



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Automatización de la Central
Hidroeléctrica Tamazulapan.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Mecánico Eléctricista

P R E S E N T A

José Luis Bermúdez Martínez

Dir. Ing. CESAR LOPEZ PORTILLO C.



U. N. A. M.

MEXICO, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 esta 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.

**AUTOMATIZACION DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA
TAMAZULAPAN.**

CAPITULO I. GENERALIDADES.

- 1.1 Introducción.
- 1.2 ¿ Qué es la automatización ?
- 1.3 Grados de automatización.
- 1.4 Ventajas Económicas de la Automatización.
- 1.5 Aplicación de la automatización en la Región de Generación Hidroeléctrica Grijalva.

**CAPITULO II. UBICACION Y CARACTERISTICAS DE LA CENTRAL HIDRO -
ELECTRICA TAMAZULAPAN.**

- 2.1 Localización.
- 2.2 Desarrollo Hidrológico.
- 2.3 Sección Eléctrica.
- 2.4 Descripción del tablero de control Eléctrico.
- 2.5 Consideraciones sobre la Operación de una Central Hidroeléctrica.
- 2.6 Secuencia para el arranque manual de la C. H. Tamazulapan.
- 2.7 Secuencia de Operación para el paro manual de la C. H. Tamazulapan.
- 2.8 Secuencia de paro de Emergencia de la C. H. Tamazulapan.

**CAPITULO III. SECUENCIA DE OPERACION AUTOMATICA DE LA CENTRAL
HIDROELECTRICA TAMAZULAPAN.**

- 3.1 Introducción.
- 3.2 Secuencia de arranque Automático.

- 3.3 Regulación Automática.
- 3.4 Secuencia de Paro automático.
- 3.5 Operación Automático de Arranque.
- 3.6 Operación Automático de la Secuencia de Arranque.
- 3.7 Operación Automática en condiciones Anormales.
- 3.8 Funcionamiento Manual de la Central Automática.

CAPITULO IV. PROGRAMADOR ELECTRONICO DE CARGA.

- 4.1 Introducción.
- 4.2 Descripción del Programador Electrónico de Carga.
- 4.3 Descripción del Módulo de Interfase.
- 4.4 Programador Electrónico de Carga.
- 4.5 Integrador.
- 4.6 Seguidor.
- 4.7 Circuito Generador de Pulsos.
- 4.8 Circuitos Lógicos de Subir y Bajar.
- 4.9 Amplificadores de Salida.
- 4.10 Descripción de la Fuente de Poder.
- 4.11 Ajustes.

CAPITULO V. AUTOSINCRONIZADOR AUTOMATICO BASLER ELECTRIC.

- 5.1 Introducción.
- 5.2 Recomendaciones.
- 5.3 Aplicación.
- 5.4 Especificaciones.
- 5.5 Principio de Operación.
 - 5.5.1 Demodulador.
 - 5.5.2 Diferenciador Fijo Y Comparador de Porcentaje de Deslizamiento.
 - Diferenciador Variable.

5.5.4 Comparador de ángulo de fase.

5.6 Controles.

5.6.1 Compensación de tiempo de Cierre de Interruptor.

5.6.2 Control de Deslizamiento de Frecuencia.

5.6.3 Botón de Restablecer.

5.6.4 Control de Diferencia de Fase.

5.6.5 Control de ancho del Pulso de Mando.

5.7 Indicadores.

5.7.1 Luz de Sincronismo. SINC.

5.7.2 Luz de Alimentación. PWR.

5.7.3 Luz de bajo Voltaje.

5.7.4 Luz de Alto Voltaje.

5.7.5 Luz de Paro.

5.7.6 Luz de Baja Frecuencia.

5.7.7 Luz de Alta Frecuencia.

5.8 Instalación.

5.8.1 Generalidades.

5.8.2 Montaje. 9

CAPITULO VI. MODIFICACIONES REALIZADAS AL EQUIPO INSTALADO EN LA C. H. TAMAZULAPAN.

6.1 Motorización del Reostato de Campo y Ajuste Fino.

6.2 Sistema de Frenado.

6.3 Sistema Neumático de Control de la Válvula Esferica.

6.4 Sistema de Presión Auxiliar para el Equipo Neumático.

6.5 Sistema de Presión Auxiliar para el Arranque en Automático-
del Regulador de Velocidad.

CAPITULO VII. ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO.

- 7.1 Objetivo.
- 7.2 Aspectos Tecnico-Económicos a considerar para automatizar una Central Hidroeléctrica.
- 7.3 Análisis Económico de la Automatización.)
- 7.4 Análisis Cuantitativo de la Inversión.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Los sistemas de control se han hecho imprescindibles como parte esencial dentro de las centrales generadoras, esta evolución se ha originado en base a la necesidad de reducir al máximo los errores humanos. Sin perder de vista que se mejora la eficiencia y disminuirá el costo de operación y mantenimiento.

Sin embargo la automatización es efectiva en la medida que los costos y sistemas básicos de control sean los mas eficientes.

Los avances en la tecnología de la automatización ha puesto a disposición del Ingeniero de Control, herramientas y técnicas, ya que tiene que encontrar la mejor manera de utilizarlas para decidir el nivel de automatización mas conveniente.

1.2 ¿ QUE ES LA AUTOMATIZACION ?

Una planta automatica es aquella que se ha diseñado para obtener una economía y seguridad máximas e indirectamente para facilitar las maniobras de operación, tal que al incorporar la cantidad justa de instrumentos confiables y secuencias automaticas con opción al control manual, lo cual permite el uso de computadoras y un control remoto completo.

Los principales objetos que se persiguen al instalar sistemas de control automaticos son los siguientes:

- a) Reducir el costo de operación.
- b) Proporcionar a las unidades generadoras la mayor confiabilidad posible.

c) Adicionar sistemas de protección y reducir los probables errores de operación.

d) Reducir el mantenimiento por medio de programas.

1.3

GRADOS DE AUTOMATIZACION.

Para decidir el grado de automatización de una central generadora se toman en cuenta las necesidades e importancia de la misma dentro del sistema eléctrico nacional o local.

Se pueden observar los siguientes grados de automatización a nivel planta partiendo del control manual.

Pueden automatizarse aisladamente algunas funciones de la secuencia de arranque de la central como pueden ser:

- a) El rodado de la turbina
- b) La aplicación del sistema de frenado
- c) El cierre de la Quebradora de campo " 41 "
- d) La excitación de la unidad
- e) La secuencia de paro de emergencia

Estas son solamente algunas de las opciones ya que esta completamente abierto a las necesidades de la propia central, ya que se puede dejar la operación de la central completamente automática, uniéndole todos los pasos de la secuencia de arranque y en el caso que se desee también la de paro.

En común que en algunas centrales se deje automático el rodado de la turbina, el cierre de la Quebradora de campo " 41 " y la excitación del generador, dejando la maniobra de sincronización en forma manual, el despacho de carga se dejara en forma manual de acuerdo a las necesidades al sistema al cual se encuentra interconectado o a las de la propia central.

A nivel sistema se puede tener en control a remoto la operación de toda la central o solamente parte de ella. Teniendo en la estación controladora señalización del estado en que se encuentran

las protecciones de la unidad y equipos auxiliares. Además se tiene la opción de conocer el estado de todos los parámetros por medio de la medición a remoto.

En cuanto al control se puede tener:

a) Control de la secuencia de arranque y para, dejando del despacho de carga en forma manual.

b) Control remoto total

Es necesario aclarar que para tener un control remoto total o parcial, la parte que se deseen controlar deben estar automatizadas totalmente a nivel planta.

