (S1704 = 1) al diagrama #15. El disparo se deshabilita una vez que la falla se ha corregido y que el botón de restablecimiento de disparos (S1026) se ha presionado.

La expresión "comando de proceso activado" se refiere al arranque de la turbina, así como la supervisión de operación. Este proceso termina cuando la turbina se para o se dispara.

04-19

DISPOSITIVO DE ARRANQUE Y SU DISPARO



ENTRADAS

S1009 PRESION DE ACEITE DE LUBRICACION NORMAL
 S1024 VELOCIDAD TURBINA < 54 R
 S1025 DISPOSITIVO DE ARRANQUE OPERANDO
 S1026 RESTABLECIMIENTO DE DISPAROS
 S1027 FALLA DEL DISPOSITIVO DE ARRANQUE

INTERFAS

S1703 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO
 S1704 DISPARO DEL DISPOSITIVO DE ARRANQUE

SALIDAS

S1028 ENCENDIDO DISPOSITIVO DE ARRANQUE
 S1029 INDICACION DISP. DE ARRANQUE CENTRO
 S1030 ALARMA DE FALLA DEL DISPOSITIVO DE ARRANQUE A 374
 S1077 DISPOSITIVO DE ARRANQUE OPERANDO A 372
 S1078 DISPOSITIVO DE ARRANQUE FUERA A 372

DIAGRAMA #5

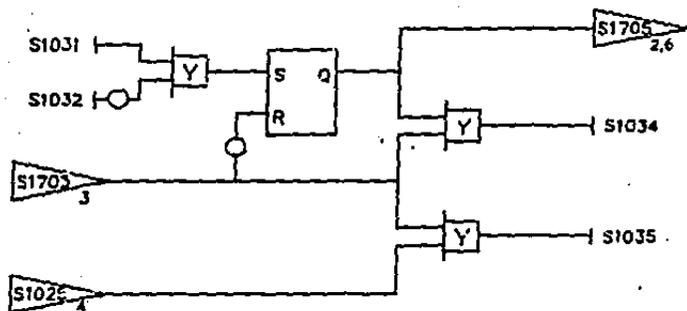
(ENCENDIDO DE EQUIPOS DE SERVICIO)

Cuando la presión de la cámara de combustión este en su valor de ignición (S1031 = 1 y S1032 = 0) se activa la señal S1705 (la cual queda memorizada por el Flip - Flop hasta que la señal S1703 sea igual a cero) . Al recibirse el comando de proceso activado (S1703 = 1) se efectua lo siguiente:

- Se cierra la línea de venteo de medición de presión (S1033 = 1)
- Se da el comando para el contador de arranques (S1035 = 1) siempre y cuando el dispositivo de arranque este operando (S1024)
- Se abre el suministro de aire de instrumentos (S1034)

06/10

ENCENDIDO DE EQUIPOS DE SERVICIO



ENTRADAS

- S1025 DISPOSITIVO DE ARRANQUE OPERANDO
- S1031 PRESION CAMARA DE COMB. VALOR IGN.
- S1032 PRESION CAMARA DE COMB. ABAJO IGN.

INTERNAS

- S1703 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO
- S1705 PRESION CAMARA DE COMB. EN SU VALOR DE IGNICION

SALIDAS

- S1034 ABRIR SUMINISTRO AIRE DE INST.
- S1035 CONTADOR DE ARRANQUE

DIAGRAMA #6

(ENCENDIDO DE TURBINA Y VALVULA DE COMBUSTIBLE)

Este diagrama contiene los permisos para generar la orden de encendido de la turbina de gas (S1706), la cual se activa cuando se cumplen las siguientes cinco condiciones:

- 1) Selector de operación en correr (S1036 = 1).
- 2) Presión en la cámara de combustión en su valor de ignición (S1705 = 1), una vez activado será sostenido y sólo podrá desactivarse a través del comando de proceso (S1703).
- 3) Comando de proceso activado (S1703 = 1).

Al cumplirse estas tres condiciones, se cierra la solenoide del sistema de sobrevelocidad mediante la activación de la señal S1037.

- 4) Purga presente desactivada (S1709 = 0).
- 5) Sistema de sobrevelocidad normal (S1108 = 1).

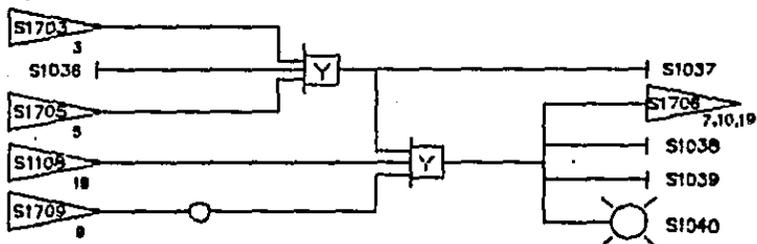
Al mismo tiempo que se activa el encendido de la turbina (S1706 = 1), se activan las siguientes señales:

- Se abre válvula de combustible (S1038 = 1).
- Se avisa al sistema analógico que el combustible se está suministrado a la cámara de combustión (S1039 = 1).

- La señal de válvula de combustible abierta enciende una indicación en tablero, que informa al operador que se está realizando el suministro de combustible a cámara de combustión (S1040).

DB/19

ENCENDIDO DE TURBINA Y VALVULA DE COMBUSTIBLE



ENTRADAS

- S1038 SELECTOR DE OPERACION EN CORREN
- S1106 SISTEMA DE SOBREVOLCIDAD NORMAL

INTERNAS

- S1703 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO
- S1705 PRESION DE CAMARA DE COMB. EN EL VALVOR DE IGNICION
- S1706 ENCENDIDO DE TURBINA
- S1709 PURGA PRESENTE

SALIDAS

- S1037 CERRAR SOLENYDE DE DRENAJE DEL SISTEMA DE SOBREVOLCIDAD
- S1038 ABRIR VALVULA DE COMBUSTIBLE
- S1039 COMBUSTIBLE OPERANDO A 307
- S1040 INDICACION COMBUSTIBLE OPERANDO EN TABLERO

DIAGRAMA #7

(IGNICION Y COMBUSTION)

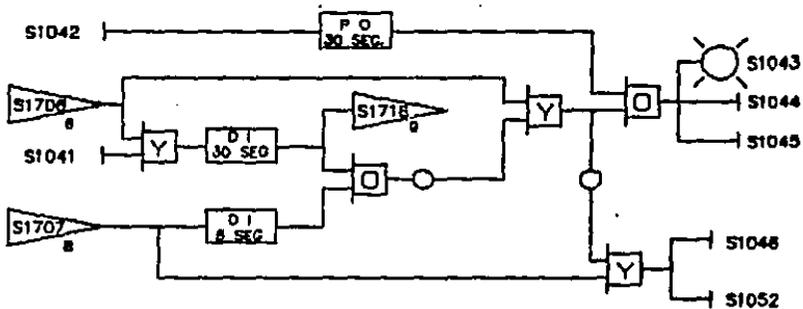
Una vez que se genera el comando de abertura de la válvula de gas (o encendido de turbina S1706 = 1) y el selector de ignición está posicionado en automático (S1041 = 1), el transformador de ignición se energiza (S1044 = 1 y S1045 = 1) provocando la chispa de ignición en las bujías, y al mismo tiempo se indica al operador de que ha iniciado el proceso de ignición por tablero (S1043 = 1). El periodo de ignición depende de:

- Cinco segundos continuos de flama (S1707), al término de los cuales el transformador de ignición se desenergiza y se declara el inicio de la combustión activando el contador de horas de "combustión" (S1046) y la señal para el control analógico de arranque de rampa de combustible (S1052).
- Treinta segundos de ignición continua. Cuando este evento sucede, el transformador de ignición se desenergiza y se genera un pulso por el fin del periodo de ignición (S1718), que desencadena el proceso de purga.

Si el selector de ignición está en la posición o modo manual, la energización del transformador de ignición queda a cargo del operador, quién por medio de un botón instalado en tablero activa la señal (S1042).

07/19

IGNICION Y COMBUSTION



ENTRADAS

S1041 SELECTOR DE IGNICION EN AUTO
 S1042 SELECTOR DE IGNICION EN MANUAL

INTERNAS

S1706 ENCENDIDO DE TURBINA
 S1707 FLAMA PRESENTE
 S1716 PERIODO DE IGNICION TERMINADO

SALIDAS

S1043 INDICACION DE IGNICION
 EN PROCESO
 S1044 ENCENDIDO DEL IGNITOR
 S1048 ENCENDIDO DEL IGNITOR
 S1048 COMBUSTION (AL CONTADOR)
 S1052 ARRANQUE DE RAMPA DE
 COMBUSTIBLE A 387

DIAGRAMA 08

(FLAMA)

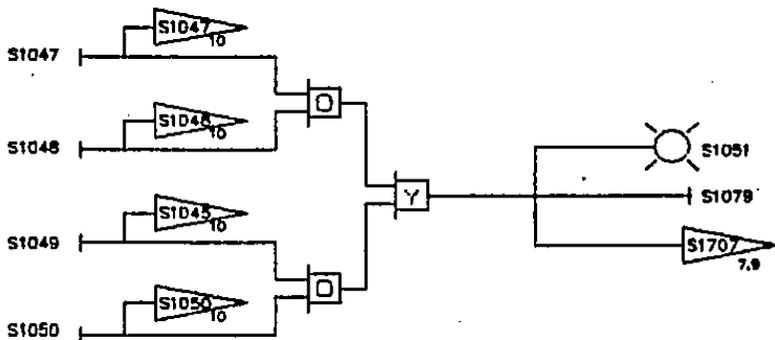
Después de lograrse un encendido exitoso (flama continua por 5 segundos; diag. #7) durante el periodo de ignición, ocurren los siguientes eventos:

- Se activa la indicación de flama presente (S1051).
- Se envía el mensaje a la computadora (S1079 = 1) informando que hay flama.
- Se enlaza el evento a la lógica del secuenciador (S1707).

La señal de flama presente se activa cuando al menos uno de los detectores de cada par sense la presencia de flama por cada par. Las parejas de detectores son F1A (S1047) y F1B (S1048) complementadas por los detectores F16A (S1049) y F16B (S1050).

.D8/19

FLAMA



ENTRADAS

S1047 FLAMA PRESENTE F1A
S1048 FLAMA PRESENTE F1B
S1049 FLAMA PRESENTE F16A
S1050 FLAMA PRESENTE F16B

INTERNAS

S1707 FLAMA PRESENTE

SAIDAS

S1051 INDICACION FLAMA PRESENTE
S1079 FLAMA PRESENTE A 3/2

DIAGRAMA #9

(DISPARO POR SEGUNDO INTENTO DE IGNICION)

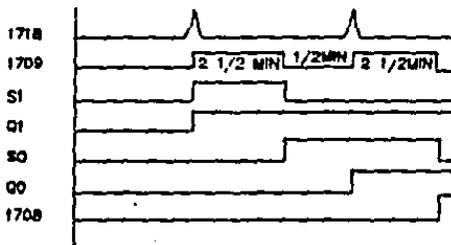
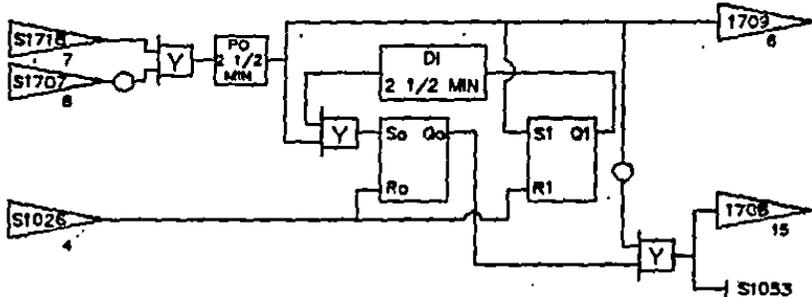
Este diagrama efectúa la lógica de conteo para dos intentos de encendido, activa la señal interna de purga (S1709) después de cada intento fallido de ignición, activa la señal de disparo (S1708) y su respectiva alarma (S1053) cuando se cumpla la condición.

Después de que el período de ignición termina (S1718 = 1) y no existe flama (S1707 = 0), la válvula de combustible se cierra y se efectúa la purga de la cámara de combustión (S1707 = 1) durante dos minutos y medio, el primer intento se contabiliza a través de la memoria M1.

El período de purga se mantiene activado por dos y medio minutos (por efecto del bloque "pulse output") y la señal S1706 se mantiene desactivada (0 lógico). Al desactivarse S1709, restablece el comando de encendido de turbina (S1706 del diag. # 6), abre la válvula de gas y efectúa el segundo intento de encendido. La falla de este segundo intento se memoriza a través de R0 y al terminar el segundo período de purga se envía señal de alarma a control analógico o "analogo" (S1053 = 1) y la señal de disparo del proceso de arranque (S1708 = 1).

09/19

DISPARO POR SEGUNDO INTENTO DE ENCENDIDO



ENTRADAS

S1026 RESTABLECIMIENTO DE DISPARO
INTERNAS

S1707 FLAMA PRESENTE

S1708 DISPARO POR SEGUNDO INTENTO
DE ENCENDIDO

S1709 PURGA PRESENTE

S1718 PERDIDA DE IGNICION TERMINADO
SALIDASS1053 ALARMA DISPARO DEL SEGUNDO
INTENTO A 374

DIAGRAMA #10

(FALLA DE FLAMA)

Este diagrama presenta la condición para el encendido de la alarma por falla de flama (S1055 = 1), lo cual ocurre cuando la señal S1706 se ha mantenido activa por un periodo de 10 segundos y alguna de las señales correspondientes a flama presente se ha desactivado. Las señales que sensan la presencia o ausencia de flama son:

S1047: flama presente 1 A (

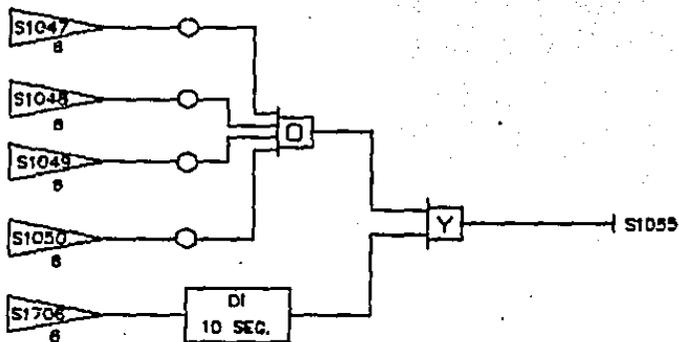
S1048: flama presente 1 B

S1049: flama presente 16 A

S1050: flama presente 16 B

D10/10

FALLA DE FLAMA



ENTRADAS

| | |
|-------|---------------------|
| S1047 | FLAMA PRESENTE F1A |
| S1048 | FLAMA PRESENTE F1B |
| S1049 | FLAMA PRESENTE F1BA |
| S1050 | FLAMA PRESENTE F1BB |

INTERNAS

| | |
|-------|----------------------|
| S1708 | ENCENDIDO DE TURBINA |
|-------|----------------------|

SALIDAS

| | |
|-------|-----------------------------|
| S1055 | ALARMA FALLA DE FLAMA A 374 |
|-------|-----------------------------|

DIAGRAMA #11

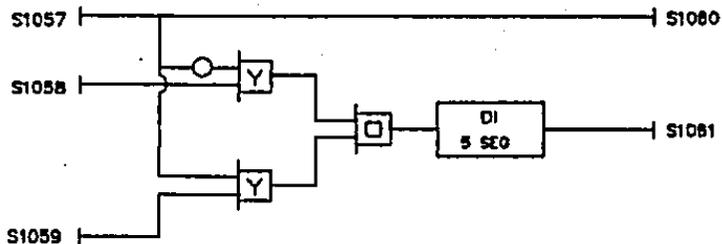
(VALVULAS DE DRENAJE)

El manejo de las válvulas de drenaje de la turbina se involucra en el Secuenciador, sin embargo es independiente de la secuencia de encendido de la turbina de gas; ya que se maneja por un interruptor de presión en la cámara de combustión (señal de entrada S1057) que genera la orden de cierre (señal de salida S1060).

La alarma de las válvulas en posición errónea (S1061) se activo (1 lógico) cuando se presenta el comando de cierre de válvulas de drenaje de turbina (S1057 = 1) y estas quedan abiertas (S1059 = 1) o cuando las válvulas de drenaje se encuentran cerradas (S1058 =1) y esta desactivado el comando de cierre de válvulas de drenaje (S1057 = 0).

D11/10

VALVULAS DE DRENAJE Y SU ALARMA



ENTRADAS

S1057 CIERRE DE VALVULAS DE DRENAJE DE TURBINA
S1058 VALVULAS DE DRENAJE CERRADAS
S1059 VALVULAS DE DRENAJE ABIERTAS

SALIDAS

S1080 CERRAR VALVULAS DE DRENAJE DE TURBINA
S1081 ALARMA DE VALVULAS DE DRENAJE EN POSICION ERRONEA A 374

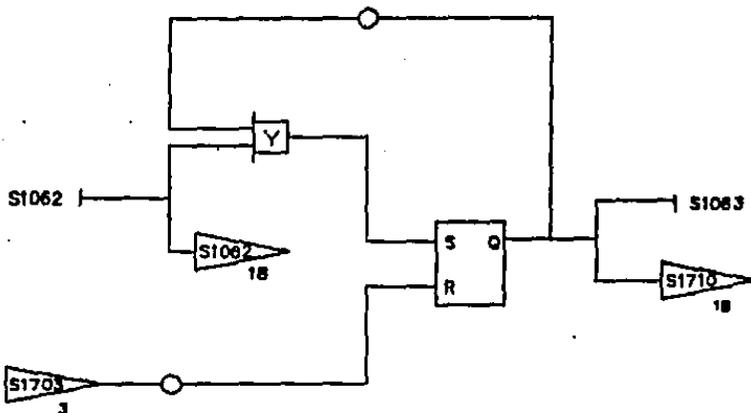
DIAGRAMA # 12

(VALVULAS DE EXTRACCION DEL COMPRESOR)

Las válvulas de extracción del compresor (S1063), deberán estar abiertas siempre y cuando no se haya dado el comando de proceso activado (S1703=0), o bien que la velocidad sea menor al 96% (S1062=0). Las válvulas cerrarán cuando la velocidad sea mayor al 96% (S1062 = 1).

012/79

VALVULAS DE EXTRACCION DEL COMPRESOR



ENTRADAS .

S1062 VELOCIDAD > 98%

INTERNAS

S1703 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO

S1710 CERRAR VALVULAS EXT. COMPRESOR

SALIDAS

S1063 CERRAR VALVULAS EXT. COMPRESOR

DIAGRAMA #13

(INTERRUPTOR DE EXCITACION Y SU DISPARO, INTERRUPTOR DEL GENERADOR CERRADO)

El interruptor de excitación del generador (S1069) cerrará en forma automática o manual. Para el cierre manual sólo se requiere el interruptor de sincronía en manual (S1065 = 1) y que se active el comando de cierre del interruptor de excitación (S1064 = 1).

El cierre automático se lleva a cabo al cumplirse las siguientes condiciones:

- Comando de proceso activado (S1703 = 1)
- Interruptor de sincronía en automático (S1066 = 1).
- Turbina de gas con una velocidad mayor al 97% (S1067 = 1) de 3600 rpm.

El disparo del interruptor de excitación (S1070 = 1) se presenta cuando no existe comando de arranque de turbina (S1703 = 0) y el interruptor del generador está abierto (S1071 = 1). Al entrar la turbina en operación y mientras el interruptor del generador se encuentre abierto (S1071 = 1), el disparo puede efectuarse a través del botón de disparo del interruptor de excitación en el tablero (S1068 = 1).

Cuando el interruptor del generador se cierra, entonces se manda una indicación de tipo luminoso al tablero (S1073 = 1), y se informa tanto al control análogo (S1074 = 1) como a la computadora (S1064 = 1).

DIAGRAMA #14

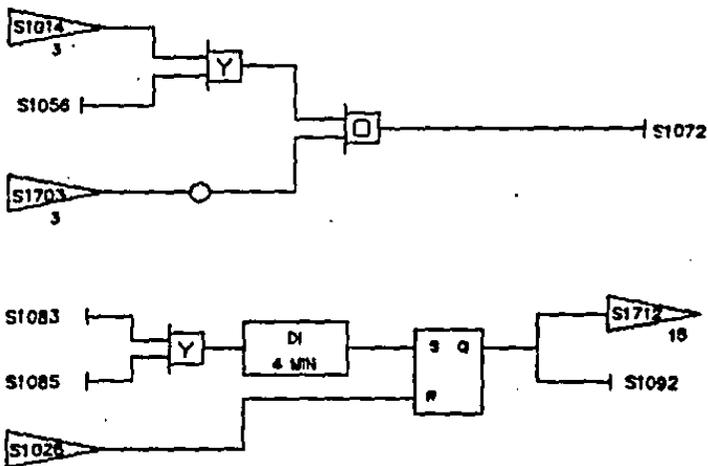
(DISPARO DEL INTERRUPTOR DEL GENERADOR Y DISPARO POR ACELERACION LENTA)

El disparo del interruptor del generador (S1072 = 1) se presenta cuando la turbina se encuentre fuera de servicio (S1703 = 0). Con la turbina en operación y el control de turbina en automático (S1014 = 1) se habilita la supervisión de falla del interruptor del generador, en caso de presencia (S1056 = 1) se genera el disparo del interruptor del generador (S1072 = 1) comandado desde computadora.

El disparo por aceleración lenta (S1712 = 1) ocurre cuando la velocidad de la turbina es mayor de 1800 r.p.m. (S1085 = 1) y durante un tiempo de 4 minutos no se ha llegado a sobrepasar la velocidad de 2600 r.p.m. (S1083 = 1). Cuando esto ocurre se enciende la alarma por aceleración lenta (S1092 = 1).

D14/18

DISPARO DEL INTERRUPTOR DEL GENERADOR Y DISPARO POR ACELERACION LENTA



ENTRADAS

S1014 CONTROL DE TURBINA EN AUTO
S1056 ABRIR INT. DEL GENERADOR DE J72
S1083 VELOCIDAD < 2600 R.P.M.
S1085 VELOCIDAD > 1800 R.P.M.

INTERNAS

S1703 COMANDO DE PROCESO ACTIVADO
S1712 DISPARO POR ACELERACION LENTA

SALIDAS

S1072 DISPARO DEL INT. DEL GENERADOR
S1092 ALARMA POR ACELERACION LENTA

DIAGRAMA # 15

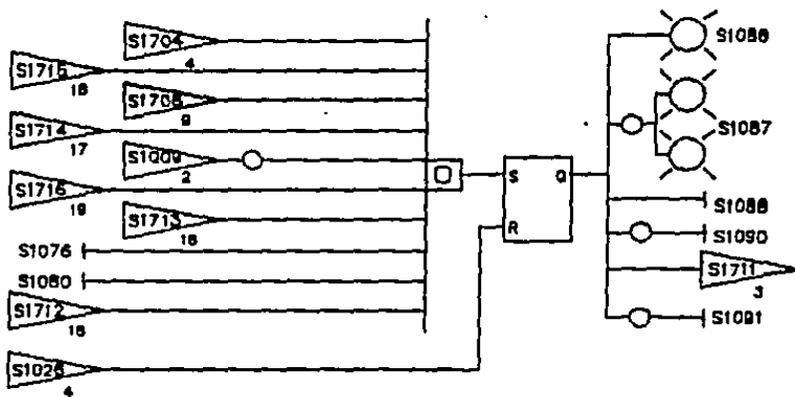
(DISPAROS DENTRO DEL SECUENCIADOR)

La señal S1711 se encarga de disparar la turbina de gas a través del circuito de paro del secuenciador (Diagrama #3). Esta señal se presentará al dispararse uno o varios de los dispositivos que intervienen en el proceso de arranque de la turbina, lo cual se señaliza al activar la alarma (S1088 = 1), así como una indicación en tablero (S1086 = 1). Una vez que esto ocurre, solo se podrá restablecer el sistema, pulsando el botón correspondiente (S1026 = 1), ocasionando que se limpie la memoria, se tenga la indicación de disparos restablecidos (S1087 = 1) y se envíe una señal a la computadora (S1090 = 1). Las causas de los disparos son:

- Falla de las válvulas de extracción (S1715 = 1)
- Velocidad de la turbina menor que el 64 % y falla del dispositivo de arranque (S1704 = 1)
- Falla del segundo intento de ignición (S1708=1)
- Falla de combustible (S1714 = 1)
- Presión de aceite de lubricación anormal (S1009 = 0)
- Disparo por sobrevelocidad (S1716 = 1)
- Disparos fuera del secuenciador (S1713 = 1)
- Botón de disparo de turbina en campo (S1076 = 1)

- Botón en tablero de disparo de turbina (S1080=1)

- Disparo por aceleración lenta (S1712 = 1)



ENTRADAS

S1008 PRESION DE ACEITE DE LUBRICACION NORMAL
 S1028 RESTABLECIMIENTO DE DISPAROS
 S1078 BOTON DE DISPARO DE TURBINA EN CAMPO
 S1080 BOTON DE DISPARO DE TURBINA EN TABLERO

INTERNAS

S1704 DISPARO DEL DISPOSITIVO DE ARRANQUE
 S1706 DISPARO POR SEGUNDO INTENTO DE ENCENDIDO
 S1711 SECUENCIADOR EN DISPARO
 S1712 DISPARO POR ACELERACION LENTA
 S1713 DISPAROS FUERA DEL SECUENCIADOR
 S1714 DISPARO POR FALLA DE COMBUSTIBLE
 S1715 DISPARO POR FALLA DE VALVULAS DE EXTRACCION
 S1718 DISPARO POR SOBREVELOCIDAD

SALIDAS

S1086 IND. DISPARO TURBINA DE GAS
 S1087 IND. DISPAROS RESTABLECIDOS
 S1088 ALARMA DE DISPARO TURBINA DE GAS A 374
 S1090 DISPAROS RESTABLECIDOS A 372
 S1091 DISPAROS RESTABLECIDOS A 367

DIAGRAMA # 16

(DISPAROS FUERA DEL SECUENCIADOR)

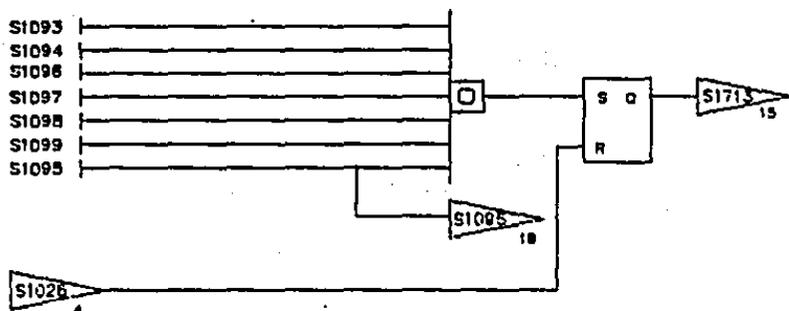
La señal de disparos fuera del secuenciador (S1713) se activa (1 lógico) cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones:

- Disparo del combustible total (S1093 = 1)
- Temperatura de empalstado alta (S1094 = 1)
- Velocidad de la turbina mayor al 111% de 3600 rpm.
(S1095 = 1)
- Protección contra fuego (S1096 = 1)
- Falla del sistema de Hidrógeno (S1097 = 1)
- Disparo del generador (S1098 = 1)
- Disparo desde el controlador analógico (analogo)
(S1099 = 1)

El disparo fuera del secuenciador se memoriza hasta que se restablece a través del botón correspondiente (S1026 = 1).