Se pueden idear otros niveles de automatización que resultaran como combinación de los ya mencionados.

Aún cuando en los últimos años ha aumentado el interés por las plantas completamente automáticas, no parece que los criterios para elegir el mejor grado de automatización estén bien definidos, ya que el diseño de centrales para una operación completamente automática con opción al control manual, depende de la naturaleza del servicio, por lo cual es universalmente aceptado, que la automatización se obtiene siguiendo una serie de pasos en el lugar y el tiempo adecuados.

Se puede observar que existen muchas combinaciones de control y que el grado de automatización puede ser tan complicado como se quiera.

El gran número de alternativas nos lleva a realizar estudios cuidadosos para determinar la mejor solución al problema, sin embargo, esto no quiere decir que se tenga que hacer una evaluación de alternativas en forma aislada, ya que las necesidades de cada control son muchas veces razón suficiente para fijar el grado de automatización.

1.4 VENTAJAS ECONOMICAS DE LA AUTOMATIZACION.

La Comisión Federal de Electricidad cuenta con centrales de poca capacidad en las que por tener mucho personal adscrito a la central, el costo del Kw-Hr producido es mayor que el correspondiente al sistema al cual se encuentra interconectado, y existen también algunas centrales donde el rendimiento es aparentemente satisfactorio, pero son de poca confiabilidad.

Algunos estudios realizados por instituciones norteamericanas de muestran que del 75% al 80% de los gastos de operación y mantenimiento de una central, son debidas a los servicios y salarios del personal que labora en dicha central. Por lo que resulta obvio que al instalar sistemas de control automático en las centrales, se obtendra un ahorro bastante considerable en los costos de operación, ya que será necesario menos personal para la operación de la central, lo cual permite amortizar el costo de la inversión en poco tiempo.

1.5 APLICACION DE LA AUTOMATIZACION EN LA REGION DE GENERACION HIDROELECTRICA GRIJALVA.

La política de la región de generación hidroeléctrica Grijalva - en estos últimos años ha sido la de automatizar las centrales de control manual hasta el nivel semi-automático, dejando el despacho de carga a cargo de un programador electrónico, que funciona basado en un programa nivel de agua contra carga a generar, - lo anterior se ha realizado en las centrales de : Schopoina, Bombana y Tamazulapan donde la capacidad instalada por unidad es inferior a 1,200 Kw.

A la central hidroeléctrica José Cecilio del Valle localizada en las inmediaciones de la ciudad de Tapachula Chiapas, la cual es considerada de mediana capacidad por estar compuesta de tres uni

dades de 6 MVA. Esta central quedo totalmente automática, se le instalo un sincronizador automatico marca Basler y tres programadores electrónicos de carga.

Actualmente se tiene planeado automatizar totalmente las centrales de Bombana y Tamazulapan, lo cual se planea como campo de entrenamiento del personal que se hará cargo de la automatización total de las centrales de la Región que se encuentran sobre el río Grijalva, Angostura (Belizario Domínguez), Chicoasen (Manuel Moreno Torres) y Raudales Malpaso.

En las centrales de gran capacidad gran parte de la secuencia de arranque es automática, en algunas hasta el rodado de la turbina y otras como en la Central Manuel Moreno Torres "Chicoasen" tiene automatizado hasta el cierre de quebradora de campo y la excitación del generador. En esta central el trabajo sobre todo es de retazar las partes débiles de las secuencias para dar una mejor confiabilidad.

El nivel de automatización que se pretende en las centrales de gran capacidad es hasta la sincronización automática. En un futuro cercano se pretende instalar un equipo de control remoto para tener control y señalización de la C. H. Angostura y C. H. Malpaso desde la C. H. Manuel Moreno Torres "Chicoasen".

El objeto del presente estudio se enfoca a la realización del proyecto de automatización de la Central Hidroeléctrica Tamazulapan.

CAPITULO II

UBICACION Y CARACTERISTICAS DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA TAMAZULAPAN.

2.1. LOCALIZACION.

La Central Hidroeléctrica Tamazulapan se encuentra situada a 8 Km del pueblo de Tamazulapan en el municipio de Teposcolula del Estado de Oaxaca.

Es una central hidroeléctrica perteneciente a la Región de Generación Hidroeléctrica Grijalva de la Comisión Federal de Electricidad.

El agua necesaria es provista por los ríos Tejupan y Teotongo, al caudal de esto se ve aumentado por el agua proveniente de varios ojos de agua localizados en las cercanías del pueblo de Tamazulapan, los cuales contribuyen con un poco más de un metro cúbico -- por segundo.

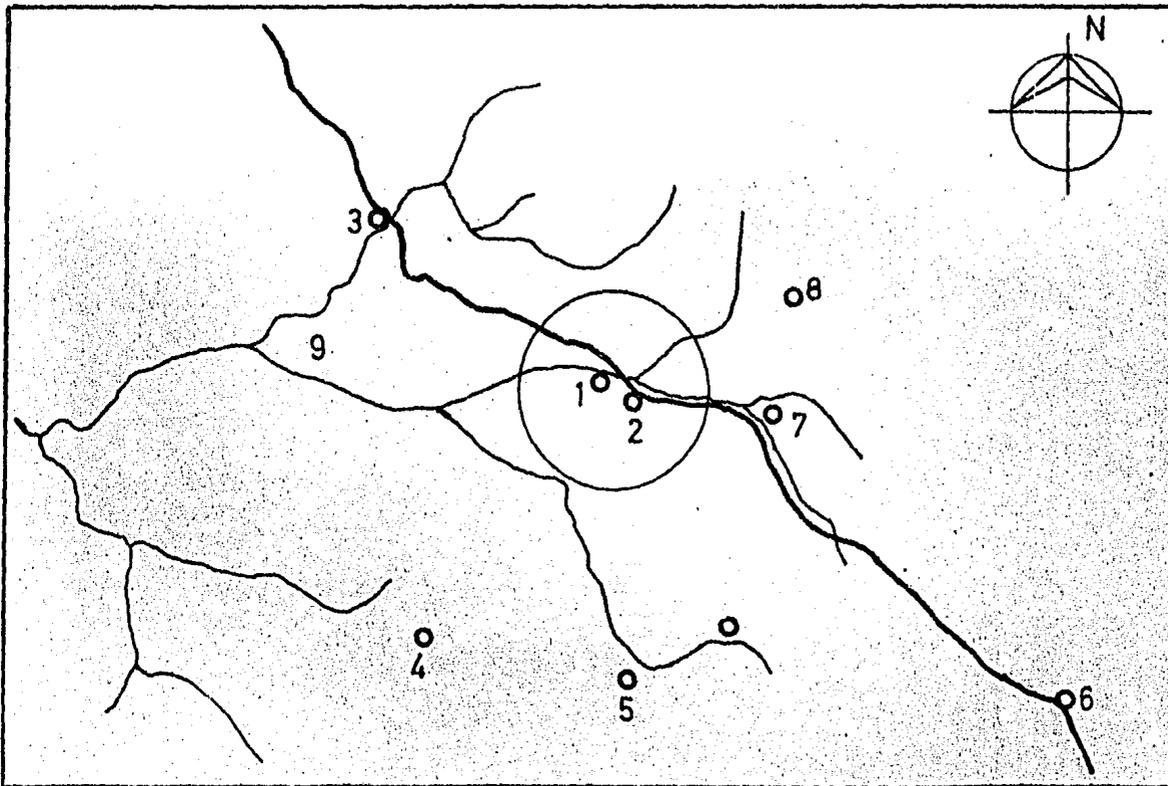
La central está bien ubicada ya que se encuentra unos cientos de metros de la carretera Internacional. El camino de acceso a la -- central entronca con esta a la altura del kilómetro 382.

La central se encuentra a una altitud de 1758 metros sobre el nivel del mar.

2.2 DESARROLLO HIDROLOGICO.

La central cuenta con una presa derivadora en la confluencia de -- los ríos antes mencionados, esta es utilizada para regular el flujo de agua hacia la central y hacia el río del Oro que es la continuación de los ríos Tejupan y Teotongo.

Dicha presa cuenta con un vertedor de demasías que controla el nivel de agua de la presa, el agua que se derrama por ésta alimen-



EXPLICACION DEL MAPA. ESCALA 1:500 000

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1.- C. H. Tamazulapan. | 2.- Pueblo Tamazulapan. |
| 3.- Huajuapán de León. | 4.- Chilapa de Díaz. |
| 5.- Yolomecatl. | 6.- Nochistlán. |
| 7.- Tejupán. | 8.- Teotongo. |
| 9.- Río del Oro. | |

U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZACION
DE LA C.H.
TAMAZULAPAN

ta el cauce del río del Oro. Este vertedor es muy importante en épocas de lluvias cuando los ríos se crecen y arrastran mucha basura.

La presa tiene una compuerta de control, la cual regula el flujo de agua que va hacia la central y además desarenador muy útil para desasolar el lodo acumulado en el fondo de la presa, abundante en época de lluvias.

El tipo de estas dos compuertas es radial, el control de estas se realiza en forma manual por medio de una manivela.

La presa aporta a la central aproximadamente 50 millones de metros cúbicos al año.

La conducción del agua se realiza primeramente por medio de un túnel de aproximadamente 446 metros de longitud y 1.22 metros de diámetro, para continuar con una sección de portal de 221 metros de longitud, estos dos túneles son utilizados para cruzar parte de un predio y la carretera Internacional.

La conducción del agua se realiza de un canal abierto de forma trapezoidal de 1.20 metros de ancho en la parte superior y un metro de profundidad con una longitud hasta el tanque regulador de 6,335 metros.

El canal está construido con piedra, este circunda una serie de pequeñas montañas ya que la orografía de esta región es bastante accidentada, junto a este va el camino que conduce de la presa derivadora hasta la obra de toma, en algunas secciones, el canal se encuentra tapado con lozas de concreto debido a los frecuentes derrumbes.

El tanque regulador es de forma circular con 45.25 metros de diámetro y 4.50 metros de profundidad, está dividido por la mitad en dos secciones. Cada parte tiene acceso al canal de conducción y al canal de fuerza, y el control del flujo de agua lo realiza una compuerta radial en cada caso. Cada mitad cuenta con una compuerta-desarenador utilizada para desasolar el lodo acumulado -

en el fondo y además para la maniobra de vaciado cuando así lo requiera la central.

El tanque regulador tiene una capacidad total de 6740 metros cúbicos.

Continúa hacia la obra de toma a través del canal de fuerza de forma trapezoidal también abierto, con una capacidad promedio de 4.87 metros cúbicos y una longitud total 376 metros.

La obra de toma cuenta con una compuerta que lo comunica con la tubería de presión y un desarenador necesario para la limpieza de fondo lodoso, la cual también es utilizada para el vaciado del canal de fuerza.

Estas dos compuertas se encuentran motorizadas, el control se realiza mediante un interruptor termomagnético reversible, el cual cuenta con una estación de botones para abrir, cerrar y parar la apertura o cierre de la compuerta en el momento que se desee.

Para protección tiene instalados dos fines de carrera una al 0% y otro al 100%.

Al principio de la tubería de presión se encuentra colocada una rejilla que impide el paso de basura y otros objetos arrastrados por la corriente del canal.

Tiene conectado al principio de la tubería de presión un tubo de aspiración en forma de escuadra, que se utiliza como respiradero de la misma en la maniobra de llenado.

La tubería de presión tiene una longitud total de 545 metros y una caída neta de 149.5 metros el diámetro interno es de 1.00 metros.

La tubería de presión se divide en dos ramales, para alimentar a cada una de las dos turbinas.

La válvula de control de acceso del agua a la turbina es esférica la parte móvil de la válvula es una esfera que tiene un orificio en el centro el cual la atravieza.

Cuando la válvula esta en posición de abierta, el orificio queda alineado con la tubería de presión permitiendo el paso del agua.

Cuando se encuentra en posición de cerrada el orificio queda perpendicular a la tubería de presión impidiendo el paso del agua. La válvula gira sobre un eje que imaginariamente pasa por el centro de la esfera, esta articulada a la carcasa por medio de bujes. Es movida por un terbotomator hidroneomática de doble efecto acoplado a la válvula por medio de una palanca.

El control de la válvula se encuentra en una consola situada a un costado del regulador de velocidad, esta provista de una palanca de dos posiciones una para abrir y otra para cerrar, tiene colocadas dos lamparas de señalización para indicar el estado de la válvula.

En la misma consola se encuentra una palanca de engrasado ya que se encuentran graseras en todas las partes móviles de la turbina y regulador de velocidad.

Cuenta la central con dos turbinas hidraulicas tipo Pelton horizontal de doble chiflón, éstas son marca Drees las cuales funcionan a una velocidad nominal de 450 rpm y un gasto máximo de un metro cubico por segundo, la cual fue diseñada para funcionar con una caída de 149.5 metros su consumo específico de agua es 2.75 metros cubicos por Kw-Hora.

La turbina además se encuentra equipada con un chiflón de paro, el cual únicamente se utiliza en casos de emergencia cuando la turbina no se puede detener por otro medio, ya que la turbina puede girar en sentido contrario a su sentido natural de giro con lo cual pueden dañarse las chumaseras.

La cantidad de agua pasa atravez de los chiflones es controlada por el regulador de velocidad, que se autojusta a las necesidades de la carga mantenimiento la velocidad de la turbina constante, no importando el demandado por el generador siempre y cuando no exeda la capacidad de la turbina, esta capacidad se ve ligeramente incrementada cuando el nivel de agua en la obra de toma se incrementa mas alla de lo nominal.

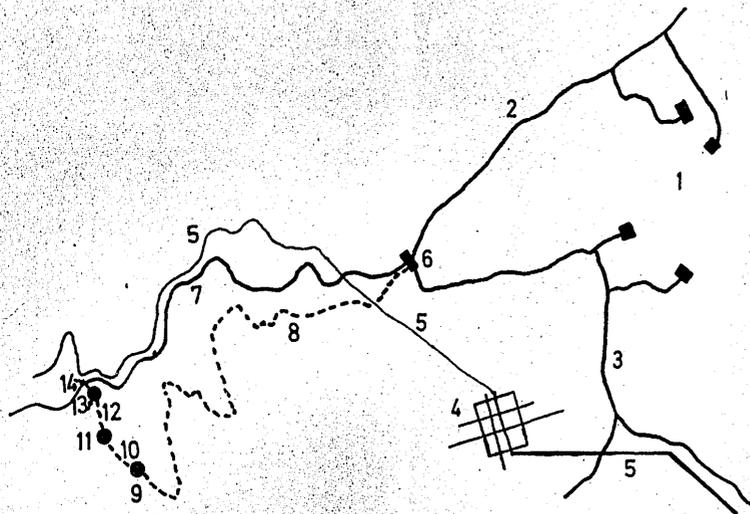
Los chiflones tienen en su interior una aguja que se encarga de regular la cantidad de agua que pasa hacia la turbina, estas tienen en la parte posterior unos resortes que ayudan en la maniobra de cierre haciendo hacia atraz a la aguja.