DI6/19

DISPAROS FUERA DEL SECUENCIADOR



ENTRADAS

S1093 DISPARO DE COMBUSTIBLE TOTAL
S1094 TEMPERATURA DE EMPALETADO ALTA
S1095 VELOCIDAD > 111%
S1096 PROTECCION CONTRA FUEGO
S1097 FALLA DEL SISTEMA DE HIDROGENO
S1098 DISPARO DEL GENERADOR
S1099 DISPARO DEDE EL ANALOGO DE LA T.O.
S1026 RESTABLECIMIENTO DE DISPAROS

INTERNAS

S1713 DISPAROS FUERA DEL SECUENCIADOR

DIAGRAMA #17

(DISPARO POR FALLA DE COMBUSTIBLE)

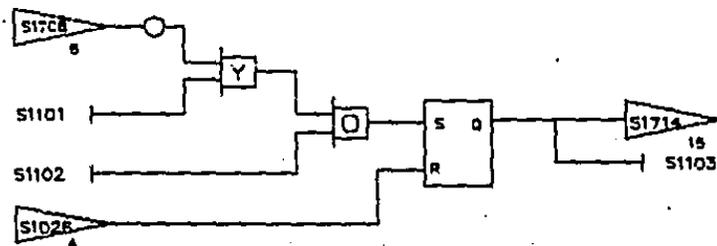
El disparo por falla de combustible (S1714) y su alarma (S1103) se generan de dos maneras:

- Al producirse una baja de presión (S1102 = 1) del suministro de combustible durante todo el proceso.
- Cuando la presión del combustible rebasa el límite permitido (S1101 = 1) y la turbina no está en proceso de encendido (S1706 = 0).

Cuando no existe ninguna de las dos condiciones anteriores se pulsa el botón de restablecimiento de disparos (S1026 = 1), con lo cual la memoria se restablece y se desactivan (0 lógico) las señales S1714 y S1103.

D17/19

DISPARO FALLA DE COMBUSTIBLE



ENTRADAS

S1028 RESTABLECIMIENTO DE DISPAROS

S1101 ALTA PRESION DE COMBUSTIBLE

S1102 BAJA PRESION DE COMBUSTIBLE

INTERNAS

S1708 ENCENDIDO DE TURBINA

S1714 DISPARO POR FALLA DE COMBUSTIBLE

SALIDAS

S1103 ALARMA DE FALLA DE COMBUSTIBLE A 374

DIAGRAMA #18

(DISPARO FALLA VALVULAS DE EXT. DEL COMPRESOR)

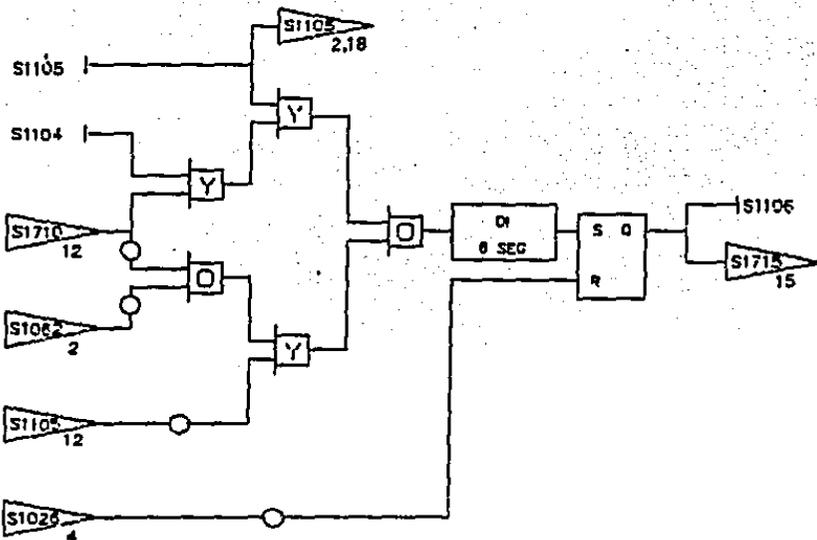
La forma en la cual se genera el disparo por falla de válvulas de extracción del compresor (SI715 = 1) es la siguiente:

- * Si la velocidad de la turbina excede el 98% de 3600 rpm (SI104 = 1) y las válvulas se encuentran abiertas (SI105 = 1) cuando el comando de abrir válvulas de extracción esta activado.
- * Cuando las válvulas de extracción estan cerradas y el comando de cerrarlas este desactivado (SI710 = 1) o la velocidad de la turbina es menor al 96%.

Despues de que se cumpla cualquiera de las condiciones antes mencionadas y ésta permanezca por un tiempo mayor o igual a 6 segundos, entonces la alarma por falla de válvulas de extracción se activa (SI106 = 1), quedando memorizado este estado hasta que se active la señal de restablecimiento de disparos (SI026 = 1). Al mismo tiempo se inicia el disparo del proceso de arranque de la turbina.

DIB./IP

DISPARO FALLA VALVULAS DE EXT. DEL COMPRESOR



ENTRADAS

S1104 VELOCIDAD > 98%
S1105 VALVULAS DE EXT. ABIERTAS
S1028 RESTABLECIMIENTO DE DISPAROS
S1092 VELOCIDAD > 98%

INTERNAS

S1710 CERRAR VALVULAS EXT. COMPRESOR.
S1715 DISPARO POR FALLA VALS. DE EXTRACCION

SALIDAS

S1106 ALARMA POR FALLA VAL. EXT. COMP.
A 374

DIAGRAMA #19

(DISPARO POR SOBREVELOCIDAD)

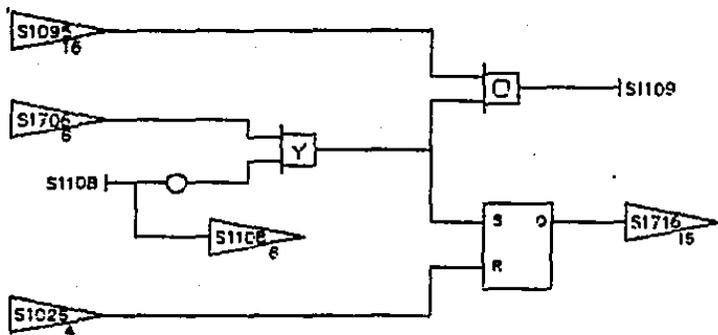
El disparo por sobrevelocidad (S1716) sucede cuando:

La turbina está encendida o en proceso de encendido (S1706 = 1 lógico) y el sistema de sobrevelocidad se encuentra en un estado anormal (S1108 = 0), lo que ocasiona la activación del disparo, que queda memorizado hasta que los disparos se restablezcan al oprimir el botón en el tablero (S1026 = 1).

La señal de alarma S1109 se activa en el momento en que la velocidad sea mayor al 111% o se cumpla la condición de disparo por sobrevelocidad.

018/18

DISPARO POR SOBREVELOCIDAD



ENTRADAS

- S1025 ESTABLECIMIENTO DE DISPAROS
- S1705 VELOCIDAD > 111%
- S1108 SISTEMA DE SOBREVELOCIDAD NORMAL

INTERNAS

- S1705 ENCENDIDO DE TURBINA
- S1716 DISPARO POR SOBREVELOCIDAD

SALIDAS

- S1109 ALARMA POR SOBREVELOCIDAD A 374

4.2.2 Premisas para el diseño del Secuenciador.

Para el diseño del algoritmo de control del nuevo Secuenciador, se tomaron en cuenta las especificaciones del sistema que se acordaron entre ingeniería y planta. Se enuncian a continuación:

- Las solenoides de las válvulas y sus actuadores no cambiarán su lógica de operación. En ausencia de energía retornan a su estado de condición segura.
- La comunicación con la computadora (GABINETE 372) se mantendrá a través de salidas físicas del controlador programable en vez de la pista de datos que lo enlaza con el sistema distribuido. Una vez comprobada su funcionalidad se integrará al sistema.
- Las señales al cuadro de alarmas (GABINETE 374) correspondientes al secuenciador serán suministradas por el controlador programable.
- Las señales al control análogo (GABINETE 367) seguirán siendo suministradas vía contactos por el secuenciador.
- La interfaz con el operador (indicaciones y botones) no registrará modificaciones cumpliendo la integridad y autonomía del secuenciador.
- Todos los disparos dentro y fuera del secuenciador se memorizarán hasta ser restablecidos por el botón (S1026).

Este restablecimiento no procederá si el disparo permanece.

- Los comandos en manual (a excepción del ignitor) para operar válvulas y equipo periférico del secuenciador seguirán a cargo y responsabilidad del personal de planta.

La lógica del secuenciador no contempla el cambio a manual de cualquiera de los equipos cuando la operación sea en automática.

- Para el desarrollo de los diagramas lógicos del secuenciador sólo se contempla lógica positiva por encima de los requerimientos del equipo. El criterio se tomó con el propósito de cumplir con las características de la función descriptiva del secuenciador.

4.3 Diseño del "Software de aplicación"

Debido a que los algoritmos de control para el secuenciador comprenden la secuencia evolutiva del arranque de la turbina de gas, para la programación de estos eventos fue necesario traducirlos a diagramas de flujo para así facilitar la programación.

El proceso de arranque de la turbina de gas es dividido en tareas, de acuerdo a los requerimientos del sistema y recursos del lenguaje de programación (Lenguaje X).

Con la división de tareas, se logra que el 'Software' quede en forma modular, haciendo que sea más fácil detectar posibles errores y cualquier modificación al mismo.

Algunos de los programas del secuenciador son concurrentes, es decir que están activos todo el tiempo. Estos programas son los de vigilancia de algunos eventos, ya sea dados por el operador o por la planta, pero estos programas son aislados, es decir no tienen comunicación con el resto de los programas, por lo que no se requieren técnicas especiales de sincronización entre procesos o de comunicaciones.

4.3.1 Estructura de Programación para el secuenciador

Paralelamente a los requerimientos y características del proceso de arranque y paro de la turbina de gas, se diseñó una estructura de programación constituida por 13 programas, cada uno de los cuales será propiamente explicado, siguiendo su respectivo diagrama de flujo.

Programas de Aplicación:

| Nombre | tipo | prioridad | tarea |
|--------|---------------|-----------|-------|
| Auto1 | Secuencial | 255 * | 1 |
| Arranq | Secuencial | 4 | 2 |
| Tarind | Secuencial | 6 | 3 |
| Disext | Combinacional | 3 | 4 |
| Uno | Secuencial | 7 | 5 |
| Undas | Secuencial | 7 | 6 |
| Dos | Secuencial | 7 | 7 |
| Tres | Secuencial | 7 | 8 |
| Cuatro | Secuencial | 7 | 9 |
| Tracos | Secuencial | 3 | 10 |
| Cero | Secuencial | 0 | 11 |
| Conseq | Secuencial | 3 | 12 |
| Seguri | Secuencial | 4 | 13 |

* Esta prioridad la asigna el sistema operativo X al programa de nombre AUTO, éste forma parte del criterio de diseño del sistema operativo.

4.3.2 Consideraciones para la división de tareas en los programas de aplicación

La finalidad de tener cuatro programas concurrentes es dividir las tareas de protección, actualización y arranque e independizarlas entre sí. Cuando se envía a condición segura solamente se ejecuta un solo programa.

El programa 'Arranq', está destinado a la coordinación de la secuencia del proceso de arranque. En él se tienen dos rutinas de vigilancia de falla que necesariamente se incluyeron en este programa dadas las características que posee el tipo secuencial, ya que entre otras permite consultar y operar con variables internas del mismo programa así como trabajar con temporizadores y sentencias condicionales. Entre programas solo es válida la consulta de señales de entrada provenientes de campo. Los programas combinatoriales se encuentran limitados ya que no es válida el uso de temporizadores y el espacio asignado para ellos en memoria es restringido, por lo que no deben contener más de 25 líneas de instrucción.

El programa 'Disext', está destinado a protecciones, ya que en él se concentran condiciones de falla que se pueden presentar durante toda la etapa del arranque. Otros programas de protecciones son: Uno, Undos, Dos, Tres y Cuatro; los cuales están destinados a vigilar fallas solo durante una cierta etapa del proceso de arranque.

El programa 'Tarind' es un programa de actualización de señales de salida en base a la consulta continua de ciertas

4.3.2 Consideraciones para la división de tareas en los programas de aplicación

La finalidad de tener cuatro programas concurrentes es dividir las tareas de protección, actualización y arranque e independizarlas entre sí. Cuando se envía a condición segura solamente se ejecuta un solo programa.

El programa 'Arranq', está destinado a la coordinación de la secuencia del proceso de arranque. En él se tienen dos rutinas de vigilancia de falla que necesariamente se incluyeron en este programa dadas las características que posee el tipo secuencial, ya que entre otras permite consultar y operar con variables internas del mismo programa así como trabajar con temporizadores y sentencias condicionales. Entre programas solo es válida la consulta de señales de entrada provenientes de campo. Los programas combinatoriales se encuentran limitados ya que no es válida el uso de temporizadores y el espacio asignado para ellos en memoria es restringido, por lo que no deben contener más de 25 líneas de instrucción.

El programa 'Disext', está destinado a protecciones, ya que en él se concentran condiciones de falla que se pueden presentar durante toda la etapa del arranque. Otros programas de protecciones son: Uno, Undas, Dos, Tres y Cuatro; los cuales están destinados a vigilar fallas solo durante una cierta etapa del proceso de arranque.

El programa 'Terind' es un programa de actualización de señales de salida en base a la consulta continua de ciertos

señales de entrada a las que se encuentran asociadas de acuerdo a una operación lógica. En él se contempla, por sus características la falla de válvulas de drenaje de la turbina, ya que ésta no ocasiona disparo y su supervisión debe ser continua durante todo el proceso.

Cuando se presente disparo o para de turbina se debe enviar a condición segura y los encargados son los programas 'Conseg' o 'Seguri'. Los programas como 'Tracos' y 'Cero' solo son programas de transferencia, que ayudan a poder activar programas de mayor prioridad desde uno de menor prioridad. Al activar el programa 'Cero' se desactivan todos los programas que hasta ese momento atendía el sistema operativo para solo ejecutarse las instrucciones de éste, que es el único programa que posee la cualidad de poder activar cualquier otro programa no importando su tipo ni categoría.

4.3.3 Funcionamiento de la estructura de programación.

Para ilustrar la interacción entre los distintos programas que integran la estructura e ir siguiendo la explicación de la misma, se recomienda seguir el diagrama de la fig. 4.1 junto con la explicación que se extiende a continuación.

El sistema operativo X en su etapa de atención a programas de aplicación tiene como primera instrucción ejecutar el programa de prioridad 255, cuyo nombre por default debe iniciar con la palabra 'AUTD'.

El programa Auto1 tiene la instrucción de activar el programa 'Arranq', el cual se encarga de coordinar la secuencia de arranque de la turbina de gas.

Desde el programa 'Arranq', se activan los programas: 'Disext', 'Tarind' y uno de los cinco programas de vigilancia a falla de tipo interno, siendo estos los siguientes: el 'Uno', 'Undos', 'Dos', 'Tres' y el 'Cuatro'. estos últimos tienen la misma prioridad y son de tipo secuencial, por lo que sólo uno de ellos puede estar activo; en el momento de mandar a llamar otro programa de la misma prioridad y tipo, el anterior que era atendido por el sistema operativo entra en estado de espera (ya no es ejecutado por el sistema operativo hasta que sea nuevamente activado).

Al iniciar el proceso de arranque se activa el programa 'Uno', posteriormente de acuerdo a la evolución del mismo se van activando secuencialmente los programas de vigilancia de falla interna hasta terminar por activarse el programa 'Cuatro'. En caso de que ocurra falla o condición de paro se rompe la secuencia de activación enviándose a condición segura a la turbina. En el momento que se ordena la activación de un programa del mismo tipo y prioridad que otro programa que estaba siendo ejecutado, en ese momento solo uno permanece activo y es el que acaba de ser activado y el anterior pasa a estado de espera.

Cuando se explique el diagrama de flujo del programa 'Arranq', se indicará cuando se activa cada uno de los

programas de vigilancia de falla de tipo interno. De esta forma se tendrán cuatro programas que se ejecutarán en forma concurrente; anteriormente se explica el motivo por el cual se maneja esta concurrencia de tareas.

Desde el programa 'Arranq' se vigilan dos tipos de fallas:

- * falla en el segundo intento de ignición
- * falla de válvulas de extracción, por estar en posición errónea.

La ocurrencia de alguna cualquiera de estas fallas ocasiona disparo de la turbina de gas, por lo cual se activaría desde el programa 'Arranq', el programa 'Conseq'; el cual por ser del mismo tipo y prioridad que el programa desde el cual se ordena su activación, se desactiva el programa 'Arranq', quedando activados únicamente los programas 'Tarind', 'Disext' y una de los cinco programas de vigilancia de falla interna (el que hubiera estado en ejecución), hasta que entre el programa 'Cero'. El programa 'Cero', se activa desde el programa 'Conseq', y se desactivan instantáneamente todos los programas que hubieran estado activos hasta ese momento.

Si durante la secuencia de arranque ocurre una falla de tipo interno, se activaría el programa de prioridad cero, desde el programa de vigilancia de falla interna que hubiese estado en ejecución en el momento de presentarse la falla.

Por la ocurrencia de una falla de tipo externo durante la secuencia de arranque (las cuales se vigilan desde el programa "Disext"), se activaría el programa de transferencia de control "Tracos"; este programa es de tipo secuencial y debe poseer la misma prioridad que el programa desde el cual se activa, en este caso, la prioridad es 3, y nos sirve para activar desde éste un programa de prioridad cero; ya que no es posible activar un programa secuencial de prioridad cero desde un programa de tipo combinacional en forma directa.

Desde el programa "Cero", puede activarse el programa "Conseg" o el programa "Seguri", dependiendo del estado lógico de la señal de entrada (S1026), que detecta si se ha activado o no el restablecimiento de disparos activado.

Cuando la turbina de gas se envía a condición segura, no se iniciará nuevamente el arranque hasta que desaparezca la causa que ocasiono el disparo. Sólo se pueden sensar señales de entrada que indican falla, cuando estas señales ya no indiquen falla y haya sido activada la señal de restablecimiento de disparos (S1026 = 1), se puede iniciar de nuevo el proceso de arranque de la turbina de gas.

Siempre que ocurra una falla, se debe enviar a la turbina de gas a un estado seguro. Las únicas fallas que no ocasionen disparo son: falla de válvulas de drenaje de la turbina y falla de flama.

Cuando ya no sea sensada señal de fallo , entonces se activa el programa 'Arranq' desde el programa 'Seguri', iniciándose de nuevo el ciclo del proceso de arranque.

Hasta el momento sólo se ha expuesto la forma en que interactúan todos los programas constituyentes de la estructura de programación ahora se explicará cada uno de los programas en base a sus diagramas de flujo, considerando que ya se detallaron las características y necesidades del control lógico para el secuenciador de la turbina de gas.

CAPITULO 9

C A P I T U L O 5

" ALGORITMOS DE CONTROL "

5.1 Introducción.

Como parte final, en este capítulo se exponen los algoritmos de control en diagramas de flujo y se explica cada uno de ellos de acuerdo al proceso que representa. Estos fueron programados en lenguaje LX y grabados en una cassetta previamente configurada. En la parte final se dan un protocolo de pruebas que son necesarias para que el equipo pueda ser llevado a planta e instalarlo.

5.2 Diagramas de flujo.

Cada programa contiene parte de la lógica del secuenciador expuesta en el capítulo anterior. Las tareas que realiza el secuenciador se distribuyeron en los programas con el fin de satisfacer los requerimientos de diseño del secuenciador de la turbina de gas. En los diagramas de flujo se presentan las tareas que desempeña el respectivo programa.

PROGRAMA "ARRANQ"

El programa "Arranq" es el que coordina la secuencia y evolución del proceso de arranque de la turbina de gas. No se incluye el cierre del interruptor del generador y el control de aumento de carga.

Desde éste, son activados los programas auxiliares, cuya tarea es complementaria dentro del proceso de arranque. Mientras el proceso de arranque sea normal, no ocurra condición de paro o disparo de la turbina, es necesario mantener en ejecución al programa "Tarind", "Disext" y uno de los programas de vigilancia de falla de tipo interno. Las razones principales para ello, son:

- 1) Se requiere vigilar en forma continua algunas de las fallas que se contemplan en el programa "Disext".
- 2) Se requiere actualizar ciertas señales de salidas, en función únicamente del estado lógico de ciertas señales de entrada a las que se encuentran asociadas en forma directa o función lógica; todas éstas se concentraron en el programa "Tarind".
- 3) Hay otro tipo de fallas que necesitan ser vigiladas sólo durante una etapa del proceso de arranque, es por ello que, la vigilancia de fallas de tipo interno se distribuyo en cinco programas: "Uno", "Undos", "Dos", "Tres" y "Cuatro"; cada uno de los cuales son activados desde el Programa "Arranq", dependiendo del avance del proceso de arranque.

En el programa "Disext" y los cinco programas de vigilancia de falla interna se concentro la mayor parte de la lógica de protecciones de turbina de gas. La falla por aceleración lenta y falla en el segundo intento de ignición,

son parte de las protecciones que no pudieron ser consideradas en otro de los programas, debido a que no puede haber transferencia de variables de trabajo internas entre programas (licitante del sistema operativo X).

A continuación se inicia la explicación operativa del diagrama de flujo, para facilitar la explicación se dividió en bloques funcionales. Las funciones están referenciadas a los diagramas lógicos que se explicaron en el capítulo anterior.

Bloque 1: Se activan los programas: "Disext", "Tarind" y "Uno".

Bloque 2: Se inicializan las variables lógicas de tipo interno (B17##)

Bloque 3: Se evalúa la señal B1701, la cual indica con 1 lógico que se cumple la siguiente condición:

• Centro de control de motores en auto (ver diag. lógico # 2)

Mientras B1701 = 0 lógico, se mantiene en un ciclo, que se rompe hasta que tome el valor contrario.

Bloque 4: En esta etapa se evalúa el estado lógico de la variable de trabajo B1702, la cual al tomar el valor 1 lógico, indica que la turbina esta lista para arrancar. Esto significa que se han satisfecho todos los permisivos que se indican en el diagrama lógico # 2.

Al mismo tiempo, se actualiza el estado lógico de las señales de salida S1010 y S10B1, de acuerdo al estado de la variable interna S1702.

Dentro del bloque se incluye también uno de los permisos comprendido en el diagrama lógico #5; condición que esta asociada al nivel de presión de cámara de combustión (nivel que debe estar abajo de su valor de ignición).

Una vez que S1702 tome el valor de 1 lógico continua la secuencia de arranque y se evalua la siguiente condición.

Bloque 5: En esta etapa se incluye la lógica de arranque correspondiente al diagrama lógico #3, en el cual se define el modo que se va a llevar acabo el arranque, es decir, si va a ser arranque manual o automático, cumpliéndose para cada caso las condiciones respectivas (que fueron ya indicadas en la explicación del mismo diagrama lógico).

Se incluye también, la actualización de señales de salida en función del estado de la variable de trabajo S1703. La variable S1703 tomará el valor 1 lógico una vez que se hayan satisfecho todos los requisitos para iniciar arranque, ya sea en forma manual o automática. El proceso de arranque se desencadena desde que la variable interna S1703 tome el valor 1 lógico.

Bloque 6: Se activa el dispositivo y contador de arranques de la turbina de gas, siempre y cuando se cumplan dos condiciones:

1) Presión de aceite de lubricación normal.

2) Velocidad de la turbina menor al 64%

La lógica operativa de este bloque involucra a los diagramas lógicos 2 y 5.

Bloque 7: Ya activado el dispositivo de arranque, se activa el programa de vigilancia de falla interna "Undos", el cual se explica posteriormente junto con el grupo de programas de vigilancia de falla interna.

En esta parte del programa, se detiene la evolución del proceso de arranque hasta que la presión de la cámara de combustión alcance el nivel adecuado para poder iniciar la ignición. La variable de trabajo S1705 nos indica con 1 lógico que la presión de la cámara de combustión esté en su valor de ignición.

Este bloque está relacionado operativamente con el diagrama lógico #5.

Bloque 8: Ya presurizada la cámara de combustión, se manda abrir suministro de aire a instrumentos de medición, el cual, es uno de los equipos de servicio de arranque de la turbina de gas.

En el diagrama 5, se indica la lógica de encendido de todo el equipo de servicio de arranque.

Bloque 9: En esta etapa se detiene la secuencia del programa 'Arranq', hasta que la señal de entrada S1036 asociada al selector de operación de la turbina, este en 1 lógico indicando al controlador que el selector de operación de la turbina esta en modo 'run', por lo que continúa la secuencia de arranque. La siguiente condición es que el sistema de sobrevelocidad este en normal (S1100 = 1) cumpliéndose estas condiciones se manda señal para orden de apertura de válvulas de combustible (gas) indicando tanto a control analógico (análogo) como a tablero BTG, que que el combustible esta siendo suministrado en la cámara de combustión.

El selector de operación puede estar en tres modos: Fuera, Rodar ('run') y Girar ('spin'); el operador determina uno de estos tres modos. Es condición necesaria para iniciar el giro de la turbina, con el dispositivo de arranque dentro, que este el selector de operación en cualquiera de los dos modos ya sea 'run o spin'; para iniciar el periodo de ignición correspondiente a la etapa de encendido de la turbina de gas, la condición que debe cumplirse es, que el selector de operación este en modo 'run'. En ocasiones para realizar

pruebas mecánicas a la turbina, se mantiene rodando en modo "spin", y nunca entrará a ignición mientras no entre al modo "run".

Normalmente el operador colocará al selector de operación en "run", ya que de esta forma permite a la turbina seguir la secuencia completa del ciclo de arranque.

Este bloque está operativamente asociado al diagrama lógico # 6.

Bloque 10: En esta etapa se debe definir el modo de ignición de la turbina, el cual puede ser automático o manual. Esta etapa está operativamente asociada al diagrama lógico #7.

De acuerdo al diagrama de flujo, el programa "Arranq" no continúa con la siguiente instrucción, hasta que se haya definido uno de los dos modos, pero a nivel proceso, siempre está alguno de estos definido desde el inicio del proceso de arranque.

Ya una vez conocida la selección del modo de ignición, se activa el programa de vigilancia a falla interna "Dos", quedando fuera de actividad el programa "Undos".

Bloque 11: Aproximadamente a la velocidad de 830 RPM, se inicia la ignición, continúa siendo acelerada la turbina por medio del dispositivo de arranque. El periodo de ignición tiene una duración de 30 segundos (el temporizador 1, lleva el tiempo de este periodo) al inicio del miso, se envía señal

para encender dos ignitores de la cámara de combustión por medio del transformador de ignición (B1044 y B1045 activados). Se conservan encendidos los ignitores hasta que se consiga mantener la flama por más de 5 segundos (flama estable, la variable interna DD toma el valor 1 lógico) o hasta que termine el periodo de ignición (tempo igual a cero segundos). En caso de que todavía no termine el periodo de ignición y se detecta que no hay flama (se pierde flama estable, DD = 0 lógico), vuelve a enviarse señal de encendido de ignitores (B1044 y B1045 activados) hasta que termine el periodo de ignición o se consiga flama estable.

Después de 10 segundos de haberse activado el periodo de ignición se inicia la vigilancia de falla de flama, en caso de presentarse esta falla (no presencia de flama en un par de detectores, B1707 = 0 lógico), se activa la alarma de flama, B1055 = 1 lógico (esta falla no causa disparo de la turbina de gas). En el momento que vuelva a detectarse flama se apaga la alarma.

Si al terminar el periodo de ignición (30 segundos) no hay flama, se inicia un periodo de purga, que tiene una duración de 2 minutos y medio, tiempo durante el cual se manda a cerrar válvulas de combustible (B1038 = 0 lógico), informando a control análogo (367), (B1039 = 0 lógico), a tablero BTG (B1040 = 0 lógico) que no está operando el sistema de alimentación de combustible. Cuando termina el periodo de purga, se inicia en forma automática un segundo intento de ignición, después del

cual, si no resulta exitoso este nuevo intento se envia a purga a la turbina; al termino de la cual se activa el programa "Conseg" que se encarga de disparar la turbina de gas suspendiéndose el proceso de arranque.