Cada chiflón cuenta además con un deflector, que consiste en una caja de acero articulada en uno de sus extremos que puede cubrir totalmente al chiflón o desviar el chorro de agua en otra dirección. El deflector de chorro y las agujas constituyen los instrumentos de regulación ya que son los que directamente controlan el flujo de agua.

El deflector de chorro y las agujas son movidas por medio de un serbomotor oleoneumatico acoplado a estas mecanicamente, este serbomotor se encuentra gobernado por un par de péndulos (regulador de watt) los cuales giran a una velocidad proporcional a la de la turbina ya que se encuentran acoplados por medio de una banda.

Estos tienen un punto de equilibrio cuando la unidad se encuentra girando a su velocidad nominal, en el momento que se exede esta velocidad en un rango apreciable por el regulador, los péndulos tienden a separarse por lo que el mecanismo de regulación hace que el serbomotor maestro se mueva lo suficiente para cerrar las agujas-- la cantidad necesaria para que la turbina vuelva a su velocidad nominal. En el caso que suceda lo contrario es decir que la turbina baje su velocidad el mecanismo de regulación hará que la turbina regrese a su velocidad nominal,, es decir moverá el serbomotor haciendo que las agujas habrán.

El control externo del regulador funsionando este en automático se realiza por medio del gobernador 65 P. Cuando la unidad se encuentra operando fuera del sistema (en vacio) este tiene efecto directamente en la velocidad y cuando se encuentra con carga tiene directamente sobre esta, ya que la unidad debido a su poca capacidad funciona a la turbina tendrá efecto unicamente en la carga generada.



EXPLICACION DEL DIAGRAMA.

- 1.- Ojos de Agua.
- 2.- Río Teotongo.
- 3.- Río Tejupán.
- 4.- Pueblo de Tamazulapan.
- 5.- Carretera Internacional Cristóbal Colón.
- 6.- Presa Derivadora.
- 7.- Río del Oro.
- 8.- Canal de Conducción.
- 9.- Tanque Regulador.
- 10.- Canal de Fuerza.
- 11.- Obra de Toma.
- 12.- Tubería de Presión.
- 13.- Casa de Máquina.
- 14.- Desfogue.

U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA

DESARROLLO HIDROLOGICO
DE LA C.H.
TAMAZULAPAN

Intimamente ligada con el gobernador 65 se encuentra su limitador de carrera 65 ML, este actúa como gobernador de la máxima posición del gobernador 65 P, con este se puede fijar la carga máxima que puede tomar la unidad.

Para el enfriamiento de aceite de las chumaceras se utiliza un serp per tín, el cual se encuentra sumergido en el agua de desfogue de la turbina.

Para protección de las chumaceras y demas rodamientos esta cuenta con un dispositivo centrifugo que detecta cualquier sobrevelocidad de tal forma que al presentarse ésta cierra su contacto que manda energizar el relevador 12X.

Se encuentra acoplado a la flecha un generador de imanes permanentes "PMG" el cual provee una señal de voltaje para los detectores de velocidad nominal 13 y velocidad de frenado, 14.

El PMG varia su voltaje de generación y frecuencia de acuerdo a la velocidad a la cual se encuentra girando.

También integrado el regulador de velocidad se encuentra una electroválvula llamada Shout Down "65 S" la cual actúa como by pass -- que alimenta presión hacia el lado de cierre del serbomotor logran dose un cierre rápido de agujas y operación del deflector de cho-- rro. Esta es muy útil cuando se requiere una acción rápida cuando se presenta condiciones de falla.

2.3

SECCION ELECTRICA.

La central cuenta con dos generadores marca ASEA con una capacidad de 1,500 kva, trabajando a un factor de potencia de 0.8 y una frecuencia nominal de 60 Hz, la unidad gira a una velocidad nominal de 450 rpm. El voltaje de generación es 2,400 volts, su conexión es estrea solidamente aterrizada.

El enfriamiento del generador se realiza por medio de aire, el cual es provisto por aspas colocadas en la periferia de rotor del propio generador. La temperatura máxima de operación del generador es de 55 °C.

Igualmente acoplada a la flecha se encuentra su excitatriz de marca ASEA con capacidad de 18.2 kw, con voltaje nominal de generación de 110 vcd y una corriente de 165 amps, y puesto que esta acoplada a la misma flecha gira a 450 rpm.

La regulación de la tensión se puede hacer en forma manual o automática, la primera se realiza poniendo el regulador de tensión en su posición manual (posición 0) y controlando manualmente la tensión con el reostato de campo (70), la segunda se realiza poniendo el regulador de tensión en automático (posición 1) y este se encarga de mantener la tensión constante dentro de un rango determinado en caso que se desee hacer un ajuste de la tensión para corregir el factor de potencia esto se realiza por medio del reostato de ajuste fino. El regulador de tensión es de marca ASEA del tipo de balansin, este es electromecánico.

El circuito de excitación no cuenta con quebradora de campo (41) si no unicamente con fusibles para protección del circuito de excitación.

Al generador se encuentran conectados Tp's y Tc's para protecciones y medición.

Con relación a las protecciones electricas de las partes mecánicas se cuenta con detectores de temperatura (termopares) colocados en cada una de las tres chumaceras y un presostato que funciona como detector de baja presión de aceite de lubricación de chumaceras.

Las protecciones con que cuenta cada unidad son:

- a) 43 RB (rotura de la banda que comunica la flecha de la unidad con los péndulos del regulador de velocidad).
- b) 12X (sobrevelocidad de la turbina).

- c) 87 (protección diferencial por fase del generador).
- d) 50/51 (sobre corriente temporal e instantánea del generador).
- e) 38 RV (baja presión de aceite regulador de velocidad).
- f) 51 N (sobrecorriente instantánea a tierra)

Los detectores que indican sobre temperatura en cada una de las chumaceras 63x1, 63x2, 63x3 solamente se señalizan a diferencia de las anunciadas en el párrafo anterior, que operan el relevador de bloqueo sostenido '86' mandando en consecuente disparo de interruptor de máquina, la señalización se realiza en el Panalarm, que cuenta con alarma luminosa y sonora para mayor eficacia.

Ambas unidades se encuentran conectadas al bus de 2400 volts cada una a través de su propio interruptor, unidad No. uno 2105, unidad dos 2205, este bus se encuentra en la parte posterior del tablero. El bus de 2,400 volts se encuentra interconectado al bus de 13,800 a través del transformador T-1, este es de marca IESA con relación de transformación de 2,400/13,800 volts e impedancia de 5.76%, el transformador se conecta con el bus de 2,400 volts a través del interruptor 2735, el transformador T-1 tiene de sobrecorriente en cada una de las tres fases y protección de sobrecorriente a tierra.

Al bus de 13,800 volts se encuentran conectados en Delta abiertos reguladores de tensión marca Siemens del tipo autotransformador.

Al bus de 13,800 volts se encuentran conectados los siguientes circuitos de distribución:

- El circuito de distribución 4022 conectado a través de su restaurador 4022 y sus cuchillas laterales 4021 y 4029, alimenta la población de Tamazulapan y su zona aledaña, este circuito tiene conectados Tc's para medición y Tc's para las protecciones.

- Esta conectado además el circuito 4012 a través de su restaurador 4012 y sus cuchillas 4211 y 4019, que alimenta la zona aledaña a Chilapa de Díaz, tiene conectados sus respectivas Tc's, para

protección y medición.

-Esta tomada de este bus la acometida para alimentar el transformador de servicios propios de la central, a través de cuchillas fusible, la tensión se reduce de 13,800 volts a 220 volts-127volts, a través del transformador de s.p. con capacidad de este es de -- 45 kva.

Se toma de este bus la acometida para alimentar las casas habitación y alumbrado exterior del campamento.

Tiene un respaldo de la línea de 69 kv que viene de la subestación Huajuapán de León, esta línea es el nexo con el sistema eléctrico nacional, la cual es de mucha utilidad cuando la central está fuera de servicio por mantenimiento o falla, para reducir la tensión de dicho respaldo se utiliza el transformador T-4 con capacidad de 2 Mva y 9.84% de impedancia, esta conectado al bus de 13,800 volts a través del interruptor 4730 y las cuchillas laterales 4739 y 4731, para protección de esta tiene conectados sus respectivos Tc's.

Este bus tiene conectado dos Tp's en delta abierta los cuales son utilizados para medición.

El bus de 2,400 volts tiene otra salida, esta es hacia el bus de 34,500 volts y se realiza mediante el transformador T-2 de marca DHSA de relación 2,400/34,500 volts impedancia del 5,56%. esta conectado con el bus de 2,400 volts a través del interruptor 2745.-

El Transformador T-2 tiene protección de sobrecorriente en cada una de sus tres fases y protección de sobre corriente a tierra.

El bus de 34,500 volts esta conectado también un circuito de distribución, el 5030 que va a la subestación Yolomecatl y de ahí -- hasta más allá del pueblo de Nochistlán, este circuito esta conectado a través del interruptor 5030 y de sus cuchillas laterales - 5031 y 5039.

Tiene esta línea conectados tres reguladores de tensión marca -- Siemens del tipo autotransformador, la conexión de estos es estrella aterrizada este circuito tiene conectado Tc's para medición y

protección del transformador.

Esta subestación tiene otro respaldo de la línea de 69 kv de Huajuapán de León, por que no era conveniente que el bus de 2,400 -- volts que se encuentra en la parte de atrás del tablero sirviera para enlazar toda la subestación, ya que por el debería pasar toda la carga de circuitos 34,500 volts, el enlace del bus de 34.5k con el de 15.8 kv se realiza a través de los interruptores el --- 6040 en 69 kv y el 5040 en 34.5 y las cuchillas laterales 6749 en 69 kv, 5049 y 5041 en 34.5 kv.

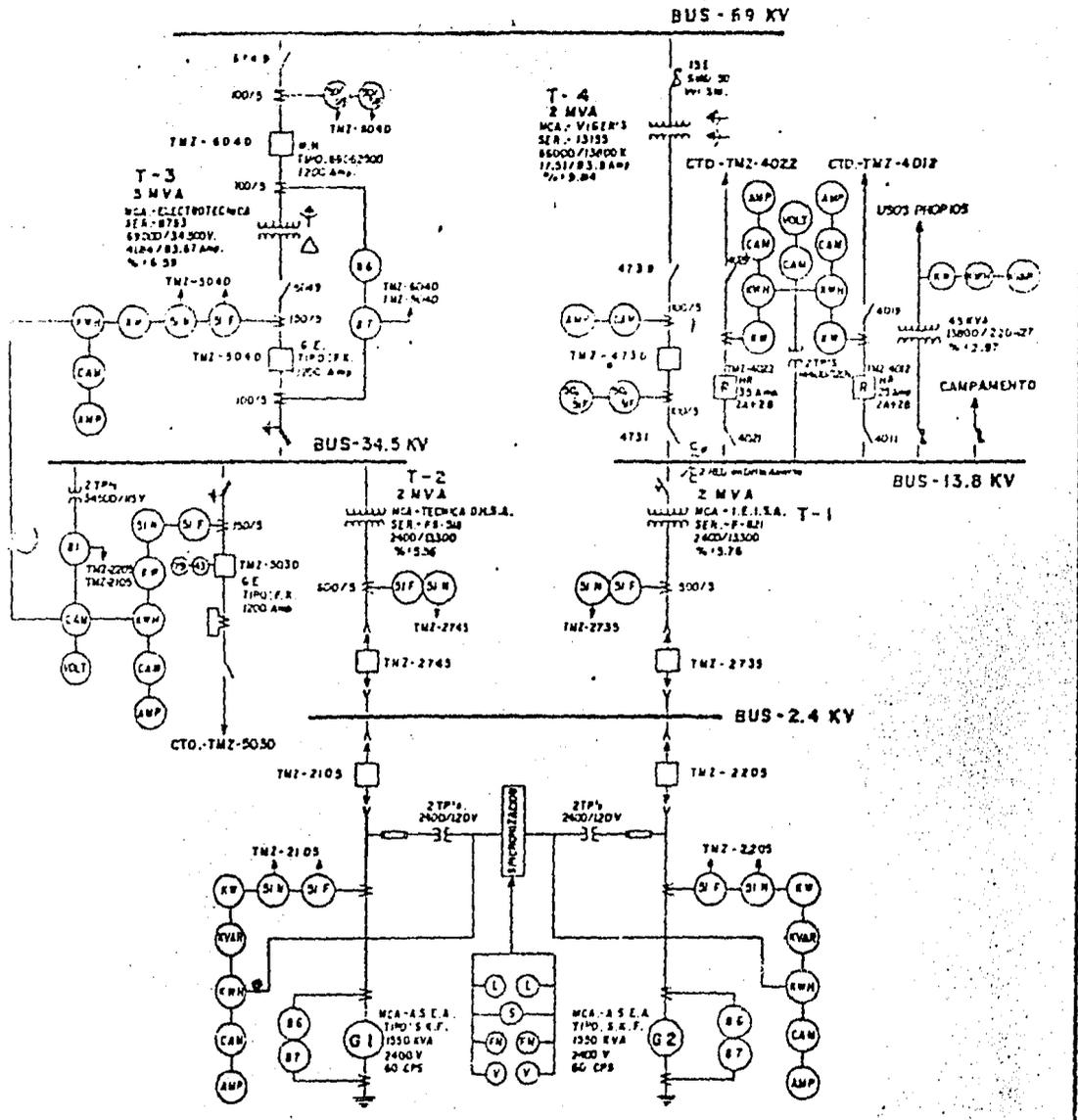
El transformador de enlace entre los dos interruptores es T-3 de marca Electronica con 5 mva de capacidad con relación de transformación 69/34.5 kv y 6.59% de impedancia.

El bus de 34.5 kv tiene conectados en delta abierta Tp's para medición.

Del Transformador de servicios propios se lleva la acometida al ta blero simplex donde se encuentra otra acometida que viene de la u nidad auxiliar, las dos estan conectadas por medio de interruptores termomagneticos que tienen dispositivo mecánico que permite - que unicamente este cerrado uno de los dos interruptores.

La unidad auxiliar consta de un generador sincrono acoplado a un motor diesel dicho generador tiene las siguientes características voltaje nominal 220-127 volts, se encuentra conectado en estrella su velocidad nominal es de 1800 rpm con frecuencia de 60 Hz, tiene una capacidad de 31.25 y una corriente hasta de 82 amp.