Se logra una ignición exitosa, cuando terminado el periodo de ignición se tiene flama estable (S1707 = 1 lógico). No es necesario purgar las turbinas de gas.

Las banderas P1 y P2 sirven para detectar el inicio de la primera y segunda purga. Al momento de terminar la segunda purga se activa el programa "Conseg", con la finalidad de enviar a la turbina a una condición segura, iniciando el disparo del proceso de arranque de turbina de gas.

Cuando se logra una ignición exitosa, se envia a control análogo (encargado de recibir y enviar señales analógicas de acuerdo a su algoritmo de control) el comando de activación de rampa de combustible (forma parte de los algoritmos de control del análogo), por medio de la cual se controla la apertura de las válvulas de suministro de combustible a la cámara de combustión para el control de aceleración de la turbina de gas. Desde este momento el control análogo se encarga de la aceleración de la turbina, e irá indicando al control lógico los niveles de velocidad que este alcanzando durante el proceso.

La lógica operativa de este bloque esta asociada a los diagramas lógicos 7, 8, 9 y 10.

Bloque 12: En esta parte del programa, mientras se incrementa la velocidad de la turbina por efecto de la energía de los gases de combustión y el dispositivo de arranque. Se supervisa que la aceleración de la turbina sea normal. En el momento que la turbina alcance la velocidad de rotación de 1800 RPM (SI085 = 1 lógico), se activará un temporizador con un tiempo de 4 minutos y se enciende la bandera Bactn, para no volver activar nuevamente el temporizador (desvía el flujo del programa). Desde este momento la turbina debe alcanzar una velocidad de 2600 RPM (SI083 = 0 lógico) en un tiempo límite de 4 minutos, para que se considere normal su aceleración; si no alcanza esta velocidad en este lapso de tiempo, se disparará la turbina de gas, se considera por algoritmo de control la ocurrencia de falla por aceleración lenta; activándose la alarma respectiva y entrando en activación el programa 'Conseg'.

Mientras este activado el temporizador, es importante mandar a desacoplar el dispositivo de arranque de la flecha, en cuanto se sense que la velocidad de rotación sea mayor al 64 % (aproximadamente 2300 RPM). Una vez desactivado el dispositivo de arranque, la velocidad de la turbina esta en función de la energía cinética y térmica de los gases de combustión.

Una vez desenergizado el dispositivo de arranque, no es necesario vigilar la falla de éste, por lo que se activa un nuevo programa de vigilancia de falla interna, el 'Tres', en el cual ya no se incluye a esta falla como motivo de disparo de turbina.

Desde este momento son ejecutados en forma concurrente los programas: "Arranq", "Tarind", Disext y "Tres".

La lógica operativa de este bloque esta asociada a los diagramas lógicos: 4 y 14.

Bloque 13: Cuando se alcance el 96% de la velocidad de sincronismo (S1062 = 1 lógico), se envia comando de cierre de válvulas de extracción (S1063 = 1 lógico) del compresor y se activa el programa de vigilancia de falla de tipo interno "Cuatro".

Desde este momento los cuatro programas que se ejecutan en forma concurrente por el sistema operativo son: "Arranq", "Tarind", "Disext" y "Cuatro". Se mantendrán activos hasta que ocurra una falla que ocasione disparo de la turbina.

La lógica operativa de este bloque está asociada al diagrama lógico #12.

Bloque 14: En esta etapa se define el modo de cierre del interruptor de excitación del generador, el cual puede ser en forma automática o manual. La lógica operativa de este bloque se representa en el diagrama lógico #13.

Si el interruptor de sincronia está en auto (S1066 = 1), la condición para el cierre del interruptor de excitación es, que la velocidad de la turbina sea mayor al 96% de la velocidad de sincronismo (S1067 = 1).

Si el interruptor de sincronía está en manual (S1065 = 1), se espera comando de cierre del interruptor de excitación desde tablero (botón), y hasta que se presente el comando, (S1064 = 1) se envía por el CLP la orden de cierre (S1069 = 1).

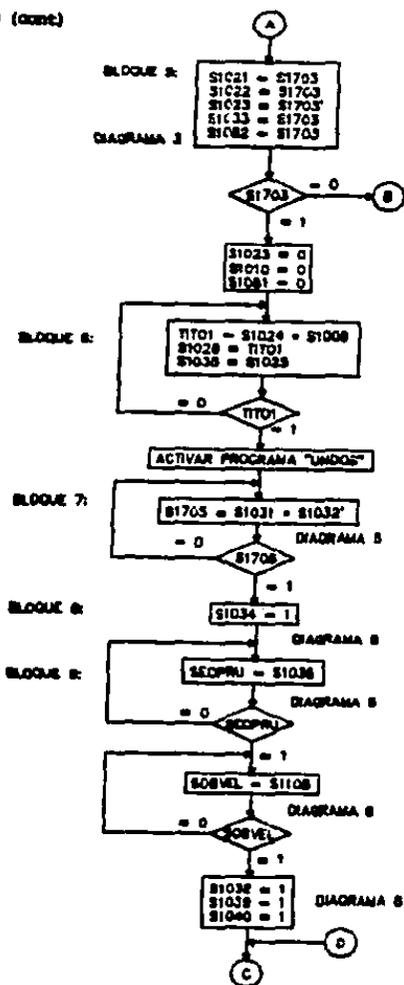
Bloque 15: Vigila el disparo del interruptor de excitación del generador (S1068 = 1 lógico) mientras el interruptor del generador este abierto (S1071 = 1 lógico). El comando de disparo del interruptor de excitación proviene de un botón instalado en tablero BTG, y cuando está el interruptor de excitación cerrado, es cuando interesa vigilar el estado de la señal de entrada para el disparo del interruptor, el cual se abre cuando la señal S1068 sea igual a 1 lógico.

Análogamente cuando el interruptor del generador cierra, se vigila continuamente el estado de la señal lógica de entrada S1054, la cual al tomar el valor 1 lógico, indicará que la computadora (372) activo el comando de abrir interruptor del generador; para que se lleve acabo esta acción, debe estar el control de combustión en automático (S1014 = 1); cuando se cumplan estas dos condiciones, la variable de trabajo Dintge toma el valor 1 lógico y, por lo tanto se activa el disparo del interruptor del generador (S1072 = 1). Y una vez abierto el int. del generador se espera el programa para abrir el int. de excitación ya sea en forma automática o manual, repitiendose nuevamente el ciclo, cerrando o abriendo el int. de excitación, vigilando la ocurrencia de disparo de cualquiera de estos dos interruptores; se rompe el ciclo hasta que sea desactivado el

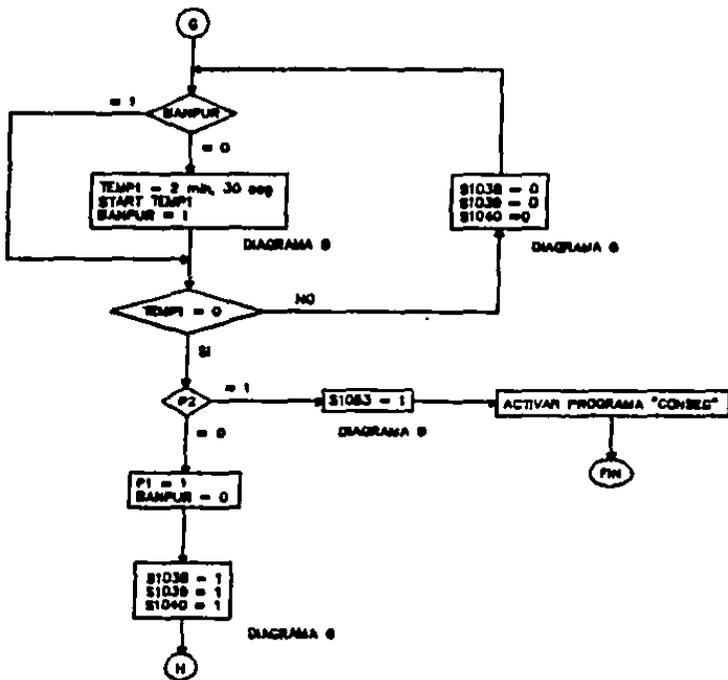
programa "Arranq", por la ocurrencia de alguna falla que provoque el disparo de la turbina de gas.

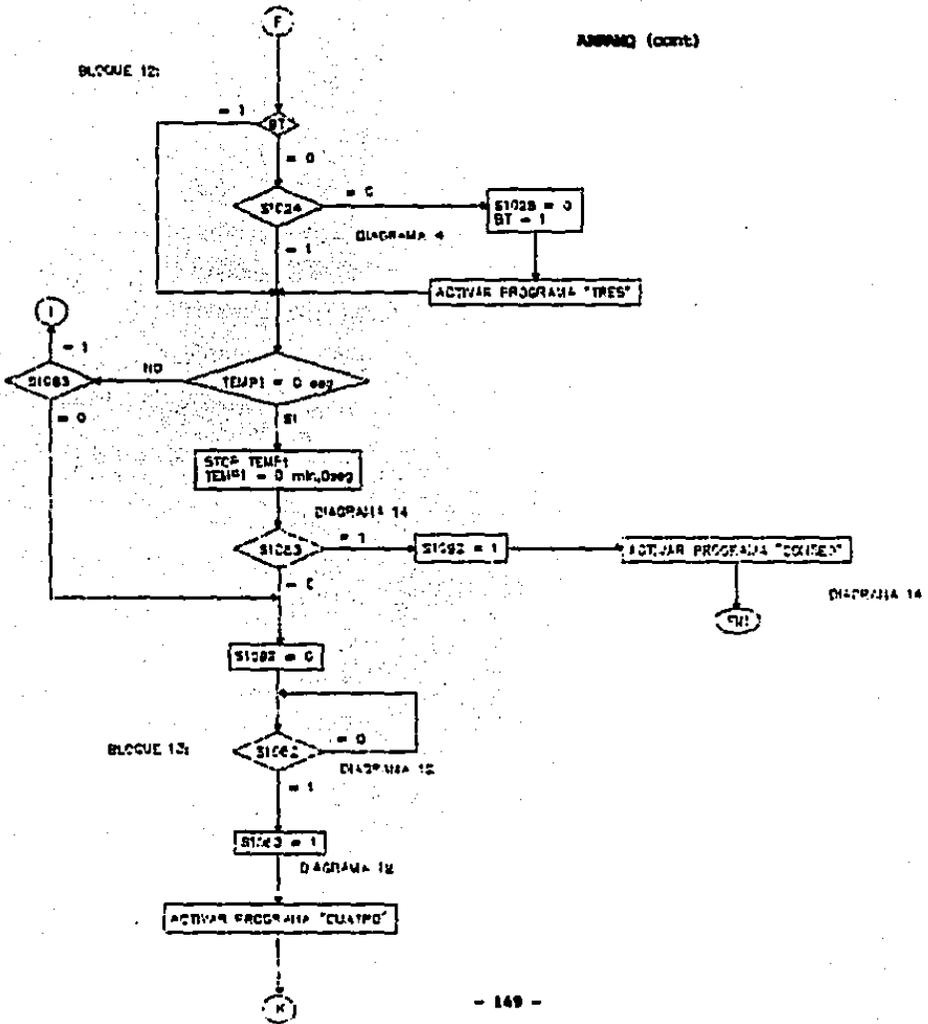
Como se puede notar, no se envia desde el Secuenciador el comando para el cierre del interruptor del generador, sólo se limita a consultar si el interruptor del generador está abierto o cerrado.

ANEXO 7 (cont.)



BLOQUE 11:





ARNDT (cont.)

BLOCHE 14:

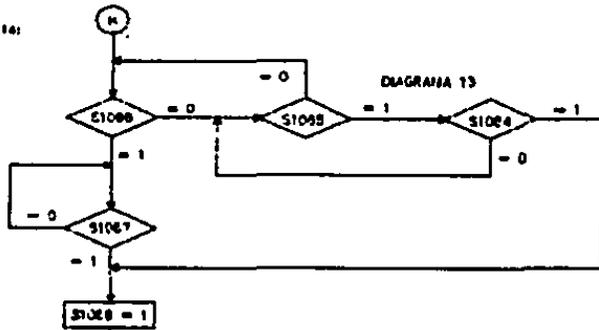


DIAGRAMA 13

BLOCHE 15:

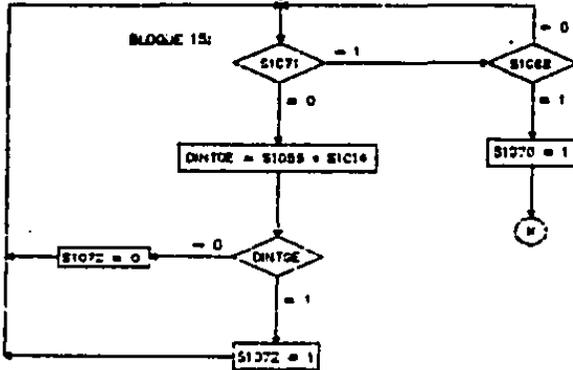


DIAGRAMA 14

Programa "Tarind"

Después de un análisis entre señales de entrada y salida que maneja el Secuenciador, se encontró que el estado lógico de algunas de las señales de salida tenía una relación directa con ciertas señales de entrada, no importando la secuencia del proceso de arranque, por lo que se agruparon como tareas independientes, y desde que se inicia el proceso de arranque este programa continuamente sensa el estado lógico de las señales de entrada, y así actualiza las señales de salida a las que se encuentran asociadas.

La mayoría de estas señales provienen de sensores localizados en campo, que nos indican el estado operativo de algunos elementos o condiciones de la planta, por medio del estado lógico de la señal de entrada que llega al CLP. Por ejemplo indican si el equipo auxiliar está o no en automático, si está operando el dispositivo de arranque o la bomba de respaldo de lubricación etc. Informan en tablero (alarmas o indicaciones luminosas), computador y control análogo del estado lógico de ciertas señales para así tomar acciones de control eficientes.

También se incluye entre estas señales la alarma de falla de válvulas de drenaje en posición errónea (81061), así como la lógica operativa para el cierre de las válvulas de drenaje de la turbina, la cual se comprende en el diagrama lógico #11.

A continuación se hace una explicación a bloques de este diagrama de flujo:

Bloque 0: Inicialización de banderas del programa.

Bloque 1: Se encarga de actualizar las siguientes señales de salida:

* Indicación de equipo auxiliar en automático (S1004), esta señal corresponde a una indicación luminosa en tablero BTG. (ver diagrama lógico #1)

* Equipo auxiliar en automático (S1087), lo cual indica a computadora con 1 lógico que el equipo está en automático y con 0 lógico, que está en manual. (ver diagrama lógico #1)

* Permisivo del dispositivo de arranque (S1011), el cual se activa cuando la presión del aceite del sistema de lubricación este en estado normal; esta señal va hacia campo. (ver diagrama lógico #2)

* A la computadora (372), se le informa a través de las señales S1077 y S1078, el estado de operación del dispositivo de arranque, si está dentro o fuera de operación.

Cuando S1077 es 1 lógico indica que el dispositivo de arranque está dentro y si S1078 es 1 lógico indica que está fuera de operación. (ver diagrama lógico #4)

* Indicación luminosa en tablero BTG, indicando si

está encendida (S1029 = 1 lógico), que el dispositivo de arranque está operando y en caso contrario (S1029 = 0 lógico) estará apagada. (ver diagrama 4 del capítulo 4)

* Comando de cierre de válvulas de drenaje de la turbina, mientras la señal S1057 está en 0 lógico, indica que el comando no ha sido activado, en cuanto toma el valor de 1 lógico, se envía a campo la señal para energizar contacto de cierre de válvulas de drenaje, activando la señal de salida S1060. (ver diagrama lógico #11)

* Las señales de salida S1073, S1074 y S1084 dependen del estado lógico de la señal de entrada S1071, la cual indica si el interruptor del generador está abierto (S1071 = 1) o cerrado (S1071 = 0).

La señal S1073 corresponde a una indicación de tipo luminoso en tablero BTG, la cual se enciende cuando el interruptor del generador este cerrado. La señal S1074 indica a control análogo con 1 lógico que el int. del generador está cerrado y con un 0 lógico que está abierto.

La señal S1084 indica a computadora con 1 lógico que el int. del generador está cerrado y con un 0 lógico que está abierto.

Estas señales están asociadas al diagrama lógico #13).

• La señal S1051 = 0 lógico, indica en tablero si en alguna de las dos parejas de sensores de flama hay ausencia de esta. La señal S1051 = 1 lógico indica que esta siendo sensedada flama por lo menos en uno de cada sensor de cada pareja, o en ambos sensores.

La señal S1079, de igual forma, sólo que esta señal indica a la computadora, si hay presencia o no presencia de flama en los combustores.

Boque 2: Se vigila que la posición de las valvulas de drenaje de la turbina sea el correcto durante la secuencia de arranque. La posición es errónea cuando se presente cualquiera de las dos condiciones: Si después de 5 seg. apartir de que la señal de cierre se haya activado (S1057 = 1) y estas continuan abiertas o en caso contrario, que estén cerradas 5 segundos después de que el comando de cierre de valvulas de drenaje haya sido desactivado (S1057 = 0). En caso de falla se activa la alarma (S1061 = 1 lógico). Esta falla no ocasiona disparo de la turbina.

En esta parte del programa se usan 4 banderas, que son las siguientes:

Ban20 .- la cual se activa tomando el valor 1 lógico cuando se enciende la alarma de falla de válvulas de drenaje por posición errónea (S1061 = 1), para poder entrar a una etapa de apagado de la misma cuando desaparezca la causa de falla.

F0 .- se activa cuando la variable C1A sea igual a 1 lógico, desviando el flujo del programa para ya no evaluar el estado lógico de la variable C2A, y sólo mantener en evaluación a la variable C1A.

F1 .- se activa cuando la variable C2A es igual a 1 lógico, con esto se desvia el flujo del programa a manera de no volver a evaluar a la variable C1A, y sólo mantener en evaluación a la variable C2A.

Ban10 .- Se activa cuando se arranca el temporizador, y con ello se logra desviar el flujo para no volver a arrancar al temporizador y perturbar el conteo, y sólo preguntar por el estado del temporizador, para saber cuando termine el conteo de tiempo.

Procedimiento:

En el bloque 0 todas las banderas se inicializaron a 0 lógico, por lo que dependiendo del estado lógico de estas variará el flujo del programa.

A continuación se ejecuta el bloque 1; y como las banderas Ban20 y F0 están en 0 lógico, se prosigue con la evaluación de la variable C2A.

La variable de trabajo C2A será igual a 1 lógico cuando se haya activado el comando de cierre de válvulas de drenaje de la turbina (S1057 = 1) y las válvulas de drenaje están abiertas (S1059 = 1); mientras no se presentan estas dos condiciones la variable C2A estará en 0 lógico.

Si la variable C2A está en 0 lógico entonces se ordena:

- Desactivar banderas Ban10 = 0 y FI = 0
- Parar el temporizador e inicializarlo en 0 minutos, 0 segundos y 0 milisegundos.

Continua por evaluar el estado lógico de la bandera FI, el cual debido a que está en 0, se prosigue con la evaluación de la variable C1A.

La variable C1A se activa cuando el comando de cierre de válvulas de drenaje está desactivado (S1057 = 0) y las válvulas de drenaje están cerradas (S1058 = 1).

Si al evaluarse C1A es igual a 0 lógico, entonces se ordena:

- Desactivar banderas : Ban10 = 0, FD = 0
- Se detiene el temporizador y se define en 0 minutos, 0 segundos, 0 décimas de segundos.

Regresando nuevamente a ejecutar el bloque 1. Repitiéndose este ciclo hasta que una de las variables (C1A ó C2A) tome el valor 1 lógico.

Si C1A toma el valor 1 lógico antes que la variable C2A, entonces se activa la bandera FO, y si C2A toma el valor 1 lógico primero, se activa la bandera FI. Estas banderas se utilizan posteriormente para para apagar la alarma de falla de válvulas de drenaje (bloque 3).

Una vez que C1A ó C2A toma el valor de 1 lógico se activa el temporizador a 5 segundos. Y como se mencionó antes, se activa la bandera Ban10, se vuelve a ejecutar el bloque 1, se evalúa nuevamente una de las variables C1A ó C2A, lo cual depende, de que bandera este activada FI ó FO.

Si al finalizar el temporizador su conteo, la variable se mantuvo en 1 lógico entonces se manda a activar la alarma (S1061 = 1); pero si antes de terminar el temporizador su conteo la variable hubiera cambiado a 0 lógica, no se envía a encender la alarma, apagándose la bandera Ban10 y serían nuevamente evaluadas las variables C1A y C2A, al mismo tiempo que se ejecuta el bloque 1, repitiéndose el ciclo.

Bloque 3: En cuanto la bandera Ban20 = 1 se desvía el flujo del programa, de tal forma que se ejecuta el Bloque 1, (ya no se ejecuta el bloque 2) llevándose a cabo la rutina de apagar la alarma, se espera cierta condición para ello dependiendo de la bandera que se hubiera activado FO ó FI. Hasta que las válvulas no recuperen la posición correcta no se apagará la alarma, tampoco se reinicializará el programa (dar restablecimiento de banderas).

Si la bandera FO fue la que se activo, esto indica que la falla se debio a que las válvulas se mantuvieron abiertas y no cerraron en los 5 segundos de tiempo que se dieron; entonces hasta que se sence que las válvulas de drenaje estén cerradas se envia señal para apagar la alarma. Y si FI es la bandera que se mantuvo activa cuando se encendio la alarma, indica que la falla se debio que permanecieron cerradas por más de 5 segundos cuando el comando de cerrar válvulas de drenaje estaba inactivo (S1057 = 0); entonces hasta que las válvulas estén nuevamente abiertas no se desactiva la alarma.

Ya que se apago la alarma, se restablecen las banderas (toman el valor 0 lógico) para que el flujo del programa vuelva a ser como al principio, esto es: ejecutar bloque 1 y evaluar variables CIA / C2A.

Este programa se desactiva cuando, por ocurrencia de alguna condición de disparo o paro de turbina, en tal caso se activa el programa 'Cern'. Siendo nuevamente activado desde el programa 'Arranq' hasta que se inicie de nuevo el arranque de la turbina de gas.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "TARINO"

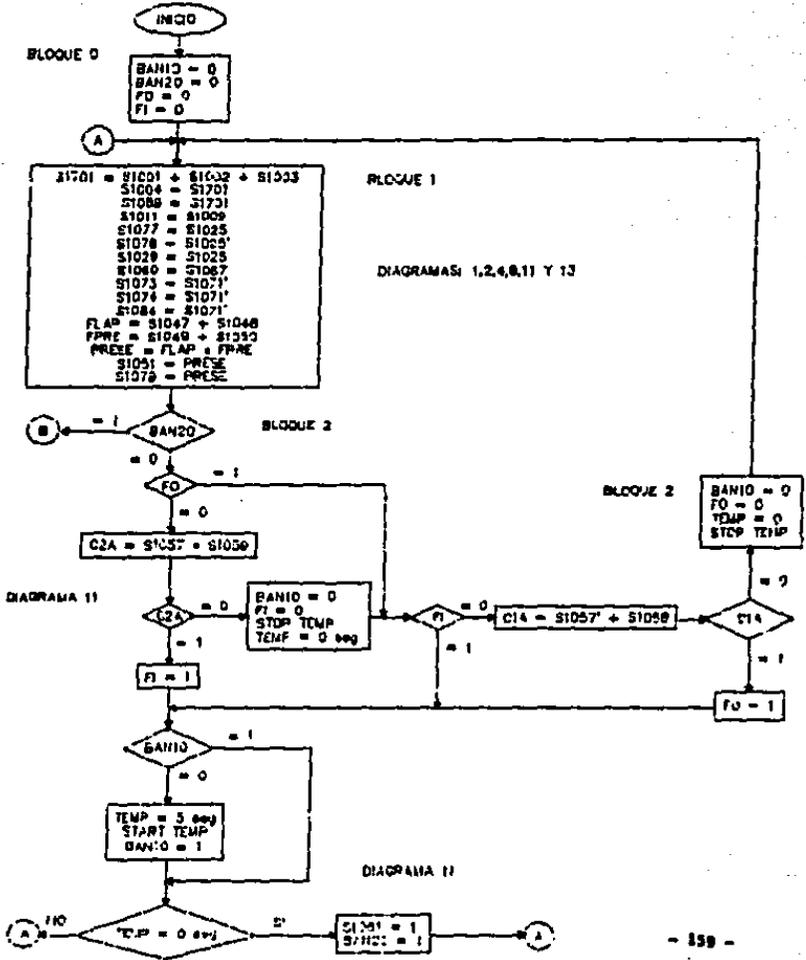


TABLE 3 (cont)

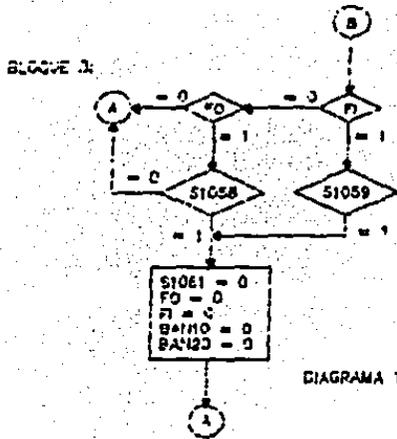


DIAGRAM 1:

Programa "Disext"

Se encarga de vigilar la ocurrencia de fallas de tipo externo. Considerando como fallas de tipo externo todas aquellas variables del proceso que necesitan ser continuamente sensadas desde el inicio del arranque, no importando en si la secuencia del proceso, ya que en cualquier momento puede presentarse alguna condición ya sea voluntaria (desea el operador suspender proceso de arranque de turbina), por causa de la ocurrencia de falla (condición de disparo) durante el proceso de arranque.

Cuando se presente la condición de disparo, se activa el programa "Tracos", a través del cual se activan otros programas que finalmente envían a condición segura a la turbina. Esto se explica en el capítulo anterior cuando se trata la estructura de programación.

Las fallas de tipo externo son:

a) Señal de paro proveniente de computadora (S1260 = 1) la cual ocasionará disparo de la turbina de gas cuando el control de la turbina este en modo automático (S1014 = 1). Este tipo de falla se contempla en el diagrama lógico #3.

b) Señal de paro manual proveniente de tablero BTG, la cual ocasionará disparo de la turbina de gas cuando se presenten las siguientes condiciones:

- * El control de la turbina debe estar en modo manual (S1014 = 0).

*** Carga mínima (S1018 = 1)**

Este tipo de falla se contempla en el diagrama lógico #3.

Las fallas que se listan a continuación están asociadas al diagrama lógico #16.

c) Al activarse la señal de disparo total de combustible (S1093 = 1).

d) Al activarse la señal correspondiente a temperatura de empaletado alta (S1094 = 1).

e) Al activarse la señal correspondiente a velocidad de la turbina mayor al 111% de la velocidad de sincronismo (S1095 = 1).

f) Al activarse la señal de falla de protección contra fuego (S1096 = 1)

g) Al activarse la señal de falla del sistema de hidrógeno (S1097 = 1).

h) Al activarse la señal de disparo del generador (S1098 = 1).

i) Al activarse la señal de disparo proveniente desde el control análogo de la turbina de gas. (S1099 = 1).

Las siguientes fallas están asociadas al diagrama lógico #15.

j) Al desactivarse la señal correspondiente al nivel de presión de aceite de lubricación normal (S1009 = 0).

K) Al activarse la señal de disparo de la turbina de gas, proveniente de campo (S1076 = 1).

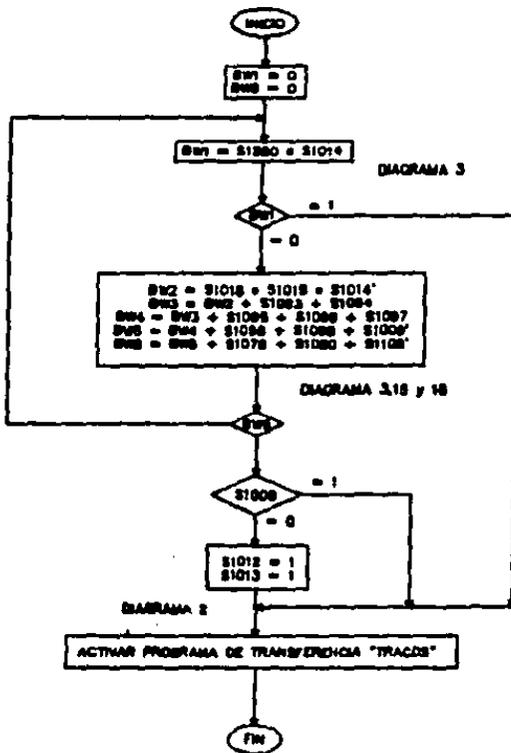
l) Al activarse la señal de disparo de la turbina de gas proveniente de tablero BTG (S1080 = 1).

La lógica de este programa involucra a los diagramas lógicos 3, 15 y 16.

'Dos' de las señales incluidas en el diagrama lógico #15 se consideraron en el programa de fallas de tipo externo "Disext", dado que necesitan ser continuamente sensadas durante todo el proceso de arranque, mientras no se presente alguna condición de disparo o paro que saque a la turbina de secuencia de arranque.

A continuación se da una explicación de los diagramas de flujo de los cinco programas de vigilancia de fallas de tipo interno.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE APLICACION "DISEXT"



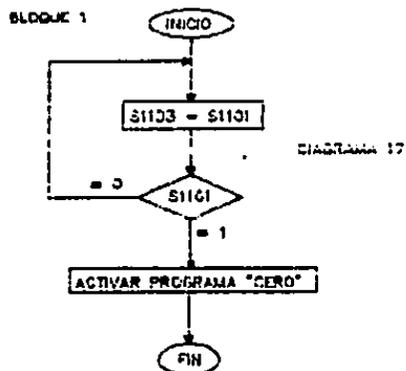
Programa "Uno"

Tiene la tarea de vigilar el estado lógico presente de la señal de alta presión del sistema de alimentación de combustible (S1101). Esta falla está asociada al diagrama lógico #17.

Cuando S1101 está en 0 lógico, la alarma de falla del sistema de combustible estará apagada, indicando que no ha ocurrido aún la falla de éste. En el momento de activarse la señal (S1101 = 1) se activa instantáneamente su alarma, indicando que la presión del sistema de alimentación de combustible es alta. Se envía entonces a activar el programa "Cero".

Mientras no se haya iniciado el encendido de la turbina de gas, es condición de disparo de turbina, el que la presión de la línea de suministro de combustible sea alta.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE APLICACION "UNO"



Programa 'Undos'

Entra en ejecución este programa, en el momento de mandar a operación al dispositivo de arranque desde el programa 'Arranq'.

Las señales que serán continuamente vigiladas son:

a) La presión del sistema de suministro de combustible no debe ser alta (S1101 = 0), ocurrirá disparo de la turbina en el momento en que se active ésta, encendiéndose la alarma correspondiente en tablero, indicando al operador que hubo falla en el sistema de combustible (S1103). (ver diagrama #17).

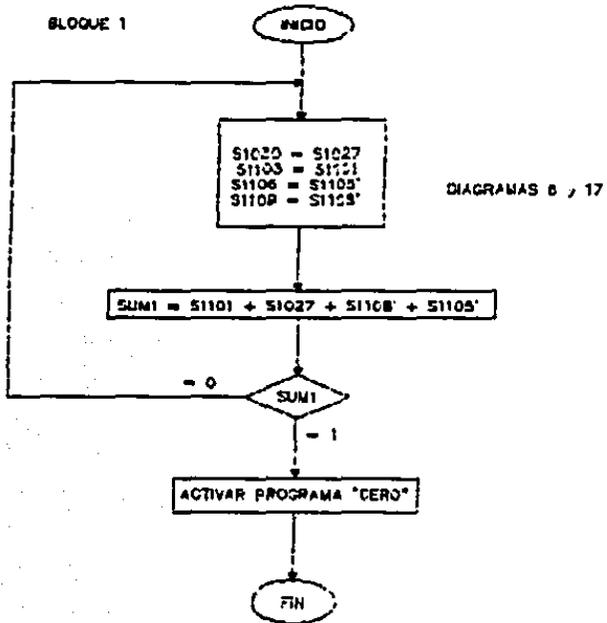
b) La señal que indica la ocurrencia de falla del dispositivo de arranque (S1027), mientras este en 0 lógico indica que no ha ocurrido falla en el dispositivo de arranque; pero en el momento que se active esta señal, se activa la alarma de falla del dispositivo de arranque (S1030), activando el programa 'Cero'. Esta falla ocasiona disparo de turbina. (ver diagrama lógico #4)

c) Las válvulas de extracción del compresor deben estar abiertas mientras no se alcance el 96 % de velocidad. La señal S1105 cuando este en 1 lógico indica que están abiertas. En el momento que esta señal este en 0 lógico se presenta condición de disparo de la turbina; se enciende la alarma de falla de válvulas de extracción en posición errónea (S1106 = 1); activándose por último el programa 'Cero'. (ver diagrama lógico #18)

d) La señal S1108 indica con un 1 lógico que el sistema de sobrevelocidad está normal. En el momento que tome el valor 0 lógico indica que se ha presentado la falla del sistema de sobrevelocidad, encendiéndose la alarma correspondiente (S1109 = 1) y se activan el programa "Cero". (Ver diagrama lógico #19)

Si ocurre alguna de estas fallas, se envía a la turbina a condición segura a través del program "Conseg", el cual, como ya se trata anteriormente se envía a activar desde el programa "Cero" si no se ha activado la señal de restablecimiento de disparos (S1026 = 0 lógico).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE APLICACION "UNDOS"



Programa "Pos"

Este programa entra en activación una vez que se desencadena el proceso de arranque, iniciándose el encendido de turbina. Este evento está asociado al bloque 11 del diagrama de flujo del programa "Arranq".

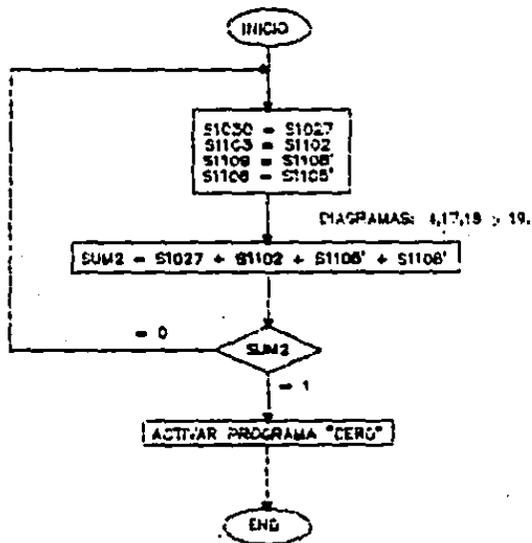
Desde este momento las señales que se vigilan son las siguientes:

- 1.- Falla del sistema de sobrevelocidad (S1108), la cual al estar en 0 lógico, indica que ha ocurrido la falla, por lo que se enciende la alarma respectiva (S1109).
- 2.- Falla del sistema de combustible, la cual se presenta debido a que la presión del sistema de suministro de combustible sea baja (S1102 = 1), encendiéndose la alarma respectiva (S1103). Esta falla se explica en el diagrama lógico #17.
- 3.- Falla del dispositivo de arranque, en forma análoga al programa anterior, en el momento en que sense, que el estado lógico de la señal S1027 está en 1 lógico se enciende la alarma de falla del dispositivo de arranque (S1030) y se activa el programa "Cera" para enviar a condición segura a la turbina.

4.- Vigila el estado lógico de la señal S1105. Cuando tome el valor 0 lógico indica que las válvulas de extracción están cerradas; como en esta etapa del proceso de arranque deben estar abiertas, se encendería la alarma correspondiente (S1106), ocasionándose el disparo de la turbina por falla de válvulas de extracción. (ver diagrama lógico #18)

En caso de presentarse alguna de estas fallas, la variable de trabajo SUM2 tomará el valor 1 lógico después de encender la alarma correspondiente. Por último entra en ejecución el programa "Cero".

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE APLICACION "DOS"



Programa 'Tres'

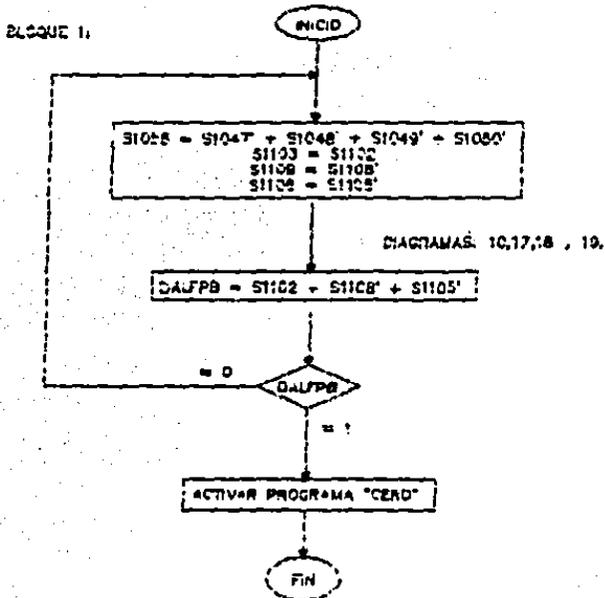
Dentro de este programa se actualiza el estado lógico de la señal de alarma de falla de flama, la cual no ocasiona disparo de la turbina de gas, unicamente sirve de indicación al operador de si hay o no presencia de flama en los combustores.

Cuando la velocidad de la turbina alcanza el 64 X de su velocidad final de sincronismo (3600 RPM), se desactiva el dispositivo de arranque quedando desacoplado de la flecha, por lo que ya no es necesario vigilar la ocurrencia de esta falla. Las únicas señales que siguen siendo vigiladas son las siguientes:

- 1.- Falla del sistema de sobrevelocidad (S1108)
- 2.- Falla de válvulas de extracción en posición errónea (S1105)
- 3.- Falla del sistema de combustible (S1102)

Se presentan estas fallas en forma análoga a las explicadas en el programa 'Dos', por lo que no es necesario explicar su ocurrencia. Al ocurrir cualquiera de estas fallas se activa la alarma respectiva y la variable de trabajo Dalfpb toma el valor 1 lógico enviado a activar el programa 'Cero'.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE APLICACION "TRES"



Programa "Cuatro"

Este programa se activa desde el programa "Arranq" cuando se activa la señal de entrada correspondiente al comando de cierre de válvulas de extracción del compresor (S1063 = 1). Este evento esta asociado al bloque 13 del diagrama de flujo del programa "Arranq".

Las funciones que son vigiladas desde este programa son las siguientes:

- 1.- La falla de válvulas de extracción del compresor se presenta cuando las válvulas no cierran 6 segundos después de que la velocidad de la turbina alcanzó el 98% de la velocidad final de sincronismo (la variable S1715 permanece en 1 lógico por un tiempo mayor a 6 seg.). En caso de ocurrir falla, se enciende la alarma correspondiente (S1106), enviando por último a activar el programa "Cero". Esta vigilancia de falla se contiene en el bloque 2 y 3 de este diagrama de flujo. (ver diagrama lógico #18)

La variable de trabajo S1715 cuando la velocidad de la turbina es mayor al 98%, indica si están abiertas o cerradas las válvulas de extracción de la siguiente manera: con un 1 lógico indica que están abiertas y con un 0 lógico indica que están cerradas.

2.- La falla del sistema de sobrevelocidad puede ocurrir por dos razones:

• Anormalidad del sistema de sobrevelocidad, la cual se sensea cuando la señal B110B sea igual a 0 lógico.

• Velocidad de la turbina sea mayor al 111% de la velocidad de sincronismo (B1095 = 1).

3.- Se actualiza el estado lógico de la alarma de falla de flama (B1055) , la cual se activará en el momento en que se detecte que al menos 1 ó más de las señales de flama presente, provenientes de los sensores que están en la cámara de combustión indique que no hay flama; este tipo de falla no causa disparo de la turbina de gas. (ver diagrama lógico #10)

4.- Se sigue sensando el nivel de presión del sistema de suministro de combustible (B1102). En el momento en que la presión sea baja (B1102 = 1), se activa la alarma correspondiente a falla del sistema de combustible (B1103), enviándose a activar el programa "Cero"; originándose el disparo de la turbina de gas. (ver diagrama lógico #17)

Los puntos 2), 3) y 4) constituyen el bloque 5 de este diagrama, y mientras este en ejecución siempre van a estar vigilándose en forma continua estas señales.

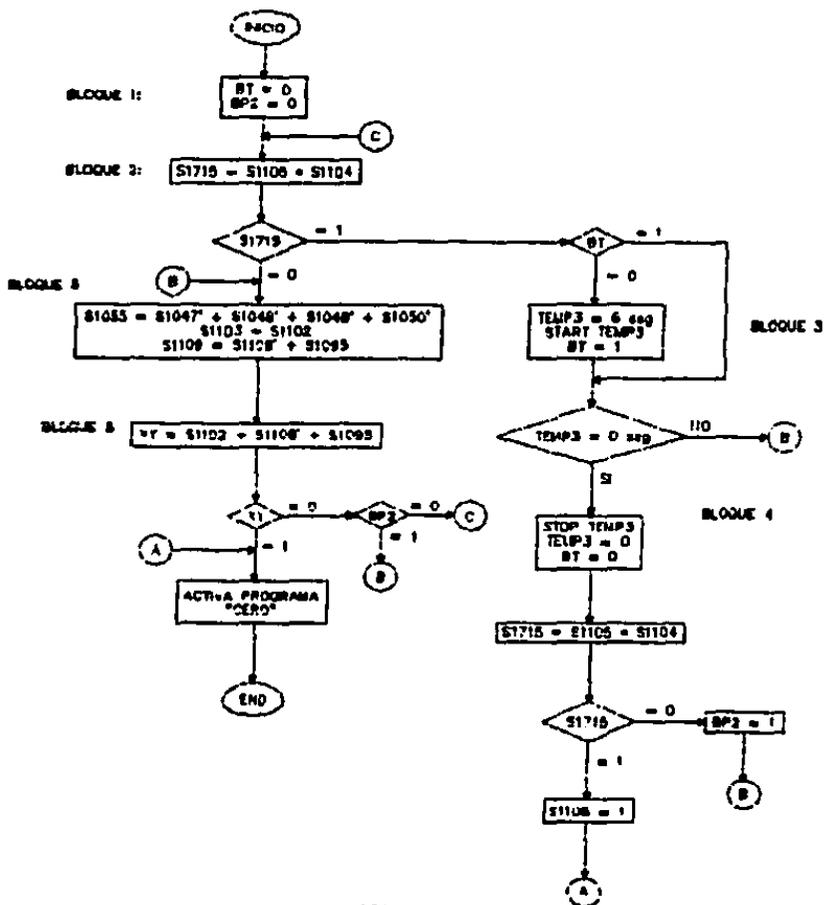
En el momento que se activa el temporizador para probar que el cierre de válvulas de extracción ocurra dentro de los 6 seg. de tiempo, paralelamente continua la vigilancia de ocurrencia de falla correspondientes al bloque 5. Este programa deja de ser ejecutado en el momento en que entre en activación el programa "Cero".

Una vez que la variable S1715 toma valor 1 lógico y fue activado el temporizador a 6 segundos, a fin de no reinicializar el temporizador durante su conteo, se utiliza la variable BT como bandera para desviar el flujo del programa. Sólo es necesario estar al tanto del momento en que se termine el conteo (temporizador en 00 minutos, 00segundos y 00 décimas de segundo).

Si al terminar el conteo, la variable S1715 se mantuvo en 1 lógico, se enciende la alarma de falla de válvulas de extracción en posición errónea (S1106 = 1), enviándose a activar el programa "Cero".

Si la variable S1715 tomo el valor 0 lógico antes de terminar el conteo, ya no es necesario volver a vigilar esta falla, por lo que se activa la bandera BP2, con el fin de que sólo sea ejecutado ahora el bloque 5.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "CUATRO"



Programa "Cero"

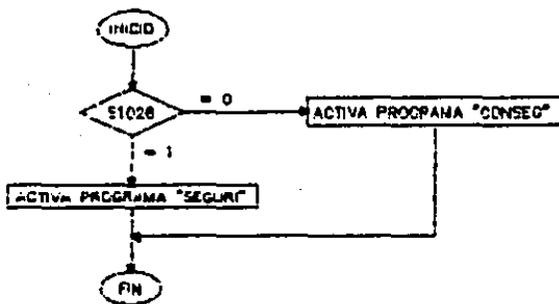
Este programa puede ser activado desde el programa de transferencia "Tracos", desde cualquiera de los cinco programas de falla de tipo interno o desde el programa "Conseg". Al entrar en ejecución el programa "Cero", se desactivan todos los programas que hubieran estado hasta ese momento en ejecución (entran en estado de espera); iniciándose la etapa de disparo de la turbina de gas.

Desde este programa se activa uno de los programas "Conseg" o "Seguri", dependiendo del estado lógico presente de la señal de restablecimiento de disparos (S1026). Esta señal normalmente esta en en 0 lógico, lo cual ocasiona que entre en activación el programa "Conseg". Puede ocurrir que esta señal este en 1 lógico por alguna falla en el botón (no es normal esta situación), en este caso se activa el programa "Seguri", ya que es necesario enviar a condición segura a la turbina siempre que se presente alguna condición de paro o disparo de la turbina.

Se tiene de esta manera dos programas que envían a la turbina a condición segura al momento de ocurrir alguna falla o desear interrumpir el proceso de arranque.

Se tuvo que incluir un programa de prioridad 0 para poder activar a través de éste al programa "Conseg" o "Seguri", ya que un programa secuencial de prioridad 7 no puede activar un programa de prioridad 4 directamente, sólo por medio de un programa de prioridad 0, de acuerdo a las reglas del sistema

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE APLICACION "CERO"



operativo.

Como se puede observar en la estructura de programación, no fue necesario utilizar un programa de transferencia para activar el programa "Conseg" desde el programa "Arranq", ya que ambos poseen la misma prioridad (4) y tipo (secuencial).

Diagrama de flujo del programa "Conseg"

La finalidad de este programa es enviar a condición segura a la turbina de gas. Se vigila si aún permanece la condición de falla, a través de la consulta de ciertas señales de entrada asociadas directamente a ésta. En caso de que se detecte que ya no hay falla, se podrá activar el programa "Cero".

Se dividió en tres bloques este diagrama para su explicación:

Bloque 0: Se evalúa la variable interna Paro, la cual al tomar el valor 1 lógico indica que la causa que envía a condición segura a la turbina, es la presencia de condición de paro; y si toma el valor lógico 0 indica que se presentó una condición de disparo. Esto se toma en cuenta para definir el estado lógico de las señales de salida y enviar a condición segura a la turbina.

Bloque 1: En este se incluyen señales lógicas de salida que van a tablero BTG, control analógico, computadora y alarmas; por medio de estas señales se define el estado de paro de la turbina. Se definieron las siguientes señales de salida como se

indica a continuación:

Si ocurrió disparo de la turbina:

* Apagar las indicaciones luminosas de tablero
BTG siguientes:

- Turbina lista para arrancar (S1010)
- Comando de proceso activado y botón de
arranque activado (S1022)
- Ignición en proceso (S1043)
- Disparos restablecidos (S1087)
- Combustible operando (S1040)

* Enciende las indicaciones luminosas en tablero BTG

- Disparo de turbina de gas (S1084)

* Envía a computadora las siguientes indicaciones:

- Turbina no está lista para el arranque
(S1081)
- Desactivación del comando de proceso
activado (S1082)
- Restablecimiento de disparos desactivado.
(S1090)

* Informa a control análogo lo siguiente:

- Desactivación del comando de proceso activado (S1021)
- Desactivación del contador de arranques de la turbina (S1035)
- Sistema de combustible fuera de operación (S1039)
- Desactivar rampa de combustible (S1052)
- Restablecimiento de disparos desactivado (S1091)
- Interruptor del generador abierto (S1074)

* Envía a campo los siguientes comandos:

- Desactivar dispositivo de arranque (S1025)
- Abrir línea de venteo del sistema de medición de presión de la cámara de combustión (S1033)
- Cerrar suministro de aire a instrumentos de medición (S1034)
- Abrir solenoide del sistema de sobrevelocidad (S1037)
- Cerrar válvulas de combustible (S1038)

- Apagar ignitores A y B (S1044 y S1045)
- Abrir válvulas de drenaje de la turbina (S1060)
- Abrir válvulas de extracción del compresor (S1063)
- Abrir interruptor de excitación del generador (S1069)
- Disparo del interruptor de excitación (S1070)
- Disparo del interruptor del generador (S1072)

• Enciende en tablero de alarmas:

- Alarma de disparo de turbina de gas (S1088)

Si ocurrió paro de la turbina:

En caso de haber ocurrido un paro de turbina, las únicas señales de salida que cambiarán de estado con respecto a las anteriores son:

S1086 = 0: indicación de disparo en tablero BTG, apagada

S1088 = 0: alarma de disparo de turbina a 374 (tablero de alarmas), apagado.

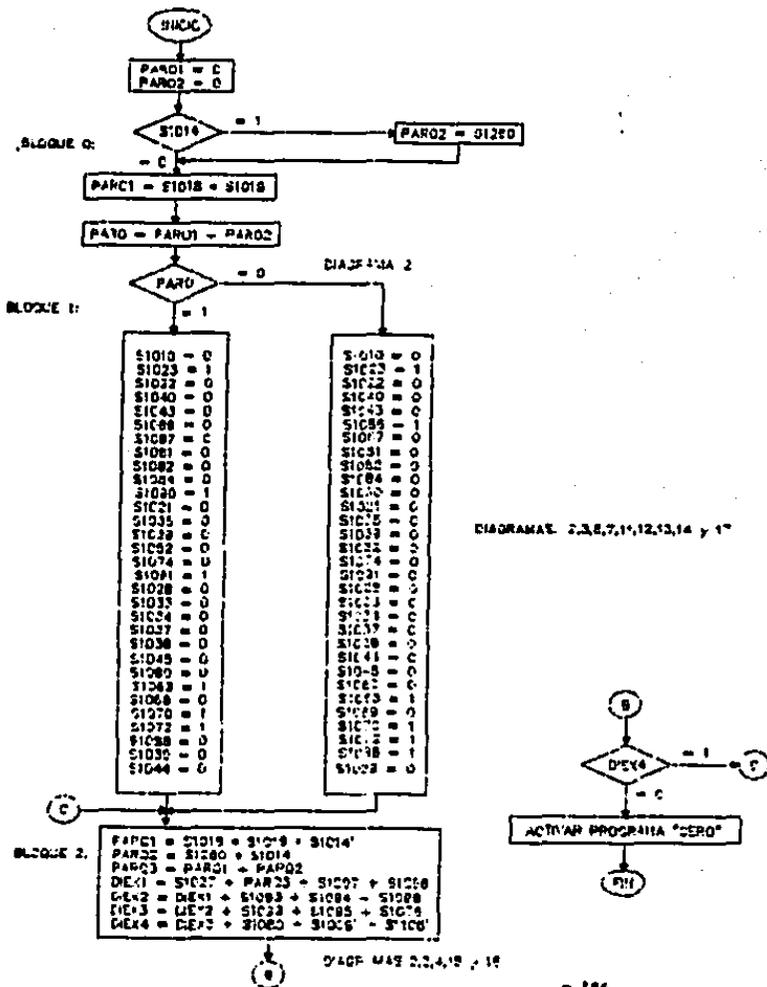
Todas estas señales se contienen en el bloque 1 del

diagrama de flujo de este programa.

Bloque 2: Se consultan a las señales de entrada que sirven de base para saber si aún la falla persiste ya sea de tipo externo o interno o algún comando de paro o disparo proveniente de campo, computadora, o tablero. Las señales de entrada que se consultan para conocer si aún existe la falla son:

- Falla del sistema de sobrevelocidad (S1108)
- Presión de aceite de lubricación anormal (S1009)
- Falla del dispositivo de arranque (S1027)
- Falla del sistema de protección contra fuego (S1096)
- Falla del sistema de hidrógeno (S1097)
- Disparo de combustible total (S1093)
- Temperatura de empaquetado alta (S1094)
- Disparo del Generador (S1098)
- Disparo desde el control análogo de la turbina (S1099)
- Velocidad mayor al 111% (S1095)
- Botón de disparo de turbina en campo (S1076)
- Botón de disparo de turbina de gas en tablero

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "CONISES"



(S1080)

-- Condición de paro a través de la computadora
(S1260 y S1014)

-- Condición de paro manual en tablero (S1019,
S1018 y S1014)

La variable de trabajo Disex4 indica con 1 lógico que al menos existe una o más fallas o condiciones de disparo o paro de turbinas; por lo que se sigue evaluando en forma continua esta variable, y hasta que tome el valor 0 lógico, indicando que ya no hay condición de disparo se podrá activar nuevamente el programa "Cero".

Programa "Seguri"

La tarea de este programa es asegurar que se envíe a condición segura a la turbina de gas después de presentarse una de las fallas o condiciones por las cuales se genera el disparo o paro de la turbina, de acuerdo a la lógica operativa de control.

Este programa se activa desde el programa "Cero", cuando la señal de restablecimiento de disparos está activada (no es lo normal). Esta señal puede encontrarse activada debido a una falla del interruptor, es por esto que se tiene que enviar a condición segura a la turbina, este o no activada la señal de restablecimiento de disparos (S1260).

El diagrama de flujo de este programa se dividió en seis

bloques facilitar su explicación, los cuales se muestran a continuación.

Bloque 0: Se define el estado lógico inicial de las variables internas de trabajo: Paro1, Paro2 y Dis4.

Bloque 1: Se evalúa si la causa por la cual se envía a condición segura a la turbina fue paro o disparo.

Bloque 2: La tarea de este bloque es la misma que la del bloque 1 y 2 del programa "Conseg" con la diferencia de que en este no se activa el programa "Cero".

Bloque 3: En este momento la turbina está en estado seguro ya no existe condición de paro o disparo de la turbina, ni razón por la cual no se pueda intentar nuevamente otro arranque. Para lo cual:

1) Se apaga bomba de respaldo de aceite de lubricación (S1013) y se apaga la alarma de baja presión del aceite de lubricación (S1012), por seguridad, en caso de que el disparo hubiera ocurrido a causa de anomalía en la presión de aceite de lubricación.

2) Se pregunta por el estado de la señal de entrada S1026 correspondiente al Restablecimiento de disparos, la cual al estar en 1 lógico permite que entre en activación la parte del programa correspondiente al bloque 4.

Bloque 4: Se encarga de apagar las alarmas siguientes:
-- Alarma por falla de válvulas de extracción del

compresor (S1106)

- Alarma de falla en el segundo intento de ignición (S1053)
- Alarma por sobrevelocidad (S1109)
- Alarma de falla del dispositivo de arranque (S1030)
- Alarma por aceleración lenta (S1092)
- Alarma válvulas de drenaje en posición errónea (S1061)
- Alarma de falla de flama (S1055)

!Nota: No es necesario que se hayan encendido todas las alarmas, pero por seguridad, no importando cual se hubiera encendido, después de dar restablecimiento de disparo se envían a apagar todas las alarmas que se acaban de indicar.

Hay alarmas que para apagarlas es necesario sensar a través de ciertas señales de entrada, si ya desapareció la condición de falla para poderlas apagar; estas son:

La alarma de falla del sistema de combustible (S1103) se apaga en cuanto la variable FVCOM sea igual a 0 lógico, indicando que la presión del sistema de suministro de combustible es normal (ni alta ni baja). Mientras esta señal este en 1 lógico indica que la presión es anormal y por consiguiente la alarma se mantendrá encendida.