La central tiene un banco de baterías con una tensión entre sus - bornes de 125 vcd, la cual es utilizada para las protecciones y - alumbrado de emergencia, para mantener la carga de este banco se cuenta con dos cargadores, que consisten en dos generadores de -- corriente directa acoplados a un motor de corriente alterna, es-- tos se conocen como MG-1 y MG-2.



S. E. TAMAZULAPAN
DIAGRAMA UNIFILAR

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

ESCALA : 3 / E	APROBO	Huajuapán de León, Ler.
ACOTACION : 3 / A		OCT / 82
PREPARACION: MCH-V.D.M.J		
DIBUJO : A. A. C.	ING. A. CHAY SOLIS	
REVISOR: ING. V. J. M. L. M.		

DESCRIPCION DEL TABLERO DE CONTROL ELECTRICO

PRIMERA SECCION.

- 1.- Voltmetro de voltaje de bus, escala de 0 a 3 kv.
- 2.- Voltmetro de voltaje de máquina, escala de 0 a 3 kv.
- 3.- Frecuencímetro de bus, escala 55 a 65 Hz.
- 4.- Frecuencímetro de máquina, escala 55 a 65 Hz.
- 5.- Sincronoscopio rotatorio.
- 6.- Lámpara de sincronización.

SEGUNDA SECCION.

- 1.- Ampermetro unidad No. 1, escala de 0 a 500 amp.
- 2.- Voltmetro unidad No. 1, escala de 0 a 3 kv.
- 3.- Wattmetro unidad No. 1, escala de 0 a 2 Mw.
- 4.- Varmetro unidad No. 1, escala de 0 a 1.5 Mvar.
en adelante y 0 a 1.5 Mvar en atraso.
- 5.- Frecuencímetro unidad No. 1, escala 55 a 65 Hz.
- 6.- Panalarm.
- 7.- Regulador de tensión marca ASEA.
- 8.- Conmutador de regulador de tensión manual-auto.
- 9.- Reostato de ajuste fino. -90-
- 10.- Reostato de campo. -70-
- 11.- Selector de fases del voltmetro de máquina.
- 12.- Selector de fases del ampermetro de máquina.
- 13.- Relevador de sobretemperatura de chumacera. 38X
- 14.- Relevador de protección de sobrevelocidad. 12X
- 15.- Relevador de protección baja presión de aceite chumacera. 63X
- 16.- Relevador de protección sobre corriente generador, 50/51
- 17.- Relevador de protección diferencial 87X

TERCERA SECCION.

- 1.- Protección diferencial fase A, B, C, 87
- 2.- Conmutador para bajar y subir gobernador 65 ML.

- 3.- Conmutador para bajar y subir gobernador 65 P.
- 4.- Ménsula de sincronización.
- 5.- Conmutador abrir-cerrar interruptor 2745.
- 6.- Conmutador abrir-cerrar interruptor unidad No. 1
- 7.- Relevador de bloque sostenido 86 M.
- 8.- Watthorimetro unidad No. 1, contante 100.
- 9.- Tacómetro de unidad No. 1

CUARTA SECCION.

- Identico a la sección dos de la unidad No. 1

QUINTA SECCION.

Identico a la sección tres de la unidad No. 1 con excepción- que en vez de conmutador para abrir y cerrar interruptor -- 2745, en este caso para la quinta sección es el interruptor de 2735.

SEXTA SECCION.

- 1.- Ampermetro línea 4012, escala 0 a 50 amp.
- 2.- Wattmetro línea 4012, escala 0 a 1000 kw.
- 3.- Ampermetro línea 4022, escala 0 a 15 amp.
- 4.- Wattmetro línea 4022, escala de 0 a 300 kw
- 5.- Volmetro línea Huajuapán de León 69 kv.
- 6.- Conmutador apertura cierre interruptor 5040
- 7.- Conmutador apertura cierre interruptor 6040
- 8.- Watthorimetro circuito 4012
- 9.- Watthorimetro circuito 4022
- 10.- Ampermetro circuito 5030, escala de 0 a 100 amp.
- 11.- Wattmetro circuito 5030 escala de 0 a 4500 kw
- 12.- Conmutador apertura cierre del interruptor 5030
- 13.- Control recierre 5030
- 14.- Watthorimetro del circuito 5030
- 15.- Selector de fases ampermetro circuito 4012

- 16.- Selector de fases ampermetro circuito 4022
- 17.- Selector de fases volmetro bus 13.8 kv.
- 18.- Selector de fases ampermetro circuito 5030
- 19.- Selector de fases volmetro bus 34.5 kv.
- 20.- Waththorimetro circuito 5030

SEPTIMA SECCION.

- 1.- Relevadores protección diferencial transformador T-1
- 2.- Relevadores protección diferencial Transformador T-2
- 3.- Conmutador de reposición del 87T
- 4.- Relevadores de protección sobrecorriente a tierra 51N el trans -
formador T-1.
- 5.- Relevador de protección sobrecorriente a tierra 51N de trans -
formador T-2.
- 6.- Protección sobrecorriente línea 5030
- 7.- Protección sobrecorriente línea 6030
- 8.- Protección diferencial transformador T-3

OCTAVA SECCION.

- 1.- Braker's cargadores MG-1 y MG-2
- 2.- Alumbrado C.C.
- 3.- Detector de tierras.
- 4.- Control MG-1 y MG-2
- 5.- Volmetro C.C.
- 6.- Ampermetro C.C.
- 7.- KWH C.C.

2.5 CONSIDERACIONES SOBRE LA OPERACION DE UNA CENTRAL HIDROELECTRICA.

Para poner en servicio la operación de una central hidroeléctrica y en general cualquier central generadora, el operador cuenta con una secuencia lógica a seguir, para obtener un arranque preciso y-

sin riesgo de falla.

Esta secuencia de arranque principia con la revisión de las condiciones necesarias para que la central pueda ponerse en operación y termina cuando el generador queda sincronizado al sistema. En cada paso de la secuencia el operador tiene que ir comprobando a través de los instrumentos que se encuentran en los tableros que se cumpla el paso de la secuencia que es ese momento lo ocupa, para que al concluir éste continúe con el siguiente, en caso de que no se cumpla indagar la causa, si no es posible arreglarlo, suspender la secuencia de arranque y dar marcha atrás.