Bloque 5: Se encarga de apagar:

-- Alarma de disparo de la turbina de gas (S1088)

-- Indicación de disparo de la turbina de gas en tablero (S1086).

-- Informa que los disparos han sido restablecidos a computadora (372), control análogo (367) y tablero BTG (enciende indicación luminosa).

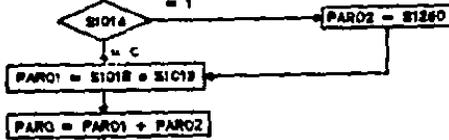
Por último se activa el programa "Arranq", iniciándose nuevamente el proceso de arranque.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE APLICACION "SEGURI"

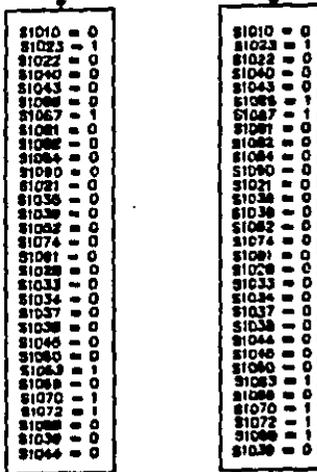
BLOQUE 0



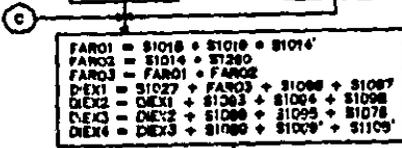
BLOQUE 1:



BLOQUE 2:



DIAGRAMAS: 2,3,6,7,11,12
13,14 y 16



DIAGRAMAS: 2,3,4,15 y 18

5.3 Pruebas

5.3.1 Necesidad de las pruebas.

Los equipos y sistemas de cualquier índole son sometidos a una serie de pruebas con el fin de garantizar el perfecto funcionamiento del mismo, esto permite al usuario tener un equipo confiable y disponible cuando quiera utilizarlo. En el caso de controladores, la etapa de las pruebas es de suma importancia, ya que de ello dependerá la seguridad de la planta, tanto para el equipo de la misma como para los operadores. El objetivo es lograr una robustez total del controlador, ya que es en esta fase cuando deben detectarse los errores de en operación. Con una buena selección de pruebas es posible corregir errores de la lógica de control, que llamaremos fatales.

5.3.2 Tipos de prueba.

Las pruebas son efectuadas durante las diferentes etapas del desarrollo del Secuenciador, se puede decir que en esta etapa puede ocurrir falla en el "hardware" del CLP o los algoritmos de control.

El objeto del proyecto es desarrollar los algoritmos de control, no se trabajo en parte alguna del "hardware", ya que este fue realizado en el Departamento de Electrónica, el cual efectuó las pruebas pertinentes al mismo, además cabe mencionar que el equipo se encuentra operando satisfactoriamente en planta, en un equipo de control de quemadores en la planta de

Valle de México.

Por lo que respecta a los algoritmos de control, estos deben ser probados; una serie de pruebas que se realizarán en papel (pruebas de escritorio), laboratorio y en planta (al momento de la instalación).

La idea de las pruebas de laboratorio es para tratar de que la instalación del mismo, sea lo más rápido posible, evitando así una serie de pérdidas económicas por falta de generación de energía eléctrica.

Las pruebas de laboratorio se dividen en dos:

- Modulares
- Integrales

Pruebas modulares, en este caso se prueban los programas de control aislados, sólo se graba un programa a la vez en la memoria; para esto las instrucciones de PSEC o PCOM que se utilizaban para activar un determinado programa de la estructura será sustituida por la instrucción de encender (poner en l lógico) una cierta señal de salida, que indicará, que se llevo a cabo la instrucción, siguiéndose el flujo normal del diagrama. Ya en las pruebas integrales se respeta la instrucción de activar programa PSEC y PCOMB, ya que en este caso ya existen en la memoria todos los programas de la estructura y debe cumplirse la activación del programa al emplear la instrucción. En las prueba integrales, una vez que

se han efectuado todas las pruebas modulares, todos los programas se juntan y se graban en la memoria, ahora el sistema se prueba completo, es decir con todos los programas de aplicación.

5.3.3 Equipo de pruebas.

El Probador y un tablero de indicaciones (caja de leds), constituyen el equipo de pruebas, el cual consiste en una PC y canastas SAC, para generar señales tipo campo y una caja de leds para ver el estado de las señales de salida del Secuenciador. En el probador se pueden generar señales analógicas o lógicas, estas pueden seguir una serie de funciones matemáticas, podemos variar su frecuencia, amplitud o tiempo que tarda en activarse la señal. Este equipo es interactivo, podemos estar modificando cualquier parámetro de la señal mientras estamos haciendo las pruebas, esto se logra con los diferentes menus con que cuenta el programa que controla el probador. Sin embargo para probar el Secuenciador, contenido en la memoria del CLP, sólo se envían señales de tipo lógico, se puede programar una secuencia de cambios de estado para muchas señales, se puede definir el tiempo que va a durar una señal en alto después de ser activada, para después de ese tiempo quedar en estado bajo (0 lógico) o viceversa, se puede cambiar el estado lógico de las señales de entrada al Secuenciador en forma aleatoria, etc.

La caja de leds o tablero de indicaciones, sólo contiene

indicadores luminosos (leds), que se conectan unívocamente a cada señal de salida del Secuenciador, a fin de conseguir una representación visual de su estado lógico y poder comparar con los algoritmos si, el estado presente de cada señal es el correcto.

En el apéndice D, se detallan más las características del equipo de prueba y la forma en que interactúa con el Secuenciador (CLP).

5.3.4 Descripción de pruebas funcionales.

- Escritorio.

Este tipo de pruebas se realiza durante el análisis del Secuenciador, al momento de obtener los diagramas lógicos del Secuenciador, son sujetos a una revisión cuidadosa, para ver que realicen la misma función lógica especificada en el diagrama de escalera original, en la cual se ocupan relevadores, solenoides, etc.

Una vez obtenidos los diagramas lógicos correctos, se procede a representarlos en el código de programación establecido (utilizando lenguaje X y Sistema operativo X); en este caso, los diagramas de flujo son seguidos manualmente para detectar errores de lógica, todo esto se efectúa sin haber escrito programa alguno.

Al momento de escribir y compilar los programas de control se detectan los errores de sintaxis del lenguaje, los cuales

son corregidos inmediatamente.

- Modulares.

La programación de los algoritmos de control está dividido en 12 programas, se prueba cada programa por separado. Se probará la lógica del programa, ya que los errores de sintaxis fueron detectados por el compilador. Las pruebas de escritorio son necesarias, para evitar al máximo el trabajo de grabar programas en el Secuenciador y tenerlos que borrar por estar mal programados. Pese a estas pruebas de escritorio, es muy posible tener errores de lógica en la programación de los algoritmos, para esto se efectúan pruebas más reales, en las cuales el equipo es sometido a trabajos muy parecidos al ambiente de planta.

Para poder aislar los programas tenemos que ver que señales entran a él, así como las salidas que tiene, con esta información podemos configurar tanto el probador como la caja de leds. Se tendrán que variar un poco los algoritmos, para que las señales internas tengan una representación en el probador, y así poder observar el resultado que tendría al poner los otros programas al mismo tiempo.

Las pruebas se realizan de la siguiente manera:

1.- Se analiza el programa en cuestión, se ve que señales son externas de entrada, cuales internas y por último las señales de salida.

2.- Las señales internas son redireccionadas, con el fin

de tratarlas como señales externas de salida.

3.- El algoritmo que resulte de este redireccionamiento es compilado y grabado en el Secuenciador.

4.- Se hace una tabla de entradas a este programa y resultados esperados del controlador.

5.- Con la información de entradas externas y la tabla de entradas, se configura el probador, con las salidas del Secuenciador se alambra hacia la caja de leds o tablero de pruebas.

6.- Se pone a funcionar el probador, el Secuenciador y la caja de leds.

Una vez hecho estos pasos se registra la entrada al Secuenciador y su salida. La entrada se determina en la configuración del probador dependiendo del tipo de prueba que se va a realizar; y la salida del Secuenciador se observa por el tablero de indicaciones. Si la salida del Secuenciador es la esperada, procedemos a la siguiente prueba a este algoritmo, si no, entonces aislamos la falla y la corregimos.

Es necesario realizar todas las pruebas al algoritmo, cuando este cumpla con la tabla de entrada contra salida, entonces se procede de manera similar para el siguiente algoritmo, así se procede hasta comprobar que estén funcionando bien programados.

Las tablas de entrada contra salida, son una guía que se prepara a partir de los diagramas lógicos de cada programa, y en ellas, se define el valor lógico de las señales de entrada, y con ellas se simula cualquier perturbación o falla durante la prueba misma. Estas tablas no serán listadas, solamente se explicará el objeto con el que se van a realizar las distintas tablas para la prueba de cada programa, y finalmente la prueba de conjunto o integral.

- Integrales.

Una vez que los algoritmos han sido probado de forma independiente y han cumplido con su lógica satisfactoriamente, se procede a regresar a la forma inicial, donde existe una fuerte interrelación entre los programas. Con este esquema, se procede a establecer una relación de estados de entrada y salida.

La relación de estados de salida a entrada es la función que debe cumplir el Secuenciador. Las pruebas se basan en definir los estados de las señales de entrada comparar contra las señales que envía el CLP al probador; observar en la caja de leds el estado de salida, con esto podemos verificar si el Secuenciador, en su conjunto, se comporta de acuerdo a lo esperado según la lógica del Secuenciador de la turbina de gas.

La simulación de los estados de entrada van desde la secuencia normal de arranque hasta las fallas más comunes en el Secuenciador. Tratándose de una secuencia normal de arranque, el Secuenciador debe correr todos sus algoritmos y quedarse

vigilando ciertas variables una vez que la turbina toma carga base. En el caso de una falla, el Secuenciador debe pasar a un estado conocido, que es condición segura y simplemente mostrar en un panel de alarmas (en nuestro caso leds) las señales en estado de alarma que se hayan activado.

En los diagramas de flujo de cada programa, se explicó que ocurría en caso de presentarse cierta falla, hay fallas que no necesariamente causan el disparo de turbina, ejemplo falla de válvulas de drenaje, o falla de flama; las cuales al presentarse solo activan una alarma y al momento de desaparecer la falla se apaga la alarma. Todas las vigilancias de falla, constituyen la lógica de protecciones de la turbina de gas.

Para la realización de las pruebas, cada programa debe responder a las condiciones de entrada, de acuerdo a lo explicado en su diagrama de flujo. A continuación se presentan las fallas o condiciones que se prueban por cada programa.

TIPO MODULAR

a) Pruebas para el programa "Arranq":

1.- Arranque normal desde el inicio hasta que se cierre el interruptor de excitación del generador.

Quando se ha alcanzado el estado de cierre del interruptor de excitación del generador, se pueden realizar las siguientes pruebas:

1.1 Cuando cierre el interruptor del generador se prueba el disparo del int. del generador y el disparo del interruptor de excitación.

1.2 Antes de dar la señal de int. del generador cerrado (B1071 = 0), cuando ya se haya cerrado el int. de excitación del generador, se verifica el cumplimiento del disparo del int. de excitación (manual).

2.- Falla en el primer intento de ignición, se espera que se inicie un nuevo intento de arranque al terminar la purga, después del cual se continua en forma normal el flujo del programa hasta el cierre del interruptor del generador.

3.- Falla en el primer y segundo intento de ignición, después del cual, se espera que se encienda en tablero la indicación luminosa representado activación de programa y la indicación de encendido de alarma por la ocurrencia de esta falla.

4.- Falla por aceleración lenta, igualmente se espera que se encienda en el tablero de pruebas, la indicación asociada a la alarma y a la activación del programa.

Estas son las únicas fallas que se contemplan en el programa. En las pruebas integrales, la falla 3) y 4), si ocasionan disparo de turbina de gas.

En las pruebas 1 y 2, solo se comprueba que se siga el flujo del programa, de acuerdo a lo especificado en su diagrama de flujo, a partir del cual se crearon unas tablas de entrada/salida o mapas de respuesta que sirven de guía para enviar señales de entrada al controlador en un cierto orden secuencial, siguiendo por etapas el proceso de arranque y verificar que las señales de salida (respuesta) del Secuenciador sea la correcta.

Pruebas para el programa "Tarind"

Se verifica:

1.- Actualización de señales de salida respecto al valor lógico presente de las señales de entrada a las que se encuentran asociadas, ya sea directamente (la señal de salida es igual al estado lógico de una señal de entrada) o de varias señales de entrada relacionadas entre si por medio de una función lógica.

2.- Ocasionar falla de drenaje de la turbina, ya sea porque no se abrieron dentro del tiempo permitido (5 seg.) después de se generó el comando de apertura, o bien por no

haberse cerrado en los 5 segundos, después de que se desactive el comando. Se espera que se active en tablero de prueba la indicación asociada a la alarma por la ocurrencia de esta falla y a su vez, se apague esta indicación en cuanto se sence que las válvulas estén en la posición correcta ya sea abiertas o cerradas, dependiendo de la causa de la falla.

Pruebas para el programa "Disext"

1.- Simular ocurrencia de paro, ya sea por computadora o desde el tablero (botón) en modo manual. Se espera que se encienda la indicación en tablero que representa activación de programa "Tracos".

2.- Simula ocurrencia de alguna de las condiciones de disparo contempladas en este algoritmo. Estas se listarón en la explicación del diagrama de flujo del programa. Se espera que al presentarse una de estas condiciones, se encienda en el tablero de pruebas la indicación asociada a la activación del programa "Tracos".

Pruebas para los programas de vigilancia de falla internas

Cada uno de estos programas, también se prueban de forma individual. Los programas: "Uno", "Undos", "Dos" y "Tres", se prueban simulando la ocurrencia de alguna de las fallas consideradas en el algoritmo del programa. Todas estas fallas deben encender alarma y mandar a activar el programa "Cero", lo cual dado que es una prueba modular solo se checa en tablero

que se enciendan las indicaciones en tablero asociadas a estas acciones. La única falla que no ocasiona activación de programa es falla de flama, la cual al ocurrir solo se vera que se enciende la alarma, misma que se apagará en el momento en que desaparezca la condición de esta falla.

Las fallas que se prueban en estos programas son:

- Falla del sistema de sobrevelocidad, considerada en: "Undos", "Dos", "Tres" y "Cuatro".

- Falla de combustible, considerada en: "Uno", "Undos", "Dos", "Tres" y "Cuatro".

- Falla del dispositivo de arranque, considerada en: "Undos" y "Dos"

- Falla de válvulas de extracción del compresor, considerada en: "Undos", "Dos", "Tres" y "Cuatro"

- Falla de flama considerada en: el programa "Tres y Cuatro"

En el programa "Cuatro", se vigila Falla de válvulas de drenaje, esta se explico antes en el diagrama de flujo de este programa, por lo que se hacen las siguientes pruebas a este programa:

- 1-. Probocar falla de válvulas de extracción, esperando que se encienda en tablero de pruebas la alarma respectiva y la indicación de activación de programa "Cero".

2.- No se presenta la falla de válvulas de extracción, pero si se presenta cualquiera de las fallas, que se vigilan en este programa (falla de sistema de sobrevelocidad, falla de combustible y falla de flama). Se espera que al ocurrir cualquiera de las fallas se encienda en el tablero de pruebas la indicación de activación de alarma y acción del programa "Cero"; esta última no se encenderá en caso de falla de flama, como antes se explico.

Pruebas para el programa "Cero"

Dependiendo del estado lógico de la señal de entrada (B1026, restablecimiento de disparos), se debe verificar que se encienda ya sea la indicación de activar programa "Conseq" o activación del programa "Seguri", dependiendo si esta en 0 ó 1 lógico, respectivamente. Siguiendo la explicación de su diagrama de flujo, donde se menciona en que caso se debe activar uno u otro programa.

Prueba para el programa "Conseq"

Se verifica que se cumpla la definición del estado lógico de las señales de salida; dependiendo si ocurrió paro o disparo de turbina de gas.

Después de checar que el estado de las señales de salida corresponden al indicado por el algoritmo, se prosigue con verificar que hasta que desaparezca la causa o condición de paro o disparo, no sea encendida en tablero la indicación que representa activación de programa "Cero".

Se puede en esta última etapa, dar condición de paro, ya sea manual o automático, o cualquier otra condición de disparo de la turbina como: Falla del sistema de sobrevelocidad, Presión de aceite de lubricación anormal, botón de disparo de turbina en campo o tablero activado, fallas fuera del Secuenciador, etc.

Pruebas para el programa "Seguri"

Este programa se prueba de igual manera que el programa "Conseg", en este algoritmo se debe cumplir que cuando ya no existe la condición de disparo o paro de turbina, se apaga alarma y bomba de baja presión de aceite de lubricación. Para esto previamente al iniciar el programa se introducen instrucciones para encender las salidas correspondientes a alarmas y equipo que por alguna falla se envío a encender, con el fin de checar que se apaguen durante la prueba.

Cuando la señal de restablecimiento esté en estado activo, se continua con apagado de alarmas que se asocian a fallas durante el proceso de arranque, ejemplo: Falla por segundo intento de ignición, falla por sobrevelocidad, falla de válvulas de extracción del compresor, falla del dispositivo de arranque, etc.

La alarma de falla de combustible se apaga hasta que las señales de alta presión de aceite (S1101 y S1102) estén en 0 lógico, indicando normalidad en la línea de suministro de combustible.

Por último se apaga alarma de disparo de turbina de gas e indicación de disparo, encendiéndose la indicación de restablecimiento de disparos para campo y para la computadora, según se indica en el propio diagrama de flujo; después de esto se enciende indicación en tablero asociada a activar programa "Arranq".

Con esto se termina la descripción de las pruebas funcionales de cada programa por individual. De esta forma se asegura que este bien programado el algoritmo, siguiéndose los mapas de respuesta que se desarrollan para cada una de estas pruebas.

A continuación se explican las pruebas que se aplican al conjunto de programas de aplicación, ya operando de acuerdo a la estructura de programación. Para esta prueba se respetan las instrucciones de activar programa (Psec y Pcomb), esta acción será transparente para el usuario del probador. Igualmente para el programa Seguri, se eliminan las instrucciones de enciende las alarmas y equipos a causa de fallas, que habían sido agregadas durante la prueba modular del mismo. Ya habiendo regresado cada programa a sus forma original, respetando la estructura de programación, se prosigue con grabar en memoria esta estructura, la cual ocupa un espacio en memoria de 7.65 Kbytes.

TIPO INTEGRAL

Pruebas para el programa de aplicación:

Este programa de aplicación, está constituido por todo el conjunto de programas que integran la estructura de programación. Esta es la prueba total del sistema de aplicación desarrollado. En esta prueba debemos tomar en cuenta que se está manejando tanto concurrencia de tareas, como tiempo real. Mientras se sigue la secuencia de arranque, se tiene en cuenta que se están vigilando fallas desde el programa "Disext" y se actualizan señales de salida y se vigila falla de válvulas de drenaje de la turbina, desde el programa "Tarind". Estos programas deben responder de la misma forma que lo hicieron en la prueba modular. Dado que existe una relación entre el estado de una o varias señales de entrada con la activación de uno de los programas de vigilancia de falla de tipo interno, se conoce cual de éstos está siendo ejecutado; de esta forma poder durante el arranque simular una de las condiciones en el previsto para forzar que ocurra disparo de turbina y se envíe a condición segura.

Las pruebas son:

Verificar que al iniciar el arranque mientras no haya ocurrido paro o disparo de turbina, se estén ejecutando 4 programas.

Para verificar que están en ejecución los programas, según lo dispuesto en la estructura de programación, se hace lo siguiente:

Al iniciar el arranque debemos verificar que este en actividad el programa: "Arranq", "Tarind", "Disext" y "Uno". Al probar que este en ejecución el programa " Tarind", se debe verificar que éste actualice señales de salida en forma analoga a la prueba modular del mismo. Al verificar la ejecución del programa "Disext", se ocasiona alguna de las fallas o condiciones de disparo, al presentarse esta condición se debe enviar a condición segura a la turbina; al alcanzar la condición segura se verifica la activación de "Conseg", a través de la intervención del programa "Tracos" y "Cero".

Al iniciar nuevamente el arranque, se prueba la existencia del programa "Uno", ocasionado la falla que en él se vigila. Para lo cual, se debe observar en el tablero que se active la alarma de esta través de este programa se envia a activar el programa "Cero" y éste a su vez activa otro programa que envia a condición segura a la turbina, ya sea "Conseg" o "Seguri".

El programa "Arranq" al seguir la secuencia evolutiva del proceso de arranque, se sabrá que entra el programa de vigilancia "Undos" en activación, en el momento en que se envíe señal de encendido del dispositivo de arranque. Igualmente se checa su presencia, por la ocurrencia de una de las fallas que en éste se vigilan; después de la cual, se debe encender en el tablero de pruebas la indicación de encendido de alarma. Y por último se envia a condición segura a la turbina.

El programa "Dos" entra en activación cuando se reúnen estas tres condiciones:

1.- Selector de operación en RUN (S1036 = 1)

2.- Presión de la cámara de combustión en su nivel de ignición (S1031 = 1 y S1032 = 0)

3.- Modo de ignición este en manual o automático (S1041 = 1 o S1042 = 1)

El programa "Tres", se activa cuando la velocidad de la turbina es mayor al 64%, lo cual se hace cuando la señal de entrada S1024 este en 0 lógico.

El programa "Cuatro" entra en activación cuando la velocidad de la turbina es mayor al 96% (S10662 = 1).

Ya sabiendo que programas están en activación se procede a probar que estos respondan de la misma forma que lo debieron hacer durante las pruebas modulares, la única diferencia es, que en esta prueba al ocurrir una condición de paro o disparo se envía a condición segura y se supervisa que al dar restablecimiento de disparos se apaguen las alarmas que se hubieran encendido y se reinicialize el arranque de turbina.

Igualmente se inician las pruebas simulando un arranque ideal, en el que después de cerrar el interruptor del generador, se provoca disparo desde tablero para verificar que se envíe a condición segura, es decir que entre el programa "Conseg"; luego se activa señal de restablecimiento de disparos, para checar que se apaguen las alarmas que fueron activadas y se inicie un nuevo arranque de turbina.

En esta última prueba se supervisa más que nada que se lleve a cabo la activación y desactivación de programas, según el diseño de la estructura de programación, ya que durante las pruebas modulares, se checa que el flujo de los programas siga el orden que se especificó en su diagrama.

Durante las pruebas integrales es muy importante que cada vez que se ocasione paro o disparo de turbina, sea enviada a condición segura, y al dar el restablecimiento de disparos hasta que ya no exista la condición de falla, pueda iniciarse un nuevo arranque y apagarse las alarmas que se hubieran activado.

En las pruebas integrales, todas las señales de salida del Secuenciador se conectan al tablero de indicaciones, y las señales de entrada provenientes del equipo de pruebas se conectan a las tarjetas de entradas digitales del controlador SISTEMA X. Ya no se tiene indicación de activación de programa, ya que esta se va a realizar internamente durante la ejecución del sistema.

- Pruebas en la Planta Termoelectrica.

Estas pruebas no han sido especificadas dado que se tiene que hablar directamente con la gente de planta, ya que estas pruebas son de tipo funcional para su aplicación.

Como se procedería en este caso, sería entablar un diálogo con la gente de planta, discutir que tipo de pruebas quieren ellos que se realicen y guiarlos como deben conectar el

equipo si quieren hacer algunas pruebas fuera de línea, y en las pruebas en línea. Ellos deben ayudar básicamente para la elaboración de las pruebas, debido a que ellos conocen como están cableadas las señales y los tiempos en que se pueden hacer estas pruebas. Después de las pruebas en planta, existe la posibilidad de que el equipo falle más adelante, por condiciones no previstas o por falla de los componentes electrónicos, en este caso la planta cuenta con apoyo técnico y servicio por parte del Instituto de Investigaciones Eléctricas.

Conclusiones.

En nuestro país se está iniciando la etapa de reconversión industrial, por lo cual es una enorme contribución el contar con equipos que se hayan elaborado con tecnología propia, como cabe mencionar el CLP de la línea SAC, que resulta ser un equipo más accesible para muchos industriales que buscan mejorar sus sistemas de producción haciendo a la vez más segura y confiable la operación de sus procesos industriales. Se pretende en esta etapa ir poco a poco sustituyendo importaciones, incrementar la confianza en equipos desarrollados en nuestro país, lo cual es un considerable reto para los ingenieros y técnicos mexicanos.

El control lógico secuencial responde a los requisitos impuestos por CFE, ya que es un equipo moderno de control que consume menos energía además de ser más confiable comparado contra los equipos tradicionalmente usados. El mantenimiento dado a este tipo de control es mínimo, y en caso de ser necesario se cuenta con la infraestructura necesaria para satisfacer cualquier problema que se presente. El desarrollo de este tipo de equipos contribuye a la creación de infraestructura, ahorro de divisas, sustitución de importaciones en el área de automatización y control; finalmente beneficiar a nuestro país.

El Control lógico programable de la línea SAC se puede aplicar a cualquier tipo de proceso industrial donde se manejen

señales de tipo lógico. Para realizar los programas de aplicación del Secuenciador de turbina de gas, se tomo en cuenta las características del Sistema operativo X y del Lenguaje X, para después acoplarlo a los requerimientos de control del Secuenciador.

Durante la elaboración de programas del aplicación del CLP del Secuenciador, se observo que el Sistema operativo X y el Lenguaje X utilizado presentaron ciertas limitantes que dificultaron el desarrollo de la estrategia de programación, dichas limitantes podrán ser solucionadas posteriormente. Por tanto es factible perfeccionar más este equipo y lograr que pueda ser una gran ayuda en procesos industriales tan complejos como se requiera, y de esta manera demostrar que es competitivo en el mercado internacional además de la ventaja de ser más accesible en cuanto a costo de adquisición y mantenimiento.

Tanto el Lenguaje X como el Sistema operativo X marcan la estrategia a seguir por el programador, en la ejecución de las tareas de control. Es por esto que la experiencia adquirida se sirve como punto de apoyo para optimizar estas herramientas.

Particularmente en las plantas de generación de energía eléctrica los costos de generación, transmisión y distribución son muy costosos. Por eso es indispensable contar en éstas con sistemas de control adecuados para garantizar un óptimo desempeño de la planta, continuidad en el servicio, brindar mayor seguridad al personal y salvaguardar la vida del equipo.

El control permite automatizar la industria, con lo cual esta se vuelve más productiva sus costos de producción se reducen, se aumenta la calidad logrando principalmente el beneficio social y económico del país.

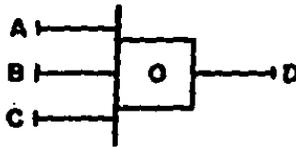
APENDICE A

DESCRIPCION DE LA SIMBOLOGIA UTILIZADA EN LOS DIAGRAMAS LOGICOS

A continuación se presenta una lista de cada uno de los símbolos que se utilizan en los diagramas lógicos de control presentados en el capítulo 4; los símbolos son tomados de la norma ISA-S5.2. Esta simbología fue usada para representar las características funcionales del secuenciador.

FUNCION SIMBOLO BASICO

OR



Definición:

La señal de salida D será verdadera cuando al menos una o más de las señales de entrada A, B, o C sean verdaderas.

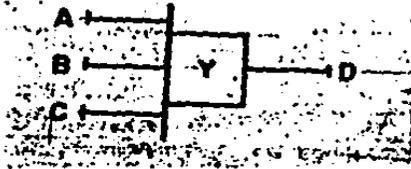
Lo anterior se puede expresar en una ecuación:

$$D = A \text{ ó } B \text{ ó } C$$

FUNCION

SIMBOLO BASICO

Y



Descripción:

La señal de salida será verdadera solo cuando todas y cada una de las señales de entrada sean verdaderas.

Se lee: $D = A \text{ y } B \text{ y } C$

donde: D es la señal de salida y A, B, C son señales de entrada.

FUNCION

SIMBOLO BASICO

NO



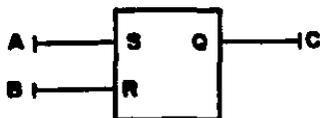
Descripción:

Este símbolo nos indica inversión de estado. La señal de salida es verdadera únicamente cuando la señal de entrada A es falsa y viceversa.

FUNCIÓN

SÍMBOLO BÁSICO

MEMORIA

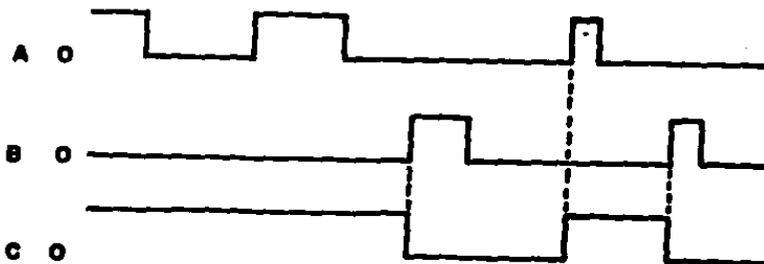


Descripción:

El Flip-Flop es una simple memoria de estados lógicos Set-Reset (S-R). El set sirve para ajustar la memoria a un valor 1 lógico y el reset sirve para restablecer la memoria regresandola a su estado inicial 0 lógico.

Cuando el Reset está desactivado, su valor lógico es falso y el flip-flop esta habilitado para memorizar; esto significa, que si la señal A es verdadera entonces su estado se memoriza y la señal de salida C se activa, aunque la señal A cambie de estado subsecuentemente, y sólo cuando se active el Reset la señal de salida se desactivará regresando a su estado lógico inicial 0.

El siguiente diagrama de tiempo ejemplifica el funcionamiento del Flip-Flop S-R:



FUNCION

SIMBOLO BASICO

Elemento
Tiempo

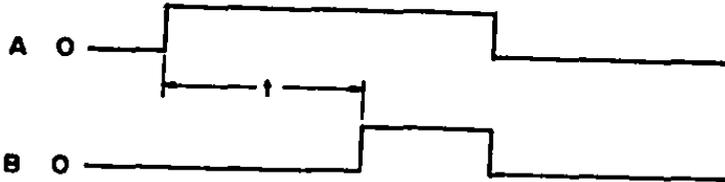
Retrazo en la inicialización
de la salida.



Descripción:

Si la entrada A es verdadera (1 lógico) por un lapso de determinado tiempo t, entonces la salida lógica B será verdadera. Si aún después de este tiempo la señal A sigue siendo verdadera continuará la señal de salida en 1 lógico. En el momento en que la señal A es falsa automáticamente la señal B es falsa.

El siguiente diagrama de tiempo nos ejemplifica el funcionamiento:



| | |
|----------|---|
| FUNCION | SIMBOLO BASICO |
| Elemento | Salida durante un periodo de tiempo a pulso |

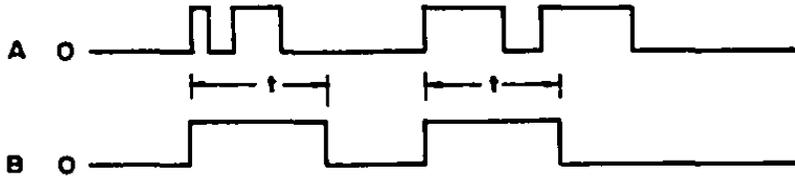


Descripción:

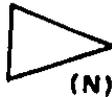
Si la entrada A es verdadera no importando su estado lógico subsecuente, entonces la señal de salida B se hace verdadera inmediatamente, manteniéndose en este estado durante

cierto tiempo t , después de éste se desactiva tomando un valor 0 lógico.

El siguiente diagrama de tiempo muestra la operación de este bloque.



SÍMBOLO



Definición:

Este símbolo en cuyo interior esta contenida una señal, indica que ésta se genera o procede de otro (s) diagrama (s). El número en la parte exterior del símbolo (N) nos indica el número de diagrama de enlace con esa señal.

FUNCIÓN SIMBOLO BASICO

Entrada



Definición:

Este simbolo se utiliza para representar la entrada fisica de una señal a la lógica de operación del secuenciador.

FUNCIÓN SIMBOLO

Salida



Definición:

Este simbolo representa una señal de salida de una operación lógica.

FUNCIÓN SIMBOLO

Indicación



Definición: Representa una lámpara en tablero.

LISTADO DE SEÑALES INVOLUCRADAS EN LOS DIAGRAMAS
LOGICOS (DE ENTRADA, SALIDA E INTERNAS)

Forma de clasificar las variables del secuenciador

Todas las señales de planta que toma y calcula el secuenciador, residirán en el sistema en forma de una base de datos, la cual tiene las características que a continuación se mencionan.

La base de datos esta dividida en campos, los cuales contienen la información referente a cada una de las variables que intervienen en el control de la turbina de gas. Estos campos son los siguientes:

CLAVE.- Formada por seis dígitos, ejemplo:

1 S 1 0 6 2

| <u>No. de dígito</u> | <u>descripcion</u> |
|----------------------|---|
| Primero/Tercero | Puede tomar valor 1 ó 2 indicando el número de turbina en operación. |
| Segundo | Siempre es "S" indica señal del secuenciador. |
| Restantes | Definen la naturaleza de las señales y son declaradas por conveniencia del diseñador. |

DESCRIPCION CASTELLANO.- Es el nombre que se asigna a la

señal de acuerdo a los diagramas y especificaciones de planta.

SISTEMA.- Grupo al cual pertenece la señal dentro de la distribución de la planta; para el secuenciador se consideran los siguientes sistemas:

- 1 y 2 .-Turbo compresor
- 7 y 8 .-Generador eléctrico
- 15.1 y 15.2 .-supervisión de los tableros de control

SUBSISTEMA.- Grupo particular al que pertenece la señal dentro del sistema; y estos son:

- Sistema 1 y 2.-
 - 1.- Paquete de arranque
 - 2.- Compresor
 - 3.- Turbina
 - 4.- Cámara de combustión
 - 5.- Protecciones
 - 6.- Control
 - 7.- Combustible
 - 8.- Lubricación
- Sistema 7 y 8 .-
 - 1.- Aceite de sellos
 - 2.- Supervisión y control del generador
 - 3.- Protecciones
 - 4.- Supervisión del excitador
- Sistema 15.1 y 15.2.-
 - 1.- Turbina de gas y recuperador num.1

- 2.- Turbina de gas y recuperador num.2
- 3.- Turbina de vapor
- 4.- Control coordinado
- 5.- Alarmas
- 6.- Auxiliares y subestación

CONECTOR.- Existen 28 diferentes conectores asignados al secuenciador representados con la inicial "J" y el número correspondiente.

PIN.- Puntos físicos de cada conector en el cual residen las señales de entrada y salida del secuenciador.

El pin 1 corresponde al (+) y el pin 2 al (-) de cada señal.

RELEVADOR.- Elemento de control que sirve de interfaz entre el CLP y campo, de escalera al sistema actual.

DESTINO.- Gabinete de procedencia u origen de la señal.

CABLE.- Esta formado por tres dígitos que identifican el alambrado en campo.

E/S.- Este campo esta formado por una letra que puede ser:

- E - Entrada
- S - Salida
- I - Interna

RANGO.- Característica eléctrica de la señal la cual se designa de la siguiente manera:

| Asignación | Característica |
|------------|-------------------|
| 20 | 48 VCD de entrada |
| 21 | 26 VCD |
| 22 | 125 VCD |
| 23 | 125 VCA |
| 24 | 48 VCD de salida |

PLAND.- Ubicación de la señal dentro de los diagramas lógicos del secuenciador.

DIR_HAR.- Dirección de "Hardware" que le corresponde a cada señal, dentro de la canasta SAC. Esta asignación se toma de la siguiente manera: los dos primeros dígitos definen el número de canasta que le corresponde. El tercer dígito se le asignó a la ranura que le corresponde a la tarjeta donde se localizará la señal y esta será desde 3 hasta F. Por último el cuarto dígito va desde 0 a F y es el canal de la tarjeta por donde entra la señal de campo al equipo SAC.

SEÑALES DEL SECUENCIADOR (DEFINIDAS POR IDENTIFICADOR)

| IDENTIFICADOR | DESCRIPCION (CASTELLANO) | SIST | SUBS | FEL | CABLE | DIR_IWA | |
|---------------|--------------------------------|------|------|-----|-------|---------|--|
| 1S1062 | VELOCIDAD MAYOR 96% | 01 | 03 | 55 | 0251 | 1968 | |
| 1S1063 | CERRAR VALV EXTRACCION COMPRES | 01 | 06 | 40 | 0306 | 1966 | |
| 1S1064 | CIERRE DEL INT EXCITACION | 07 | 02 | 08 | 0344 | 1955 | |
| 1S1065 | INT DE SINCRONIA MANUAL | 07 | 02 | 08 | 0309 | 1952 | |
| 1S1066 | INT DE SINCRONIA EN AUTO | 07 | 02 | 08 | 0309 | 1951 | |
| 1S1067 | VELOCIDAD MAYOR 96% | 01 | 06 | 09 | 0251 | 1939 | |
| 1S1068 | BOTON DISPARO INT EXCITA EN TA | 07 | 03 | 06 | 0314 | 1964 | |
| 1S1069 | CERRAR INT. EXCITACION | 07 | 02 | 08 | 0314 | 1965 | |
| 1S1070 | DISPARO INT. DE EXCITACION | 07 | 03 | 08 | 0314 | 1966 | |
| 1S1071 | INT DEL GENERADOR ABIERTO 52-a | 07 | 02 | 08 | 0319 | 1963 | |
| 1S1072 | DISP DEL INT DEL GENERADOR | 07 | 03 | 04 | 0354 | 1966 | |
| 1S1074 | INTERRUPTOR DEL GEN CERRADO | 07 | 02 | 08 | 0299 | 1973 | |
| 1S1076 | BOTON DISPARO TURBINA EN CAMPO | 01 | 05 | 10 | 0305 | 1944 | |
| 1S1077 | DISPOSITIVO DE ARRANQUE DENTRO | 01 | 01 | 47 | 0322 | 1995 | |
| 1S1078 | DISPOSITIVO DE ARRANQUE FUERA | 01 | 01 | 47 | 0322 | 1956 | |
| 1S1079 | FLAMA PRESENTE | 01 | 04 | 34 | 0313 | 1994 | |
| 1S1080 | BOTON DISPARO TURBINA EN TAS | 01 | 06 | 10 | 0309 | 194F | |
| 1S1081 | TURBINA LISTA PARA ARRANCAR | 01 | 06 | 03 | 0313 | 1960 | |
| 1S1082 | SECUENCIA ACTIVADA | 01 | 06 | 04 | 0313 | 1961 | |
| 1S1083 | VELOCIDAD MENOR 2600 RPM | 01 | 03 | 40 | | 1967 | |
| 1S1084 | INTERRUPTOR GENERADOR CERRADO | 07 | 02 | 08 | 0313 | 1982 | |
| 1S1085 | VELOCIDAD MAYOR 1800 RPM | 01 | 03 | 40 | | 197E | |
| 1S1088 | ALARMA DISPARO DE TURBINA 64S | 01 | 05 | 10 | 0312 | 1970 | |
| 1S1089 | AUXILIARES EN AUTO | 01 | 06 | 01 | 0313 | 197F | |
| 1S1090 | DISPAROS RESTABLECIDOS | 01 | 05 | 10 | 0313 | 1983 | |
| 1S1091 | DISPAROS RESTABLECIDOS | 01 | 05 | 10 | 0233 | 1974 | |

SEÑALES DEL SECUENCIADOR ORDENADOS POR IDENTIFICADOR

| IDENTIFICADOR | DESCRIPCION CASTELLANO | SIST | SUBS | REL | CABLE | DIR_HAR |
|---------------|--------------------------------|------|------|-----|-------|---------|
| 1S1092 | ALARMA POR ACELERACION LENTA | 01 | 03 | | | 197E |
| 1S1093 | DISPARO DE COMBUSTIBLE TOTAL | 01 | 05 | 14 | 0301 | 1953 |
| 1S1094 | TEMPERATURA DE EMPALETADO ALTA | 01 | 05 | 14 | 0297 | 1930 |
| 1S1095 | VELOCIDAD MAYOR AL 111% | 01 | 05 | 14 | 0251 | 1937 |
| 1S1096 | PROTECCION CONTRA FUEGO | 01 | 05 | 14 | | 1969 |
| 1S1097 | FALLA DEL SISTEMA DE HIDROGENO | 07 | 03 | 14 | 0355 | 1966 |
| 1S1098 | DISPARO DE GENERADOR | 07 | 03 | 14 | 0324 | 1965 |
| 1S1099 | DISPARO DESDE EL ANALOGO DE TG | 01 | 05 | 14 | 0251 | 193C |
| 1S1101 | ALTA PRES COMB (63-9 GH-164) | 01 | 07 | 12 | 0305 | 1946 |
| 1S1102 | BAJA PRES COMB (63-9 GL-164) | 01 | 07 | 12 | 0305 | 194A |
| 1S1103 | ALARMA DE FALLA DE COMBUSTIBLE | 01 | 05 | 12 | 0312 | 1978 |
| 1S1104 | VELOCIDAD MAYOR 98% | 01 | 03 | 44 | 0251 | 1933 |
| 1S1105 | VALVULAS DE EXTRACCION ABIERTA | 01 | 06 | 40 | 0313 | 195F |
| 1S1106 | ALARMA FALLA VALV EXT. COMP | 01 | 05 | 40 | 0312 | 197A |
| 1S1108 | SISTEMA DE SOBREVOL NORMAL | 01 | 05 | 13 | 0305 | 1947 |
| 1S1109 | ALARMA POR SOBREVOLCION | 01 | 05 | 13 | 0312 | 197B |
| 1S1110 | ALAVES GUIA ABIERTOS | 01 | 02 | 02 | 0347 | 195D |
| 1S1256 | ARRANQUE A TRAVES DE LA COMP. | 01 | 06 | 04 | 0250 | 1941 |
| 1S1260 | PARO A TAVES DE LA COMP. | 01 | 06 | 04 | 0250 | 1942 |
| 1S1701 | AUXILIARES EN AUTO | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1702 | TURBINA LISTA PARA ARRANCAR | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1703 | SECUENCIA ACTIVADA | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1704 | DISPARO DISPOSITIVO ARRANQUE | 01 | 05 | | | 19 |
| 1S1705 | PRESION DE CAM DE COMB EN IGH. | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1706 | ENCENDIDO DE TURBINA | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1707 | FLAMA PRESENTE | 01 | 06 | | | 19 |

SEÑALES DEL SECUENCIADOR ORDENADOS POR IDENTIFICADOR

| IDENTIFICADOR | DESCRIPCION CASTELLANO | SIST | SUBS | REL | CABLE | DIR_HAR |
|---------------|--------------------------------|------|------|-----|-------|---------|
| 1S1708 | FALLA DE SEGUNDO INTENTO | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1709 | PURGA PRESENTE | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1710 | CERRAR VALVULAS EXTRA COMPR | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1711 | DISPARO DEL SECUENCIADOR | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1712 | DISPARO POR ACELERACION LENTA | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1713 | DISPAROS FUERA DEL SECUENCIADO | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1714 | DISP. FALLA DE COMBUSTIBLE | 01 | 05 | | | 19 |
| 1S1715 | DISPARO FALLA VALV. EXT. COMP. | 01 | 05 | | | 19 |
| 1S1716 | DISPARO POR SOBREVOLOCIDAD | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1717 | TURBINA EN COMBUSTION | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1718 | INICIO DE IGNICION | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1719 | IGNICION EN PROCESO | 01 | 06 | | | 19 |
| 1S1720 | INT DEL GENERADOR CERRAHO | 07 | 01 | | | 19 |
| 2S2001 | SELECTORES CCM DE CA EN AUTO | 02 | 06 | 01 | 0348 | 215E |
| 2S2002 | SELECTORES CCM DE CD EN AUTO | 02 | 06 | 01 | 0345 | 2156 |
| 2S2003 | SELECT BASTE. DE INT PRES AUTO | 02 | 06 | 02 | 0355 | 2143 |
| 2S2005 | INT DE EXCITACION ABIERTO | 08 | 02 | 03 | 0344 | 2154 |
| 2S2006 | SELECTOR DISP DE ARRANQUE AUTO | 02 | 01 | 03 | 0346 | 2158 |
| 2S2007 | SCC ABAJO SU VALOR DE IGNICION | 02 | 04 | 03 | 0278 | 214F |
| 2S2008 | TURBINA EN TORNA-FLECHA | 02 | 06 | 03 | 0345 | 2157 |
| 2S2009 | PRESION ACEITE DE LUBRI NORMAL | 02 | 08 | 06 | 0355 | 2145 |
| 2S2011 | PERMISIVO DISP. DE ARRANQUE | 02 | 08 | 06 | 0346 | 2148 |
| 2S2012 | ARRANQUE BOMB RESP LUBRICACION | 02 | 07 | 06 | 0345 | 2147 |
| 2S2013 | BAJA PRES. ACEITE LUBRICACION | 02 | 05 | 06 | 0342 | 2175 |
| 2S2014 | CONTROL DE COMBUST. EN AUTO | 02 | 06 | 07 | 0277 | 2138 |
| 2S2015 | BOTON DE ARRANQUE EN TABLERO | 02 | 06 | 04 | 0339 | 2140 |

APENDICE "B"

**LISTADO DE PROGRAMAS DE
APLICACION PARA EL CLP.**

CG
SEC

```

;
; .....
; * .....
; * INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS *
; * .....
; *
; * DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
; *
; * .....
;

```

```

; NOMBRE DEL PROGRAMA: AUTO
; TIPO: SECUENCIAL
; PRIORIDAD: 255
;

```

```

; REALIZO : LORENA LIBETTE DE LA TORRE FLORES
; REVISO:
; AUTORIZO:
; FECHA ULTIMA DE REVISION: 17 DE MAYO DE 1988.
;

```

```

; TAREA: ESTE PROGRAMA ES EL PRIMERO QUE EJECUTA EL SISTEMA OPERATIVO X Y
; SIRVE PARA ACTIVAR EL PROGRAMA QUE SE ENCARGA DEL ARRANQUE
;

```

```

; PSEC = ARRANQ
; PSEC = TARIND
;
END

```


BW3 = BW3 + EA1075 + EE1096 + EE1097
BW5 = BW4 + EE1090 + EA1099 + EE1099
BW6 = EE1076 + EB1080 + BW5

;
IF BW6 = #0 THEN DFUSE
DISP: PSEC = TRAC09 ; AL OCURRIR ALGUN DISPARO SE ACTIVA EL PROGRAM
;
END ; QUE MANDA A CONDICION SEGURA A LA PLANTA

```

CG
SEC
;*****
;          INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS
;
;          DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
;*****
; NOMBRE DEL PROGRAMA: TARIND
; TIPO: SECUENCIAL
; PRIORIDAD : 4
;
; REALIZO: LORENA LIBETTE DE LA TORRE FLORES
; FECHA DE ULTIMA REVISION: 24 DE AGOSTO DE 1988
;
; DEFINICION DE ENTRADAS:
;
DEF EE1001 = 000, EE1002 = 001, EE1003 = 002, EE1009 = 007, EE1023 = 016
DEF EE1042 = 025, EE1057 = 030, EE1058 = 031, EE1059 = 032, EE1071 = 037
DEF EB1026 = 017, EA1047 = 024, EA1048 = 025, EA1049 = 026, EA1050 = 027
;
; DEFINICION DE SALIDAS:
;
DEF SL1004 = 256, SB1011 = 258, SB1012 = 259, SA1013 = 260, SL1077 = 265
DEF SL1043 = 274, ST1044 = 275, ST1045 = 276, SG1060 = 282, SA1061 = 283
DEF SL1073 = 288, SCA074 = 289, SCD077 = 290, SCD078 = 291, SCD084 = 295
DEF SCD089 = 299, SL1051 = 278, SCD079 = 292
;
; *****          I N I C I O          *****
LEP:  BA1061 = #0
      BI1701 = #0
      BAN10 = #0
      BAN20 = #0
      BAN30 = #0
;
LEE:  ST1701 = EE1001 + EE1002 + EE1003
      SL1004 = BI1701
      SCD089 = BI1701
      SB1011 = EE1009
      SB1012 = EE1009
      SA1013 = EE1009
      SCD077 = EE1025
      SCD078 = EE1025
      SL1027 = EE1025
      ST1044 = EE1042
      ST1045 = EE1042
      SL1043 = EE1042
      SB1060 = EE1057
      SL1073 = EE1071
      SCA074 = EE1071
      SCD084 = EE1071
      FLAP = EA1047 + EA1048
      FPFE = EA1049 + EA1050
      PRESE = FLAP + FPFE
      SL1051 = PRESE

```

```

SC0079 = PRESE
;
IF BAN20 = #1 THEN C4A
IF FO = #1 THEN LEM
  CIA = EE1057 + EE1059
  IF CIA = #0 THEN DEA
    FI = #1
TII: IF BAN10 = #1 THEN TTD
      TEMPO = 00:05.00
      START TEMPO
      BAN10 = #1
TTD: IF TEMPO = 00:00.0 THEN BAT
      GOTO LEE
DEA: BAN10 = #0
     FI = #0
     STOP TEMPO
     TEMPO = 00:00.0
LEM: IF FI = #1 THEN TII
     CIA = EE1057 + EE1059
     IF CIA = #0 THEN TAS
       FO = #1
       GOTO TII
TAB: BAN10 = #0
     FO = #0
     STOP TEMPO
     TEMPO = 00:00.0
     GOTO LEE
; ACTIVAR ALARMA DE FALLA DE VALVULAS DE DRENAJE DE LA TURBINA DE GAS
BAT: SA1061 = #1
     BAN20 = #1
     GOTO LEE
;
; APAGAR ALARMA DE FALLA DE VALVULAS DE DRENAJE POR POSICION ERRONEA
C4A: IF FI = #0 THEN PAP
     IF EE1059 = #0 THEN LEE
     GOTO LEP
PAP: IF FO = #0 THEN LEE
     IF EE1058 = #0 THEN LEE
     GOTO LEP
END

```

CO
SEC

| INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS
| DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL

| NOMBRE DEL PROGRAMA: ARRANQ
| TIPO: SECUENCIAL
| PRIORIDAD : 5
| REALIZO: LORENA LIBETTE DE LA TORRE FLORES.
| REVISO:
| FECHA ULTIMA REVISION: 2 DE AGOSTO DE 1988.
| TAREA: COORDINAR EL ARRANQUE DE LA TURBINA DE GAS DE LA PLANTA
| TERMOCENTRICA DE DOS BOCAS VERACRUZ.
| EN ESTE PROGRAMA SE CONTEMPLAN DOS TIPOS DE DISPAROS ;
| * POR FALLA DEL SEGUNDO INTENTO DE IGNICION
| * POR ACELERACION LENTA

I N I C I O

DECLARACION DE ENTRADAS:

DEF EE1001 = 000, EE1002 = 001, EE1003 = 002, EE1005 = 003, EE1006 = 004
DEF EA1007 = 005, EE1008 = 006, EE1009 = 007, EA1014 = 008, EB1015 = 009
DEF EE1016 = 010, EA1017 = 011, EA1018 = 012, EB1017 = 013, EB1020 = 014
DEF EA1024 = 015, EE1025 = 016, EB1024 = 017, EE1027 = 018, EE1031 = 019
DEF EE1032 = 020, EB1034 = 021, EE1041 = 022, EE1042 = 023, EA1047 = 024
DEF EA1048 = 025, EA1049 = 026, EA1050 = 027, EA1054 = 028, EB1056 = 029
DEF EE1057 = 030, EE1058 = 031, EE1059 = 032, EA1062 = 033, EB1064 = 034
DEF EB1065 = 035, EB1066 = 036, EA1067 = 037, EB1068 = 038, EB1071 = 039
DEF EE1076 = 040, EB1080 = 041, EB1083 = 042, EE1085 = 043, EB1093 = 044
DEF EA1094 = 045, EA1095 = 046, EE1096 = 047, EB1097 = 048, EE1098 = 049
DEF EA1099 = 050, EE1100 = 051, EE1101 = 052, EE1102 = 053, EA1104 = 054
DEF EA1105 = 055, EE1108 = 056, EE1256 = 057, EC1260 = 058, EE1110 = 059

DECLARACION DE SALIDAS:

DEF SL1004 = 254, SL1010 = 257, SB1011 = 258, SB1012 = 259, SA1013 = 260
DEF SCA021 = 261, SL1022 = 262, SL1023 = 263, SB1028 = 264, SL1029 = 265
DEF SA1030 = 266, SB1033 = 267, SB1034 = 268, SCA035 = 269, SB1037 = 270
DEF SB1038 = 271, SCA037 = 272, SL1040 = 273, SL1043 = 274, ST1044 = 275
DEF ST1045 = 276, SCA046 = 277, SL1051 = 278, SCA052 = 279, SA1053 = 280
DEF SA1055 = 281, SB1060 = 282, SA1061 = 283, SB1063 = 284, SB1067 = 285
DEF SB1070 = 286, SB1072 = 287, SL1073 = 288, SCA074 = 289, SCD077 = 290
DEF SCD078 = 291, SCD079 = 292, SCD081 = 293, SCD082 = 294, SCD084 = 295
DEF SL1086 = 296, SL1087 = 297, SA1088 = 298, SCD089 = 299, SCD090 = 300
DEF SCA091 = 301, SA1092 = 302, SA1103 = 303, SA1104 = 304, SA1109 = 305

IBEC = UNO
PCOMR = DIGEXT
F1 = 00
P2 = 00
D1 = 00

```

BN = #0
BANFOR = #0
BI1705 = #0
BI1701 = #0
BI1703 = #0
BI1704 = #0
BI1702 = #0
VAR03 = #0
VAR02 = #0
VAR01 = #0
BT = #0
BACELN = #0
;
A1A: BI1701 = EE1001 + EE1002 + EE1003
      IF BI1701 = #0 THEN A1A
;
; LISTO PARA ARRANQUE
A2A: VAR01 = EE1005 + EE1006 + EA1007 + EE1008
      VAR02 = VAR01 + EE1009 + EA1105 + EE1110
      VARA1 = VAR02 + EE1031 + EE1032
      SL1010 = VARA1
      SC0081 = VARA1
      IF VARA1 = #0 THEN A2A
      BI1705 = EE1031 + EE1032
      BI1702 = BI1705
; ACCIONAMIENTOS
      SL1010 = BI1702
      SC0081 = BI1702
      IF BI1702 = #0 THEN A2A
A3A: IF EA1014 = #1 THEN T1F
      VAR03 = EB1015 + EB1020
      GOTO T2F
T1F: VAR03 = EC1254 + EB1020
T2F: VARA3 = EE1016 + EA1017
      BI1703 = VAR03 + VARA3
;
; ACCIONAMIENTOS PROCESO ACTIVADO
;
SCA021 = BI1703
SC0082 = BI1703
SL1023 = BI1703
BS1033 = BI1703
SL1022 = BI1703
SL1010 = #0
SC0081 = #0
;
      IF BI1703 = #0 THEN A3A
;
      SL1023 = #0
A4A: TIT01 = EA1024 + EE1009
      SP102B = TIT01
      SCA035 = EE1025
;
      IF TIT01 = #0 THEN A4A
PSEC = UNDOS