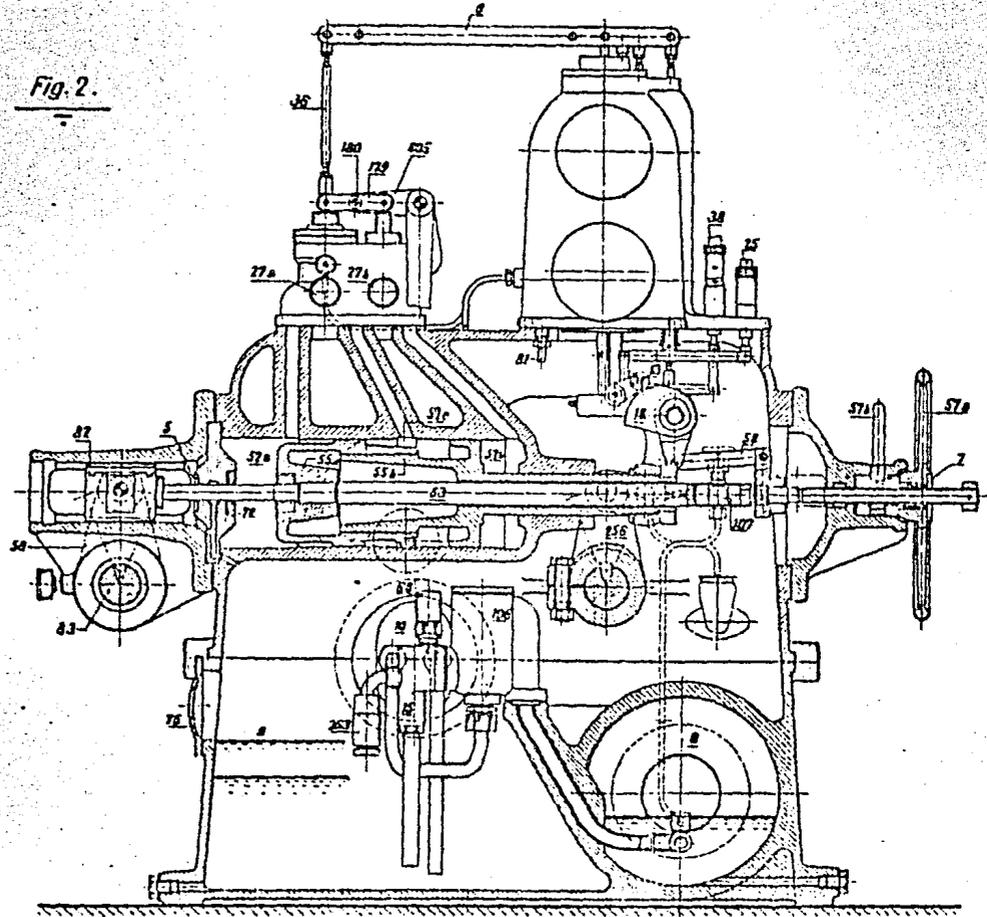
Es importante hacer notar que el operador tiene que regular a mano todos los parametros que sean necesarios para el buen funcionamiento de la central.

La regulación de la frecuencia estando la máquina en operación lo realiza el regulador de velocidad, este puede ser totalmente mecánico como en las centrales de manufactura antigua o electromecánico-electronico como en las centrales grandes donde el cerebro que es el que realiza el control de la velocidad es eléctrico, el procedimiento de la señal del PMG, cerebro y retroalimentaciones es electrónica.

El nexo que une turbina con el regulador de velocidad tiene que ser mecánico, y esta formado por un servomotor piloto y un servomotor que controla el chiflón y deflectores de chorro o alabes - según sea el caso, los cuales tienen acción directa sobre la velocidad de la turbina.

El regulador mantiene constante la velocidad y por lo tanto la frecuencia dentro de un rango determinado, dado por los ajustes en que se encuentre. La calidad de la regulación de la frecuencia y por lo tanto el estatismo de un sistema, depende la calidad de la respuesta del conjunto turbina-regulador de velocidad - este esta directamente relacionado con los ajustes que se le hagan. Este punto es muy importante ya que en el caso de falla de-

Fig. 2.



cualquier unidad del sistema, y que por lo tanto tenga que salir de sistema, las demás unidades aun conectadas deben absorber la carga en un tiempo razonable para evitar perturbaciones peligrosas en el sistema.

Otro aspecto muy importante desde el punto de vista económico y técnico, es el del factor de potencia al cual se esta generando ya que unicamente la compañía generadora cobra la energía activa consumida, y en el caso que estuviera generando a un factor de potencia bajo bajo estaría regalando energía, en el aspecto técnico cuando se genera demasiada potencia reactiva la corriente del generador tiende a elevarse demasiado tanto que pueda sacar de operación la unidad.

Los reguladores de tensión de las centrales pequeñas de manufactura antigua son electromecánicos como en este caso, en las centrales modernas los reguladores de tensión son de estado sólido totalmente electrónicos son una interfase de relevadores para mover al ajuste de corriente y voltaje, los cuales generalmente están motorizados, estos reguladores de tensión son a base de tiristores.

Otro aspecto de las centrales generadoras de gran capacidad es que sirven como reguladores de la frecuencia a nivel sistema, es decir en estas centrales se puede subir o bajar la frecuencia del sistema dando o quitando carga a sus unidades, esto repercute a nivel sistema debido a su gran capacidad.

Actualmente la central que regula la frecuencia a nivel sistema es la central Hidroeléctrica Manuel Moreno Torres.

Finalmente cuando la central se desea sacar de operación por necesidades de mantenimiento o porque así lo requiere el sistema (en el caso de las centrales de gran capacidad), se realiza una secuencia de paro normal, esta es una secuencia que finaliza cuando la máquina se encuentra parada y disponible por si es necesario arrancarla de nuevo.

La secuencia de paro tiene que ser gradual como la de arranque, es decir que el operador tiene que vigilar que la secuencia se vaya cumpliendo paso por paso.

Otro tipo de paro es el de emergencia, cuando se necesita desconectar rápidamente la unidad para evitar de acuerdo a la importancia del equipo a proteger, atendiendo si es o no necesario desconectar la unidad o simplemente señalar la falla.

2.6

SECUENCIA PARA EL ARRANQUE MANUAL DE LA CH TAMAZULAPAN

Antes de arrancar la central es necesario que se cumplan las siguientes condiciones ya que de lo contrario no podría efectuarse en forma correcta dicho arranque, y estaría expuesto a falla con el consecuente deterioro del equipo.

- 1.- Debe de existir el nivel de agua mínimo necesario para que la presión en la tubería sea la adecuada, aproximadamente 15 kg/cm².
- 2.- Que el nivel de aceite de lubricación de las chumaceras sea el adecuado.
- 3.- Que el limitador de apertura 65 ML este totalmente cerrado al 0%.
- 4.- Que el gobernador 65 P carga-velocidad se encuentre en su posición 0 Mw.
- 5.- Que el deflector de chorro este operado, como consecuencia de que el regulador de velocidad se encuentre bloqueado.
- 6.- Que no esten operadas ninguna de las protecciones electricas o mecánicas.

Cumplidas estas condiciones el operador dara principio a la maniobra de rodado de la turbina.

Como primer paso se abra la válvula esferica accionando la palanca colocada para tal fin en la consola ubicada a la derecha del regulador de velocidad.

Una vez abierta la válvula esférica, y el regulador de velocidad en su posición manual, se abre la válvula principal de lubricación marcada con el número 73. A continuación se hace girar el volante 57 b, en el sentido de abrir al serbomotor, junto con este se mueven las agujas hacia atrás, permitiendo el paso del agua a través del chiflón, al mismo tiempo se desopera el deflector de chorro.

En ocasiones al mover el volante el deflector de chorro no se desopera y es necesario golpearlo para que desopere, esto es debido a la baja o nula presión de aceite en el depósito de presión del regulador de velocidad. Corrigiendo esta anomalía se continúa abriendo el serbomotor a través del volante hasta que la turba alcanza el 80% de su velocidad nominal, en esta posición se abre ligeramente el limitador de apertura 65 ML y en el momento que se intenta bloquear la turbina por medio del deflector de chorro, a causa de que la máquina tiende a desbocarse, se hace el cambio de manual a automático, para realizar dicho cambio se cierran las válvulas gemelas 27a y 27b, y se abre la válvula no. 47 los cuales se pueden ver en el diagrama esquemático de la unidad, después se libera el serbomotor quitando el trinquete 57a; y se hace girar el volante 57b hasta el tope de afuera para dejar libre el serbomotor. Una vez realizado dicho cambio se abre lentamente el limitador de apertura 65 ML, hasta el 100% de su carrera, esto es para dejarle campo de acción al gobernador 65 P.