```

```

ASA:  S11705 = EE1031 * EE1032'
      IF S11705 = #0 THEN ASA
      SB1034 = #1
A1B:  SEOPRU = E91036
      IF SEOPRU = # 0 THEN A1B
      SB1037 = #1
A2B:  SDBVEL = EE1108
      IF SDBVEL = #0 THEN A2B
; SISTEMA DE SOBREVOLOCIDAD NORMAL
;
SB1038 = #1
SCA039 = #1
SL1040 = #1
;
; SELECCION DE MODD DE IGNICION
;
A1C:  IF EE1041 = #1 THEN A2C
      IF EE1042 = # 0 THEN A1C
      PBEC = DOB
;
A2C:  TEMP1 = 00:30.0
      START TEMP1
;
A3C:  IF TEMP1 <= 00:20.0 THEN A4C
A3C:  IF TEMP1 = 00:00.0 THEN A6C
      GOSUB FLAPRE
      IF S11707 = #0 THEN A7C
      IF DO = #1 THEN A2C
      IF DI = # 1 THEN A8C
      TEMP2 = 00:05.0
      START TEMP2
      DI = #1
A8C:  IF TEMP2 = 00:00.0 THEN A9C
      GOTO A3C
A4C:  ALAFLA = EA1047' + EA1048' + EA1049' + EA1050'
      SA1055 = ALAFLA
      GOTO A5C
A6C:  STOP TEMP1
      TEMP1 = 00:00.0
; ACCIONAMIENTOS
      SL1043 = #0
      ST1044 = #0
      ST1045 = #0
      S11718 = #1 ; PERIODO DE IGNICION TERMINADO
      GOSUB FLAPRE
      IF S11707 = #1 THEN A10C
      IF P1 = # 1 THEN A11C
      P2 = #0
A16C: SA1055 = #0
      ; ALARMA DE DISPARO POR FALLA 2 INTENTO IGNITION
      S11709 = #1
      ; ACTIVACION DE PURGA
      S11706 = #0

```

```

A14C:  IF BANFUR = #1 THEN A12C
        TEMP1 = 02:30.0
        START TEMP1
        BANFUR = #1
        ; PURGA ACTIVADA DURANTE 2.30 MINUTOS
A12C:  IF TEMP1 = 00:00.0 THEN A13C
        SB1038 = #0
        SCA039 = #0
        BL1040 = #0
        GOTO A14C
A13C:  STOP TEMP1
        TEMP1 = 00:00.0
        ; APAGO TEMPORIZADOR 1
        IF P2 = #1 THEN A15C
        P1 = #1
        BANFUR = #0
        GOTO A2C
A15C:  SI1708 = #1
        SA1053 = #1
        PSEC = CONSEQ
A7C:  BL1043 = #1
        ST1044 = #1
        ST1045 = #1
        D0 = #0
        D1 = #0
        GOTO A3C
;
A9C:  STOP TEMP2
        TEMP2 = 00:00.0
;
        BL1043 = #0
        ST1044 = #0
        ST1045 = #0
;
        D0 = #1
        ; VIGILO PRESENCIA DEFLAMA CUANDO APAGO IGNITO
        ; DENTRO DEL PERIODO DE IGNICION DE 30 SEG.
        GOTO A3C
;
A11C:  P2 = #1
        GOTO A16C
;
A10C:  SCA052 = #1
        SCA046 = #1
; COMIENZA LA ACELERACION DE LA TURBINA A CARGO DEL
; DISPOSITIVO DE ARRANQUE Y DE LA ENERGIA DE LOS
; BASES CALIENTES ORIGINADOS POR LA COMBUSTION
;
A1D:  IF EE1085 = #0 THEN A1D
A6D:  IF BACELN = #1 THEN A2D
        TEMP1 = 04:00.0
        START TEMP1
        BACELN = #1
        ; INICIA LA VIGILANCIA DE DISPARO POR ACELFRACION

```

```

; LENTA
A2D: IF BT = #1 THEN A3D
      IF EA1024 = #0 THEN A4D
A3D: IF TEMP1 = 00:00.0 THEN ASD
      IF EE1083 = #1 THEN A6D
      GOTO A7D
A4D: SB1020 = #0
      BT = #1
PSEC = TRES
GOTO A3D
ASD: STOP TEMP1
      TEMP1 = 00:00.0
      IF EE1083 = #0 THEN A7D
      SI1712 = #1
      SA1092 = #1
; ALARMA POR ACELERACION LENTA
; SE DISPARA LA UNIDAD POR ACELERACION LENTA
PSEC = CONSEJ
A7D: SA1092 = #0
ABD: IF EA1062 = #0 THEN ABD
      SS1063 = #1
      SI1710 = #1
;
PSEC = CUATRO
;
; ESPERAR HASTA QUE LA VELOCIDAD > 77%
; PARA MANDAR A CERRAR VALVULAS DE EXTRACCION DEL COMPRESOR
;
A3E: IF ES1066 = #1 THEN A1E
A4E: IF ES1065 = #1 THEN A2E
      GOTO A3E
A2E: IF EB1064 = #0 THEN A4E
      GOTO A3E
A1E: IF EA1067 = #0 THEN A1E
ASE: SB1069 = #1
A2F: IF EE1071 = #1 THEN A1F
      DINTGE = EC1056 * EA1014
      IF DINTGE = #0 THEN A3F
      SB1072 = #1
      GOTO A2F
A1F: IF EB1068 = #0 THEN A2F
      SB1070 = #1
      GOTO A2F
      ; 0 A3E REVISAR >>>>>>
A3F: SB1072 = #0
      GOTO A2F
;
; SUBROUTINA QUE DETECTA LA EXISTENCIA DE FLAMA
FLAPRE:
SI170 = EA1047 + EA1048
SI171 = EA1049 + EA1050
SI1707 = SI170 + SI171
RETURN
;
END

```

CG
SEC

```

| .....
| * .....
| *   INSTITUTO DE INVESTIDACIONES ELECTRICAS   *
| * .....
| *
| *   DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL   *
| * .....
|

```

| NOMBRE DEL PROGRAMA: UNO
| TIPO: SECUENCIAL
| PRIORIDAD: 7

| REALIZO : LORENA LISETTE DE LA TORRE FLORES
| REVISO:
| AUTORIZO:
| FECHA ULTIMA DE REVISION: 12 DE MAYO DE 1988.

| TAREA: VIGILAR LA OCURRENCIA DE DISPAROS DEPENDIENDO DE LA ETAPA DE
| EVOLUCION DEL PROCESO . IA CARACTERISTICA DE ESTOS DISPAROS ES QUE
| SON DE TIPO INTERNO Y DEPENDEN DE LA SECUENCIA EXCLUSIVAMENTE EN CASO
| DE QUE SEA VERDADERA ALGUNA DE LAS CONDICIONES DE DISPARO SE ACTIVARA
| EL PROGRAMA DE TRANSFERENCIA CERO

| ***** I N I C I O *****

| DEFINICION DE ENTRADA:

| DEF EE1101 = 052

| DEFINICION DE SALIDAS:

| DEF SA1103 = 303

| IA: SA1103 = EE1101
| IF EE1101 = 80 THEN IA
| PSEC = CERO

END

CE
SEC

```
*****  
*          *  
*  INSTITUTO DE INVESTIACIONES ELECTRICAS  *  
*          *  
*****  
*  
*          DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL          *  
*          *  
*****
```

```
! NOMBRE DEL PROGRAMA: UNDOS  
! TIPO: SECUENCIAL  
! PRIORIDAD: 7  
!  
! REALIZO : LORENA LISETTE DE LA TORRE FLORES  
! REVISO:  
! AUTORIZO:  
! FECHA ULTIMA DE REVISION: 12 DE MAYO DE 1988.  
!*****
```

```
! DEFINICION DE ENTRADAS:  
!  
DEF EE1027 = 018, EE1101 = 052, EA1105 = 055, EE1108 = 056
```

```
! DEFINICION DE SALIDAS:  
!  
DEF SA1030 = 266, SA1103 = 303, SA1104 = 304, SA1109 = 305
```

```
! *****  
BCT: SUM1 = EE1101 + EE1108 + EE1027 + EA1105
```

```
!  
SA1030 = EE1027  
SA1103 = EE1101  
SA1104 = EA1105  
SA1109 = EE1108  
IF SUM1 = #0 THEN BCT  
PBEC = CERO
```

END

CO
SEC

```

|
| .....
| * * * * *
| *   INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS   *
| * * * * *
|
| DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
|
| .....

```

```

| NOMBRE DEL PROGRAMA: TRES
| TIPO: SECUENCIAL
| PRIORIDAD: 7
|

```

```

| REALIZO : LORENA LISETTE DE LA TORRE FLORES
| REVISO:
| AUTORIZO:
| FECHA ULTIMA DEREVISION: 12 DE MAYO DE 1988.
|

```

```

| .....
| *                               I N I C I O                               *
| .....
|

```

| DEFINICION DE ENTRADAS:

```

|
| DEF EA1047 = 024, EA1048 = 025, EA1049 = 026, EA1050 = 027, EE1102 = 053
| DEF EE1108 = 056, EA1105 = 055
|

```

| DEFINICION DE SALIDAS:

```

|
| DEF SA1055 = 281, SA1103 = 303, SA1106 = 304, SA1109 = 305
|

```

```

| AEZ: ALFF = EA1047' + EA1048' + EA1049' + EA1050'
| SA1055 = ALFF ; VIGILA ALARMA DE FALLA DE FLAMA
|

```

```

| DALFBP = EE1102 + EE1108' + EA1105'
| SA1103 = EE1102
| SA1106 = EA1105'
| SA1109 = EE1108' ; VIGILA ALARMA FALLA SIST. SOBREVUEL
| IF DALFBP = 80 THEN AEZ
| FBEC = CER0
|

```

END

```

CG
FEC
|
|.....
|*
|*          INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS          *
|*          .....
|*
|*          DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL          *
|*
|*.....
|
| NOMBRE DEL PROGRAMA: CUATRO
| TIPO: SECUENCIAL
| PRIORIDAD: 7
|
| REALIZO : LORENA LIBETTE DE LA TORRE FLORES
| REVISO:
| AUTORIZO:
| FECHA ULTIMA DE REVISION: 18 DE MAYO DE 1988.
|
|.....          I N I C I O          .....
|
| DEFINICION DE ENTRADAS:
|
| DEF EA1047 = 024, EA1048 = 025, EA1049 = 024, EA1050 = 027, EE1102 = 053
| DEF EA1104 = 054, EE1108 = 056, EA1095 = 305
|
| DEFINICION DE SALIDAS:
|
| DEF SA1055 = 281, SA1103 = 303, SA1106 = 304, SA1109 = 305
|
|
| INICIALIZACION:!!!
|
| BT = #0
| BT1 = #0
| BP2 = #0
|
| F00: S11715 = EA1105 * EA1104
|       RETURN
| F01: GDSUB F00
|       IF S11715 = #1 THEN F02
| F04: SA1055 = EA1047' + EA1048' + EA1049' + EA1050'
|       SA1103 = EE1102
|       SA1109 = EE1108' + EA1095
|       XY = EE1102 + EE1108'
|       IF XY = #0 THEN F05
|           PBEC = CERO
| F02: IF BT = #1 THEN F03
|       TEMPS = 00106.0
|       START TEMPS
|       BT = #1
| F03: IF TEMPS = 00100.0 THEN F06
|       GOTO F04

```

```
F05: IF BP2 = #0 THEN F01
      GOTO F04
F07: BP2 = #1
      GOTO F04
F06: STOP TEMP3
      TEMP3 = 00100.0
      GOSUB F00
      IF S11715 = #0 THEN F07
          S1106 = #1
; ENCIENDE ALARMA DE FALLA DE VALV. EXTRACCION
      PSEC = CERO
END
```

```

CO
SEC
|
|.....
|*
|* .....
|* * INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS *
|* .....
|*
|* DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL
|*
|*.....
|
| NOMBRE DEL PROGRAMA: CONSEG
| TIPO: SECUENCIAL
| PRIORIDAD: 1
|
| REALIZO : LORENA LISETTE DE LA TORRE FLORES
| REVISO:
| AUTORIZO:
| FECHA ULTIMA DEREVISION: 13 DE SEPTIEMBRE DE 1988.
|
| DECLARACION DE ENTRADAS:
|
DEF EE1009 = 007, EE1027 = 018
DEF EE1076 = 040, EB1080 = 041, EB1093 = 044
DEF EA1094 = 045, EA1095 = 046, EE1096 = 047, EE1097 = 048, EE1098 = 049
DEF EA1099 = 050, EE1108 = 056, EC1260 = 058
|
| DECLARACION DE SALIDAS:
|
DEF SL1010 = 257
DEF SCA021 = 261, SL1022 = 262, SL1023 = 263, SB1028 = 264
DEF SB1033 = 267, SB1034 = 268, SCA035 = 269, SB1037 = 270
DEF SB1038 = 271, SCA039 = 272, SL1040 = 273, SL1043 = 274, ST1044 = 275
DEF ST1045 = 276, SCA052 = 279
DEF SB1060 = 282, SB1063 = 284, SB1069 = 285
DEF SB1070 = 286, SB1072 = 287, SCA074 = 289
DEF BCD081 = 293, BCD082 = 294, BCD094 = 295
DEF SL1086 = 296, SL1087 = 297, SA1088 = 298, SCD090 = 300
DEF SCA091 = 301
|
| I N I C I O
| FOCOS:
|
COSET: PAR01 = 80
PAR02 = 80
IF EA1014 = 81 THEN FET
PAR01 = EA1018 * EB1019
GOTO FEE
FET: PAR02 = EC1260
FEE: PAR0 = PAR01 + PAR02
IF PAR0 = 1 THEN TETY
| CONDICIONES SEGURAS POR DISPARO:
| A TABLERO (BTG)
SL1010 = 80
SL1023 = 81

```

```

SL1022 = #0
SL1040 = #0
SL1043 = #0
SL1086 = #1
SL1087 = #0
;
; A COMPUTADORA (372)
;
SC0081 = #0
SC0082 = #0
SC0084 = #0
SC0090 = #0
;
; AL CONTROLADOR ANALOGICO (367)
;
SCA021 = #0
SCA033 = #0
SCA039 = #0
SCA052 = #0
SCA074 = #0
SCA091 = #0
;
; AL CAMPO
;
SB1028 = #0
SB1033 = #0
SB1034 = #0
SB1037 = #0
SB1038 = #0
BT1044 = #0
BT1045 = #0
BB1060 = #0
BB1063 = #1
SB1069 = #0
SB1070 = #1
SB1072 = #1
;
; A TABLERO DE ALARMAS (374)
;
BA1088 = #1
;
BOTO WAWA
; CONDICIONES SEGURAS POR PARO:
TETY:
; A TABLERO (BTG)
SL1010 = #0
SL1023 = #1
SL1022 = #0
SL1040 = #0
SL1043 = #0
SL1086 = #0
SL1087 = #1
;
; A COMPUTADORA (372)

```

```

!
SC0081 = #1
SC0082 = #0
SC0084 = #0
SC0090 = #0
!
! AL CONTROLADOR ANALOGICO (367)
!
SCA021 = #0
SCA035 = #0
SCA039 = #0
SCA052 = #0
SCA074 = #0
SCA091 = #0
!
! AL CAMPO
!
SB1028 = #0
SB1033 = #0
SB1034 = #0
SB1037 = #0
SB1038 = #0
BT1044 = #0
BT1045 = #0
SB1060 = #0
SB1063 = #1
SB1069 = #0
SB1070 = #1
SB1072 = #1

!
! A TABLERO DE ALARMAS (374)
!
SA1088 = #0

WANA: PAR01 = EA1018 * EB1019 * EA1014
      PAR02 = EC1260 * EA1014
      PAR03 = PAR01 + PAR02
      DIEX1 = EE1027 + PAR03 + EE1077 + EE1096
      DIEX2 = DIEX1 + EA1094 + EB1093 + EE1098
      DIEX3 = DIEX2 + EA1099 + EA1095 + EE1076
      DIEX4 = DIEX3 + EB1080 + EE1009 + EE1108
      IF DIEX4 = #1 THEN WANA
      PSEC = CERO
END

```

CG
SEC

```
.....  
* * * * *  
* INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS *  
* * * * *  
* * * * *  
* DEPARTAMENTO DE INSTRUMENTACION Y CONTROL *  
* * * * *  
.....
```

! NOMBRE DEL PROGRAMA: SEGUR! !
! TIPO: SECUENCIAL !
! PRIORIDAD: 5 !
! REALIZO : LORENA LISETTE DE LA TORRE FLORES !
! REVISO: !
! AUTORIZO: !
! FECHA ULTIMA DEREVISION: 18 DE MAYO DE 1980. !

! DECLARACION DE ENTRADAS:

DEF EE1009 = 007, EB1026 = 017, EE1027 = 018
DEF EC1056 = 029
DEF EE1076 = 040, EB1080 = 041, EB1093 = 044
DEF EA1094 = 045, EA1095 = 046, EE1096 = 047, EE1097 = 048, EE1098 = 049
DEF EA1099 = 050, EE1101 = 052, EE1102 = 053
DEF EE1108 = 056, EC1260 = 059

! DECLARACION DE SALIDAS:

DEF SL1010 = 257
DEF SCA021 = 261, SL1022 = 262, SL1023 = 263, SA1028 = 264
DEF SA1030 = 266, SB1033 = 267, SB1034 = 268, SCA035 = 269, SB1037 = 270
DEF SB1038 = 271, SCA039 = 272, SL1040 = 273, SL1043 = 274, ST1044 = 275
DEF ST1045 = 276, SCA052 = 279, SA1053 = 280
DEF SA1055 = 281, SB1060 = 282, SA1061 = 283, SB1063 = 284, SB1069 = 285
DEF SB1070 = 286, SB1072 = 287, SCA074 = 289
DEF SCD081 = 293, SCD082 = 294, SCD084 = 295
DEF SL1086 = 296, SL1087 = 297, SA1088 = 298, SCD090 = 300
DEF SCA091 = 301, BA1092 = 302, BA1103 = 303, SA1106 = 304, SA1109 = 305

! I N I C I O

DESZ = #0

! FOCOS:

! KARD1 = EA1018 * EB1019 * EA1014 *
! KARD2 = EC1260 * EA1014
! KARD3 = KARD1 + KAT02
! IF KARD3 = #1 THEN COREX
! SL1010 = #0
! SL1023 = #1

```

SL1022 = #0
SL1040 = #0
SL1043 = #0
SL1084 = #1
SL1087 = #0
;
; A COMPUTADORA (372)
;
SC0081 = #0
SC0082 = #0
SC0084 = #0
SC0090 = #1
;
; AL CONTROLADOR ANALOGICO (367)
;
SCA021 = #0
SCA033 = #0
SCA039 = #0
SCA052 = #0
SCA074 = #0
SCA091 = #1
;
; AL CAMPO
;
SB1028 = #0
SB1033 = #0
SB1034 = #0
SB1037 = #0
SB1038 = #0
BT1044 = #0
BT1045 = #0
BS1060 = #0
BS1063 = #1
SB1069 = #0
RB1070 = #1
SB1072 = #1
;
; A TABLERO DE ALARMAS ( 374 )
;
SA1088 = #1
GOTO COSY
COREX: SL1010 = #0
        SL1023 = #1
        SL1022 = #0
        SL1040 = #0
        SL1043 = #0
        SL1086 = #0
        SL1087 = #1
;
; A COMPUTADORA (372)
;
SC0081 = #0
SC0082 = #0

```

```

SC0083 = #0
SC0090 = #1
;
; AL CONTROLADOR ANALOGICO (367)
;
SCA021 = #0
SCA033 = #0
SCA039 = #0
SCA052 = #0
SCA074 = #0
SCA091 = #1
;
; AL CAMPO
;
SB1028 = #0
SB1033 = #0
SB1034 = #0
SB1037 = #0
SB1038 = #0
BT1044 = #0
BT1045 = #0
SB1060 = #0
SB1063 = #1
SB1069 = #0
SB1070 = #1
SB1072 = #1
;
;
; A TABLERO DE ALARMAS ( 374 )
;
BA108B = #0
COSBY: FARD1 = EA1018 + EB1019 + EA1014'
        FARD2 = EA1014 + EC1260
        FARD3 = FARD1 + FARD2
        DIEX1 = EE1027 + FARD3 + EE1097 + EE1096
        DIEX2 = DIEX1 + EA1094 + EB1093 + EE109B
        DIEX3 = DIEX2 + EA1099 + EA1095 + EE1076'
        DIEX4 = DIEX3 + EB1080 + EE1009' + EE110B'
        IF DIEX4 = #1 THEN COSBY
        IF EB1026 = #0 THEN COSBY
            BA1106 = #0
            BA1053 = #0
            BA1109 = #0
            BA1092 = #0
            BA1061 = #0
            BA1103 = #0
            BA1055 = #0
            BA1030 = #0
; APAGAR ALARMA DE FALLA DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE
TATU1:  FVCOM = EE1101 + EE1102
        IF FVCOM = #1 THEN TATU1
            BA1103 = #0
            BA108B = #0
            SL1086 = #0

```

PSBC-ARRAND : DE ACTIVA NUEVAMENTE EL PROGRAMA ARRAND
END

APENDICE C

HARDWARE DEL SISTEMA

Sistema de Adquisición y Control (SAC)

Antecedentes:

El Sistema de Adquisición y Control también conocido como línea SAC, fue desarrollado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas en 1984, con el propósito de lograr un equipo de cómputo capaz de monitorear y controlar dispositivos del campo industrial; por lo que este equipo está orientado hacia el área de control automático industrial.

La línea SAC, se elaboró a través del Programa de apoyo a la Fabricación Nacional de Equipos, en el Departamento de Electrónica del IIE, con esto se logró contribuir al desarrollo tecnológico del país, se transfirió el proyecto a una empresa nacional para integrarlos a los procesos de manufactura.

La línea SAC, fue diseñada originalmente para el apoyo en la División de Sistemas de Potencia y de Estudios de Ingeniería del IIE, en los proyectos contratados con Comisión Federal de Electricidad, en la construcción de un Simulador de Adiestramiento para la planta nucleoelectrica de Laguna Verde, y posteriormente para la construcción de Equipos con Sistemas de Adquisición de Datos y Registro de Eventos (SADRE) y equipo para automatización y control de centrales termoelectricas.

La línea SAC fue diseñada en forma modular, cada módulo tiene una función específica, como: control, supervisión de procesos y adquisición de datos.

Cada módulo o canasta contiene una serie de tarjetas electrónicas, cada una de las cuales se encarga de distintas funciones con el fin de monitorear variables físicas, controlar variables continuas o comunicación con una computadora o monitor.

Normalmente, en las canastas hay una unidad de proceso basado en el CPU, y en la misma canasta están las tarjetas de : entradas analógicas, salidas analógicas, entradas digitales, salidas digitales, maestra o procesadora y de comunicaciones. Se tiene la opción de tener tarjeta de expansión de memoria.

Los tipos de tarjetas que pueden ser utilizadas en la canasta son:

- 1) Tarjeta procesadora o maestra SAC-1100
- 2) Tarjeta de comunicaciones SAC-0810
- 3) Tarjeta de salidas analógicas de voltaje SAC-0510
- 4) Tarjeta de Salidas digitales con relevador ... SAC-0157
- 5) Tarjeta de Salidas digitales con colector
abierto SAC-0611
- 6) Tarjeta de entradas digitales optoacopladas ... SAC-0410
- 7) Tarjeta de Entradas analógicas (V/I).....SAC 710/10/11

Cada canasta contiene 17 ranuras o "slots" en cada ranura se inserta una tarjeta. Las tarjetas se comunican a través del

BUS llamado IBUS - II (ver fig. 3.1 del cap.3), el cual maneja líneas de direcciones; datos y control.

Se va a utilizar una canasta SAC del SISTEMA X, el cual es el controlador lógico programable, diseñado para sustituir operativamente al Secuenciador y encargarse del control lógico de arranque y paro de la turbina de gas. Las tarjetas que se ocuparon en la canasta son: tarjeta de procesamiento, tarjetas de entradas digitales optoacopladas y tarjetas de salidas digitales con relevador.

Descripción de las tarjetas que se ocuparán en el CLP

Tarjeta de Procesamiento SAC-1100:

La tarjeta de Procesamiento, es la que ejecuta las tareas de control de entradas y salidas de señales, el control de recepción y envío de mensajes y procesamiento de todas las tareas correspondientes a las funciones de las unidades de entrada/salida.

Es una tarjeta de procesamiento de 8 bits, basada en el microprocesador 8085, con 32 Kbytes de memoria interna configurable en rangos de 2 y 4 Kbytes ó 4 y 8 Kbytes simultáneamente, dos temporizadores programables de 16 bits de propósito general, un temporizador programable para ciclos de espera, cuatro niveles de interrupción, dos indicadores luminosos de propósito general y un canal de comunicaciones serie con niveles CMOS.

La tarjeta de procesamiento SAC-1100 opera en sistemas de

un solo maestro. Funcionalmente se divide en 7 bloques lógicos:

- 1) Microprocesador 8085
- 2) Interrupciones
- 3) Comunicación serie
- 4) Temporizadores programables
- 5) Indicadores luminosos
- 6) Direccionamiento
- 7) Enlace a IBUS-II

Ver figura C.1, en la que se ilustran los bloques funcionales de esta tarjeta. A continuación se exponen sus principales características.

Microprocesador 8085

Las características principales del microprocesador 8085 son:

- * Maneja palabras de 8 bits
- * Posee 64 Kbytes de memoria y 256 puertos de Entrada/Salida.
- * La frecuencia de trabajo es de 2 MHz, lo cual proporciona un tiempo de reloj de 400 nseg.
- * Su operación se inicializa con una señal de RESET, que se genera al encender la fuente de alimentación o desde un botón pulsador, inicializando su operación a partir de la dirección cero.

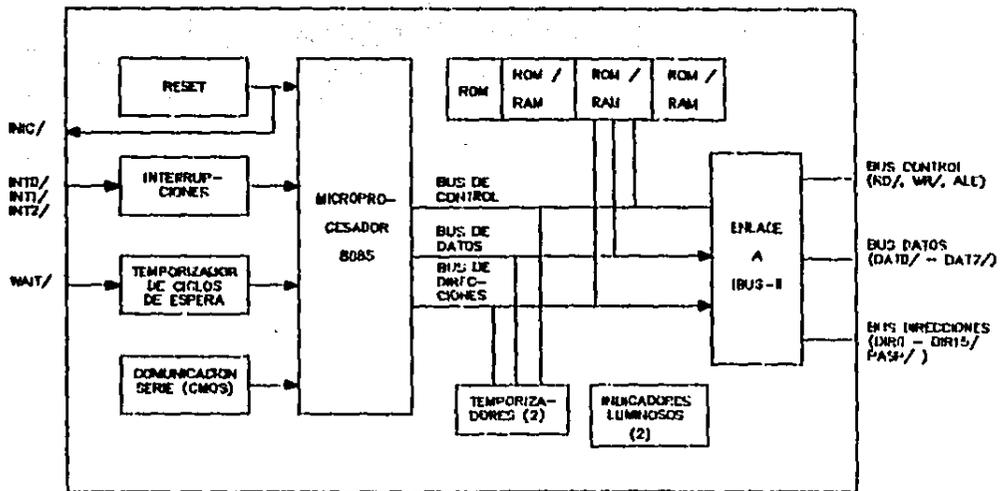


FIG. C.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA TARJETA SAC-1100

Interrupciones

Se manejan cuatro vectores de interrupción, que se dan por las líneas TRAP, RST 7.5, RST 6.5, RST 5.5 del microprocesador.

Todas las interrupciones son enmascarables por programa excepto la interrupción TRAP.

Características que presentan las interrupciones:

| <u>Interrupción</u> | <u>Prioridad</u> | <u>Dirección</u> | <u>Tipo de señal</u> |
|---------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| TRAP | 1 | 24H | Fianco y nivel hasta muestreo |
| RST 7.5 | 2 | 3CH | Fianco memorizado. |
| RST 6.5 | 3 | 34H | Nivel hasta muestreo |
| RST 5.5 | 4 | 2CH | Nivel hasta muestreo |

Existen tres posibles fuentes de interrupción:

- 1) Las señales INTO/, INT1/ e INT2/ de IBUS-II.
- 2) Señales de salida de dos contadores del temporizador (8254).
- 3) Un pulsador con opción a conectarse a RST 5.5

En secuencias de apagado-encendido o después de un RESET todas las interrupciones están deshabilitadas.

La configuración de interrupciones se hace a través de puentes alambrados en la tarjeta.

Para detectar una interrupción es necesario mantener su

nivel un tiempo mínimo de 17 ciclos de reloj + 160 nseg, lo cual significan 8.66 microsegundos.

Comunicación serie

Se realiza por programación a través de sus terminales SID y SOD del procesador. El nivel lógico de estas señales es CMOS.

Temporizadores Programables

El temporizador (8254) contiene tres temporizadores programables independientes de 16 bits, que son TEMP1, TEMP2 y TEMPO.

El temporizador TEMP1, está reservado para fijar el tiempo máximo en ciclos de espera y los temporizadores restante (TEMPO y TEMP2) son de propósito general con capacidad de interrumpir al procesador.

Los temporizadores se pueden programar en binario o en BCD y tienen 6 modos de operación.

Cuenta máxima en binario = $2^{16} = 65536 \rightarrow 32.7$ mseg.

Cuenta máxima en BCD = $10^4 = 10000 = 3$ mseg.

Es recomendable que cada temporizador sea programado antes de usarse ya que en secuencias de apagado encendido el estado de los temporizadores es indefinido.

Indicadores luminosos

La tarjeta SAC-1100 cuenta con dos indicadores luminosos de propósito general, que pueden activarse en forma independiente.

El estado inicial de éstos es apagado, se encienden con un 1 lógico y se apagan con un 0 lógico.

La asignación en el espacio de puertos de los indicadores luminosos es:

Led 1 10H

Led 2 20H

El direccionamiento de la tarjeta SAC-1100 está dividido en:

- 1) Direccionamiento interno
- 2) Direccionamiento externo

Para el registro de direccionamiento fue distribuido el direccionamiento de la siguiente manera:

| | |
|--------------------------|--------------------|
| Direccionamiento interno | 32 Kbytes |
| | 128 puertos de E/S |
| Direccionamiento externo | 32 Kbytes |
| | 128 puertos de E/S |

Direccionamiento interno

* Memoria.

Los tipos de memoria que pueden ser usados son:

| | |
|-------|--------------------|
| EPR0M | 2764 de 8 Kbytes |
| EPR0M | 2732 de 4 Kbytes |
| EPR0M | 2716 de 2 Kbytes |
| EPR0M | 2816 de 2 Kbytes |
| RAM | 6264 de 8 Kbytes |
| RAM | HM6116 de 2 Kbytes |

Al seleccionar la memoria es necesario configurar por medio de puentes alambrados, el mapa de memorias.

* La memoria externa se configura en la tarjeta de expansión de memoria, la cual sólo es utilizada cuando la memoria necesaria para los programas de aplicación sea mayor a 16 Kbytes.

Direccionamiento externo

El espacio de direccionamiento externo es de 32 Kbytes de memoria y 128 puertos de E/S, está dividido en la siguiente forma:

| | | |
|-----------|---------------|---------------------------------------|
| 32 Kbytes | 8000H - FFFFH | Página de selección por posición PSPD |
| 16 Kbytes | 4000H - 7FFFH | Extensión de memoria |
| 128 bytes | 80H - FFH | Página de selección por posición PSPI |

Enlace a IRUS-II

El enlace proporciona las señales de direccionamiento, datos y control requeridos para configurar un sistema basado en dicho bus.

Esta constituida por Buffers de 3 estados para las líneas de direcciones y control, y transceptores de tres estados para las líneas de datos.

Las señales de direccionamiento y datos están activadas en el BUS, únicamente cuando el procesador ejecuta acceso a memoria externa. En el acceso interno estas líneas se encuentran en estado de alta impedancia. Las líneas de control están siempre activadas en el bus, en accesos internos y en externos.

Rangos de operación de la tarjeta SAC-1100

| <u>Rangos máximos de operación</u> | <u>Rango</u> |
|---|-------------------|
| Voltaje en cualquier pin con respecto a tierra | - 0.3 a + 6 Volts |
| Temperatura de almacenamiento | - 55 C a 125 C |

Condiciones de operación recomendadas:

| <u>Parámetros</u> | <u>Min</u> | <u>Typ</u> | <u>Máx</u> | <u>Unidad</u> |
|--------------------------|------------|------------|------------|---------------|
| Voltaje de alimentación | 4.75 | 5 | 5.25 | Volts cd |
| Temperatura de operación | 0 | 25 | 70 | grados C |
| Humedad no condensante | 5 | 95 | 95 | % HR |

Tarjeta de entradas digitales SAC-0410

Descripción general:

Esta tarjeta posee 16 entradas cd , direccionables en dos conjuntos de 8, ópticamente aisladas con el IBUS-II. Las entradas aceptan voltajes CD desde 21 V hasta 58 V CD y cada una pasando por un filtro digital eliminador de rebotes.

La tarjeta posee capacidad de diagnóstico de la parte digital, aplicable por programa en cualquier momento.

En la fig. C.2, se ilustra la realación entre los principales bloques de esta tarjeta.

Características principales:

- * Tarjeta direccionable por posición, dentro de la canasta de IBUS-II.
- * Registro con la identificación de la tarjeta y el estado de la misma, incluyendo presencia de conector a campo.
- * Registro con "Dipswitch" para permitir al usuario

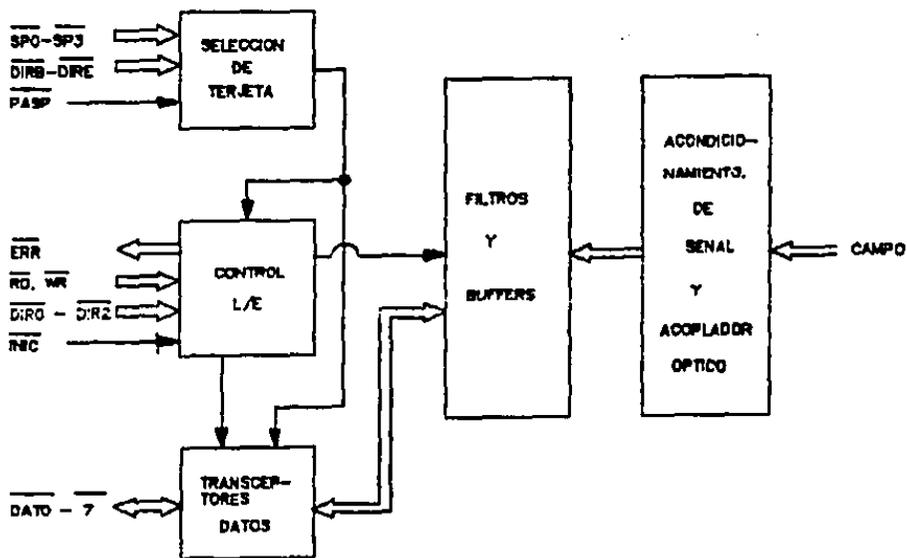


FIG. C.2 TARJETA DE ENTRADAS DIGITALES OPTOACOPLADAS.

- futuros códigos a cada tarjeta.
- * Tres modos de operación: reset, diagnóstico y normal, seleccionables por programa.
 - * Tiempos de acceso a la tarjeta IBUS-II.
 - * Bajo consumo y alta inmunidad al ruido, características de los dispositivos de la tecnología CMOS.
 - * Bases en todos los circuitos integrados
 - * La tarjeta opera con 5 volts cd de alimentación.
 - * Tiempo de respuesta de 5 ± 1.5 mseg.
 - * Rango de voltaje de las señales de entrada 21 a 58 Volts cd.
 - * Protección contra voltajes inversos
 - * Corriente máxima por entrada de 15 miliamperes de cd.
 - * Aislamiento de de hasta 500 V entre entradas y entre entradas y tierra del sistema.

Descripción funcional:

La tarjeta convierte la señal CD de entrada de 21 a 50 volts cd. a niveles digitales que pueden ser leídos por el IBUS-II. En la figura C.3, se ilustra un circuito de interfaz.

La primera etapa sirve para acoplar la señal de entrada para obtener una corriente proporcional al voltaje de campo V_c a la entrada del optocoplador. La red formada por las resistencias R_a y el capacitor C forman un filtro para eliminar ruidos y no permitir el paso de repentinos niveles altos de voltaje, ya que el capacitor se opone a los cambios bruscos de voltaje. El diodo Zener tiene la función de proteger contra voltajes inversos o sobrevoltajes al optocoplador.

La segunda etapa consiste del acoplamiento óptico de la señal, cuando conduce el diodo del optocoplador emite una luz que sensibiliza al transistor para que entre en saturación, aumentando la corriente de colector. El voltaje entre colector y emisor del transistor V_{ce} (sat), pasa por un filtro digital, el cual elimina los rebotes y valida la información una vez que ésta se estabiliza.

La tercera etapa corresponde a la circuitería de lectura y diagnóstico, que permite a la tarjeta trabajar en 3 modos: reset, diagnóstico y normal. Las señales marcadas con D1 y D2 se encargan de hacer los cambios de modo, controlados por programa. La señal R1 es el comando de lectura en el byte direccionado y W1 es el comando de escritura para las funciones de diagnóstico.

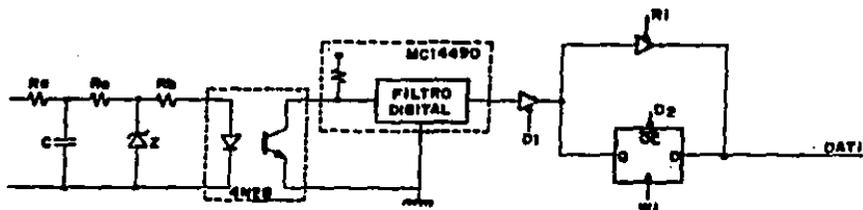


FIG. C.3

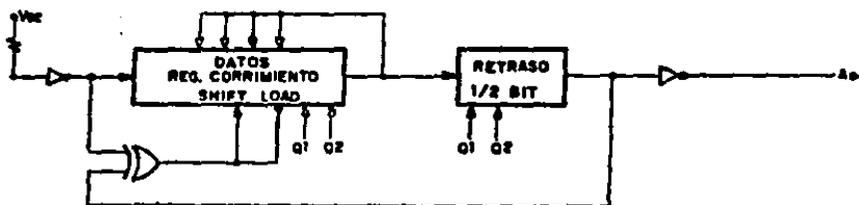


FIG. C.4

El filtro digital consiste de un circuito eliminador de rebotes (debouncer) MC14490 (ver fig. C.4), que funciona de la siguiente manera:

Al cambiar de valor la entrada, se compara con el valor anterior y si son diferentes, se almacenan y se corre en el registro. Si la información es igual al valor anterior, el registro se carga con el dato anterior y se espera hasta que vuelvan a ser diferentes y se produzca un corrimiento.

Con este dispositivo es necesario que la información de entrada permanezca estable por lo menos por 4 pulsos de reloj para poder ser validada a la salida.

El reloj se forma con un oscilador por medio de un capacitor externo que cumple la relación:

$$f = (0.375 V_{cc}) / C_{ext}.$$

donde: C = capacitancia en picofaradios

V_{cc} = volts cd

f = frecuencia en Megahertz

Tarjeta de salidas digitales con relevador SAC-0157

La tarjeta SAC-0157 provee 16 salidas con relevador, direccionables en dos conjuntos de 8. La información es mantenida en los registros de la tarjeta y puede ser releída para mantener un diagnóstico de la parte digital.

El relevador es de un polo, un tiro, normalmente abierto y

soporta en el contacto hasta 1 ampere con carga resistiva.(ver fig. C.3)

Características principales:

- * Tarjeta direccionable por posición, dentro de la canasta de IBUS-II.
- * Registro con la identificación de la tarjeta y el estado de la misma, incluyendo presencia de conector a campo.
- * Registro con "Dip switch" para permitir al usuario futuros códigos a cada tarjeta.
- * Tres modos de operación: reset, diagnóstico y normal, seleccionables por programa.
- * Tiempos de acceso a la tarjeta de IBUS-II.
- * Bajo consumo y alta inmunidad al ruido características de los dispositivos CMOS.
- * Bases en todos los circuitos integrados.
- * Tiempos de respuesta de 2 mseg. al cierre y 1.5 mseg. en apertura.
- * Máximo voltaje de conmutación 100 Vcd.

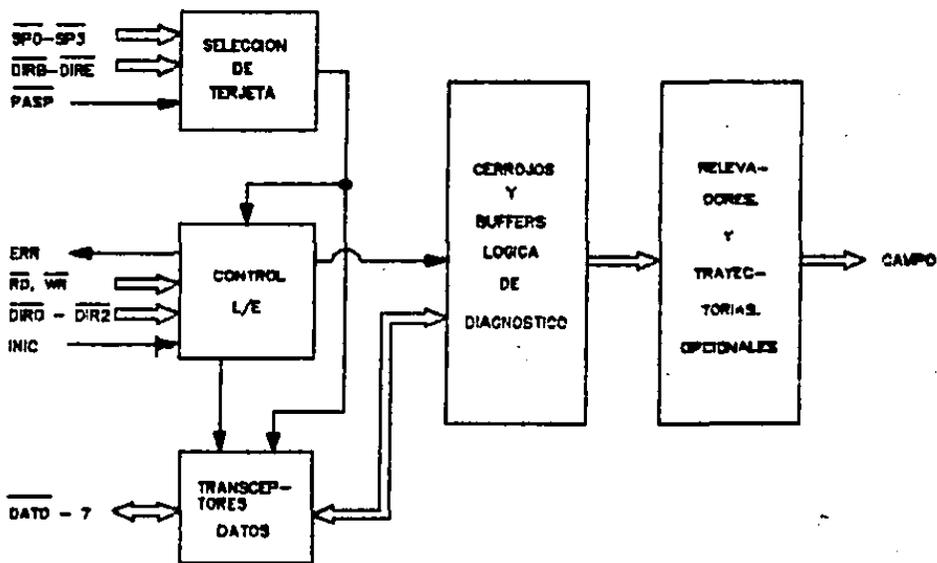


FIG. C.5 TARJETA DE SALIDAS DIGITALES CON RELEVADOR

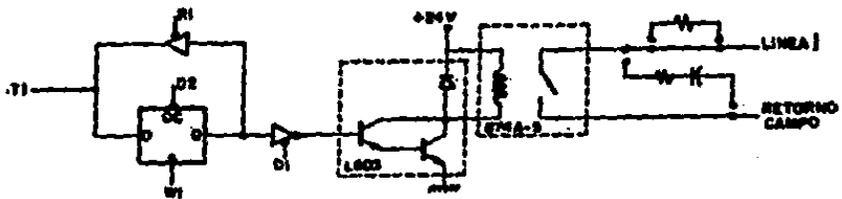


FIG. C.6

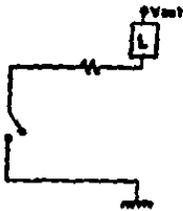


FIG. C.7

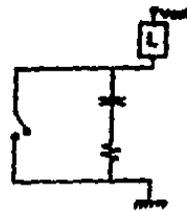


FIG. C.8

Descripción funcional:

La tarjeta SAC-0157 permite manejar 16 relevadores en conjuntos de 8, desde el IBUS-II.

En la fig. C.6 se ilustra un circuito típico de una salida.

La primera etapa consiste de la circuitería de escritura y diagnóstico que permite a la tarjeta trabajar en los tres modos: reset, diagnóstico y normal. Las señales marcadas con D1 y D2 son las encargadas de los cambios de modo, controlados por programa. La señal W1 es el comando de escritura en el byte direccionado (y mantenida en el Flip-Flop), y R1 es el comando de lectura para las funciones de diagnóstico.

La segunda etapa consiste en el manejo del relevador por medio de un arreglo Darlington y el diodo. En esta parte se utiliza la fuente de 24 Vcd. presente en el IBUS-II.

Finalmente la tercera etapa consiste en el acoplamiento opcional de la señal, tanto para la supresión de transitorios como para la alimentación de corriente.

Trazectorias opcionales

Para cargas inductivas en CA, se puede utilizar la trayectoria del circuito RC, ver la fig C.8, cuyos valores pueden ser:

$$R = \frac{E}{10 (I (1 + 50/E))} \quad \text{Ohm}$$

$$C = \frac{I^2}{10} \quad \text{microfarad}$$

Donde E es el voltaje entre los contactos justo antes de cerrarlos (sin exceder 200 V) e I es la corriente (en amperes) fluyendo por el contacto justo antes de abrirlo (sin exceder a 0.5 A).

Para cargas capacitivas o lámparas incandescentes, la corriente se puede limitar con una resistencia en serie (ver fig. C.7).

Direccionamiento:

Por las características del IBUS-II las tarjetas pueden colocarse en cualquier posición de la canasta, adquiriendo una dirección base según esta posición. Esto se logra con cuatro terminales del conector del trasplano IBUS-II, las cuales adquieren un código diferente para cada una de las 16 posiciones. El código consiste en combinaciones de conexiones a tierra o libre de las cuatro terminales.

Como parte de la tarjeta se deben colocar resistencias de "pull up" para lograr los niveles lógicos necesarios. Estas señales SP se comparan con las líneas de direcciones DIRE-DIRB para seleccionar la tarjeta. (ver fig. C.9)

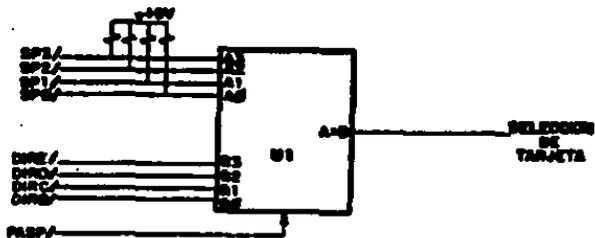


FIG. C.9

La señal PASP/, es una señal extra que envia el maestro para indicar que se quiere acceder la página de dirección por posición.

Todo esto quiere decir que las tarjetas pueden ser colocadas en cualquier ranura y adquieren una dirección base según esa posición, contando con 2 Kbytes direccionables dentro de la tarjeta. La tarjeta de procesamiento y la tarjeta de expansión de memoria tienen reservada una posición especial dentro de la canasta.

Con esta tarjeta se termina de explicar los tres tipos de tarjetas que van a ser ocupadas en la canasta, para formar el Controlador lógico programable.

APENDICE D

"SISTEMA DE PRUEBAS"

Todo equipo de control necesita pasar por una serie de pruebas, para finalmente poder garantizar que su operabilidad cubre las especificaciones y criterios en base al cual se elaboro. Estas pruebas por ser a nivel laboratorio no pueden llegar a ser tan reales como las pruebas realizadas al equipo ya instalado en planta. Pero son útiles las pruebas de laboratorio para reducir la probabilidad de ocurrencia de falla y de esta forma brindar protección a los equipos e instrumentos en planta.

El equipo a probar con el sistema de pruebas, es el Secuenciador (el cual es un CLP), cuyo software debe cubrir las premisas de diseño de sus algoritmos de control, ya explicados en los diagramas lógicos del secuenciador.

Por medio de las pruebas se podrán detectar errores de configuración, estructura de datos y lógica de programación, a fin de lograr un sistema de control más apto para llevar a cabo su tarea de mejorar la operación y eficiencia del proceso de generación de energía eléctrica.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA.

El sistema de pruebas o probador consta básicamente de equipo, programas y estructuras de datos. El equipo se compone de lo siguiente:

- Una computadora personal (marca Televideo)
- Una interfaz de comunicaciones
- Un gabinete donde se encuentran:
 - a) Una fuente de poder de 24 VCD.
 - b) Una canasta que contiene las siguientes tarjetas:
 - Procesamiento
 - Comunicaciones
 - Entradas y salidas digitales

- Un panel de conectores (donde se presentan las señales de salida del probador). Cada conector contiene 34 canales a los que podemos conectar dos conectores provenientes de las tarjetas de salida de 16 canales cada uno, lo que significa que ocupamos 32 conexiones de las 34 disponibles. De las dos restantes una se utiliza para conexión con tierra y la otra no se ocupa.

Alcance del sistema de pruebas

El probador de sistemas de control o controladores programables, es un equipo electrónico que se basa en un esquema de tareas jerarquizadas y distribuidas, cuyos módulos principales son: Adquisición de datos, Control lógico y Control analógico.

Para su aplicación en la prueba del Secuenciador, el módulo que interesa más es el de control lógico, ya que sólo se van a enviar y recibir señales de tipo lógico desde el sistema de pruebas al CLP (Secuenciador).

El módulo de control lógico genera señales binarias en base a entradas provenientes del controlador lógico programable (Secuenciador) y a un programa que incluye la lógica de arranque, protecciones y paro de la turbina de gas.

El módulo de protecciones está constituido de las siguientes partes:

a) Ayuda -. es un texto que sirve de guía al usuario del sistema, para que sepa como manejar y programar su prueba.

b) Programación de pruebas para control lógico:

- Comando para generar secuencia de cambios de estado, manejando 2 bases de tiempo:
 - 1.- Múltiplos de 20 mseg.
 - 2.- Múltiplos de 0.5 mseg.
- Comando para generar pulso de distinta base

de tiempo:

- 1.- Múltiplos de 1 seg.
- 2.- Múltiplos de 0.5 mseg
- 3.- Tiempo de duración del pulso

- Operación por Etapas: Permite programar en forma previa un grupo de señales cuyos cambios de estado serán previstos en orden secuencial. Cada que se envíe un bloque de estas señales al controlador, se compara la respuesta del mismo contra una señal cuyo estado lógico ya fue previamente programado para servir de referencia y saber si respondió o no en forma correcta.

Esta operación da la opción también de cambiar el estado de las señales si así se requiere. Esto se realiza a través de la pantalla correspondiente a operación por pantallas.

- Operación por pantallas: Con esta opción, es posible alterar el estado lógico de las señales en cualquier momento y el operador decide si ese cambio se transmite o no al controlador.

c) Consultas control lógico

El sistema de pruebas al trabajar como si fuera planta, enviará ciertas señales de entrada al Secuenciador (CLP), que representan: nivel de presión, niveles de velocidad de rotación de la turbina, switch (abierto o cerrado), nivel de temperatura (normal o anormal), etc.

Se ocupa también un tablero de pruebas, el cual se

constituye de un conjunto de indicaciones luminosas, y se utiliza como equipo auxiliar de prueba, para poder visualizar a través de éste el estado lógico de las señales de entrada que llegan al secuenciador (CLP) desde el sistema de prueba y las señales de salida provenientes del secuenciador.

Un led encendido se toma como una señal en 1 lógico, y un led que este apagado se toma como una señal en estado 0 lógico.

El sistema de prueba se conecta a la canasta o secuenciador a través de dos mazos de alambres, conectándose a las cuatro primeras tarjetas de entradas digitales optocopiadas del secuenciador. Las señales de salida provenientes de las 4 tarjetas de salida digitales con relevador del secuenciador se alambren hacia el tablero de pruebas, en una correspondencia univoca entre cada led y cada señal de salida. Las señales de entrada al secuenciador se visualizan en el monitor de la computadora, ya que es desde donde se puede incluso ir variando el estado de las mismas de acuerdo a las opciones de programación que ofrece el probador.

En la fig. D.1 se ilustra como interactua el equipo de pruebas con el Secuenciador.

Para cada prueba que se realice se debe hacer una programación previa al probador, para que se envíen las señales de entrada en la secuencia y estado lógico conveniente según la prueba que se va a realizar.

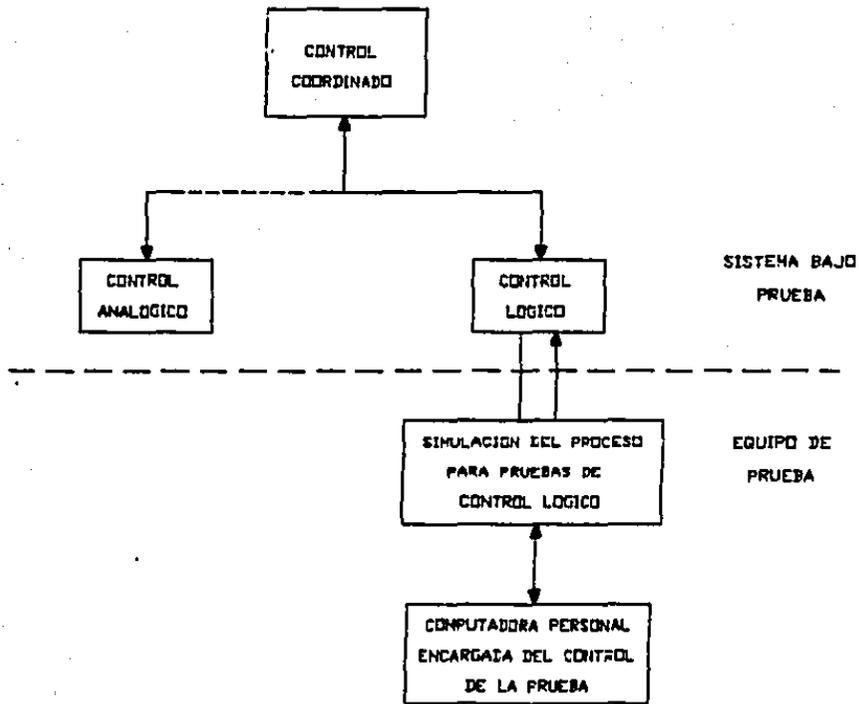


FIG. 2.1 INTERACCION ENTRE EL EQUIPO DE PRUEBAS Y EL SISTEMA DE CONTROL LOGICO BAJO PRUEBA.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Blickey, George J., "New Developments in Programmable Controllers and Peripherals", Control Engineering, v. 34 n.1, Dun Donnelley Publishing Corp, 1987, pp. 76-79.
- 2.- C. T. Jones, L. A. Bryan, Programmable Controllers Concepts and applications. Primera edición Editorial Atlanta, 1983.
- 3.- [n.a.], Manual de operación para las Turbinas de gas de la Central termoeléctrica de Orobocas, Veracruz. Departamento de capacitación de la C.F.E México, 1978.
- 4.- Hall, John., "Programmable Controller applications roundup", The Industrial and Process Control Magazine", marzo 1985.
- 5.- Ibarquengoitia, G.P., Manual de usuario del Lenguaje LX, Dpto. de Electrónica de la División de Equipos del IIE, Ref. IIE/33/3941/F/2, Palmira Morelos, México, Junio 1985.
- 6.- Ibarquengoitia, G.P., Sistema X, Dpto. de Electrónica de la División de Equipos del IIE, Ref. IIE/33/3941/F/1, Palmira Morelos, México, marzo 1984-1985.
- 7.- Ibarquengoitia, G. P., Leon, M. C. Vidrio, L. G., Manual de usuario de las Tarjetas de la línea SAC. Dpto. de Electrónica de la División de Equipos del IIE, Ref. IIE/33/1878/F/. Palmira Morelos, México, Marzo 1984-1985.
- 8.- Kerekes, Z y Downes, J., "Looking forward to programmable controllers", The automation with Digital Instruments, U.S.A. 1986, pp.78-79

- 9.- Kramer, A.W., Power Plant Primer. Power Engineering's Copyright 1954 by Technical Publishing Co. Barrington, Illinois, Revised October 1972.
- 10.- Marquez, Nerey F. E., Linea SAC, Boletín IIE v. 11, n.6, nov./dic., 1984.
- 11.- [n.a], "Programmable Controllers and Computers: Key elements in new-plant, retrofit projects", POWER, Nueva York: Mac Graw Hill, mayo 1984. pp. 67-69
- 12.- Uram Robert, Computer Control in a Combined Cycle Plant: The Process and the computers. Westinghouse Electric Corporation (Artículo aprobado por: IEEE Power Generation Committee of the Power Engineering Society, 1976).
- 13.- Wolff Robert F, "Utilities discover programmable controllers", Electrical World, Mc. Graw Hill, Nueva York, noviembre 1986. pp. 72-76.