Una vez que la máquina está girando a velocidad nominal y el regulador de velocidad está en automático se procede a existir la máquina con el reostato de campo (90), al cerrar totalmente el reostato de campo se hace el cambio de manual a automático del regulador de tensión, esto se realiza moviendo la perilla localizada en el costado izquierdo del mismo regulador, de la posición 0 a la 1 ó 2.

Se colocan los selectores de los volmetros y ampermetros en las-

posiciones de corriente o voltaje entre fases que se desee medir.

A continuación se pone la ménsula de sincronización en posición manual, está conecta las señales de voltaje del bus y de la máquina, lamparas de sincronismo y el sincronoscopio rotatorio, - las cuales se pueden ver en el módulo no. 1 del tablero simplex. Conecta también un permisivo de cierre de interruptor 52 G. El operador ajusta la tensión de lamaquina con la del bus a través del reostato de ajuste fino (90) y la frecuencia es ajustada con el gobernador 65 P, el conmutador de este se encuentra - en el tablero.

Cuando el operador considera que las condiciones en que se encuentra la unidad son las adecuadas para sincronizarla al sistema, manda manualmente el cierre del interruptor de máquina.

Como el gobernador 65 P se da la carga al generador según sea necesario, siempre y cuando no exeda la potencia del generador, después se regula a mano el factor de potencia con el reostato solamente será bajada cuando el nivel de agua no permita mantenerla.

2.7 SECUENCIA DE OPERACION PARA EL PARO MANUAL DE LA CH TAMAZULAPAN.

Para dejar fuera de servicio una central por necesidades de mantenimiento, es necesario seguir una secuencia, la cual esta compuesta de los pasos necesarios para llevar a la unidad fuera de servicio.

Primeramente se procede a quitar la carga que tenga la unidad - en cuestión en ese momento, hasta llegar a 0 Mw, cuando pasa - por este punto se ordena abrir manualmente el interruptor de máquina, una vez hecho esto, se desexita la unidad haciendo girar el reostato de campo hasta su posición inicial, a continuación- se hace el cambio de automático a manual del regulador de ten- sión de 0 a 1, después se realiza el cambio de manual a automa-

tico en el regulador de velocidad, para realizarlo se abren las válvulas gemelas 27a y 27b y se cierra la válvula no. 47, se gira el volante hasta que tope con el cuerpo del regulador de velocidad, se coloca el trinquete 57b y se hace girar el volante en el sentido de cerrar el serbomotor.

Una vez que la inercia se pierde la unidad se para, y a continuación se cierra la válvula principal de lubricación no. 73 para evitar fujas y no permitir que la presión del depósito se abata rápidamente.

2.8

SECUENCIA DE PARO DE EMERGENCIA DE LA CH TAHAZULAPAN.

La secuencia de paro de emergencia se lleva a cabo cuando ocurre una falla.

El relevador que localiza la falla en cualquier parte de la unidad, energiza el relevador maestro de protección '86 ML, este manda disparar el interruptor de máquina 52G, este relevador es bloqueo sostenido por lo que hay necesidad de reponerlo cuando se corrige la falla.

Un contacto del relevador 86 M energiza la bobina de la electroválvula 65 S (Schout Down) y esta manda un cierre rápido al serbomotor, este lo transmite a las agujas y al deflector de chorro bloqueando al acceso de agua a la turbina.

CAPITULO III

SECUENCIA DE OPERACION AUTOMATICA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA TAMAZULAPAN.

3.1 INTRODUCCION.

Las centrales hidroelectricas modernas pueden contar con una secuencia de arranque y paro totalmente automáticos, es decir que para su operación no se necesita la intervención directa del operador, en cada una de las etapas de la secuencia.

La función del operador esta restringida unicamente a dar las señas de arranque y paro, dado que las condiciones de la carga estan dadas por el caudal de agua de que se puede disponer, segun sea el programa de generación del programador electrónico de carga.

Es el caso también el de algunas centrales que tiene bajo control-automático solamente una parte de la secuencia de arranque, esta puede ser hasta el rodado de la turbina o hasta el cierre del interruptor o solamente hasta el cierre de la quebradora de campo (41) y tomando el despacho de carga en forma manual, este tipo de controles se conocen como semiautomáticos.

Lógicamente se pensará que para automatizar una central hidroelectric, se hará uso inicialmente de los recursos existentes y del equipo ya instalado en la central.

Segun la importancia y la justificación económica de la central en la zona a nivel de sistema, podrán modificarse total o parcialmente los elementos ya en operación, para dejar mejor servicio y mayor confiabilidad de la propia central, ya que este es uno de los objetos de automatización.

La confiabilidad de una planta hidroelectric se reduce considerablemente si el diseño se enfoca hacia dos aspectos principales:

Seguridad en la Operación y Secuencias de Operación.

La seguridad en la operación de una central hidroeléctrica se debe hacer bajo dos puntos esenciales, la seguridad hacia el personal de operación y hacia el equipo en general instalado en la central, por otra parte es obvio que las normas de seguridad que se deben tener en cuenta para una central hidroeléctricas son -- las mismas a nivel automático o manual.

La seguridad a nivel equipo existe, si las condiciones de funcionamiento están dentro de los límites específicos por, el fabricante, este debe de estar contemplado dentro del esquema básico de protección de la central.

La falla en alguna máquina rotatoria es muy delicada ya que al -- ocurrir esta puede ocasionar grandes daños y pérdidas, por lo -- cual el detector condiciones anormales de un determinado equipo, debe rápidamente indicar y aislar el área en donde se está produciendo el problema en algunas condiciones anormales de funcionamiento no se requiere la desconexión total de la unidad ya que puede ser corregida mientras una parte permanece en servicio, y las protecciones que detectan esta anomalía deben operar alarmas existen condiciones en las cuales es necesario e indispensable -- la desconexión total de la unidad.

En todos los casos es muy importante determinar el tipo y grado de protección en relación con la importancia del equipo y riesgo de ocurrir una falla no prevista.

Los detectores de temperatura de chumacera se señalizan en el -- Panalarm, el cual cuenta con una bocina que suena al aparecer en el Panalarm la señal de alguna falla.. en las ocasiones cuando -- la desconexión total de la unidad no son necesarias o convenientes.

3.2

SECUENCIA DE ARRANQUE AUTOMATICO.

Para la secuencia de arranque se tendrán dos posibilidades de iniciarla, por un mando local que puede ser manual o automático y -- las otras por mando remoto que será exclusivamente automático. Aunque el motivo del presente estudio es una operación a nivel -- planta, se tomará en consideración la posibilidad de que dicha o- peración sea a nivel sistema, efectuandose la puesta en marcha de la planta a control remoto.

Una posibilidad de control de una central a remoto es el control- supervisorio, que se realiza a través de una señal modulada de ra dio. UHF microondas, con esto no será necesario tener ningun enla- ce por cable, las señales van directamente del centro de mando a- la central, lo que se deberá analizarserá la confiabilidad del -- sistema debido al canal de enlace.

Para el sistema de control supervisorio se instalará una estación remota en la central la cual estará mandando señalización del es tado de los interruptores y protecciones, estará además recibien- do las señales de mando de arranque y paro de cualquiera de las - dos unidades.

Otra posibilidad de enlace en el canal de comunicación sería el - uso uso de carrier onda portadora OPLAT, su función es enviar se- ñales de alta frecuencia de un extremo a otro de la línea de --- transmisión.

Automaticamente la lógica alambrada de relevadores revisará todas las condiciones necesarias para que dichas secuencias se cumplan- correctamente.

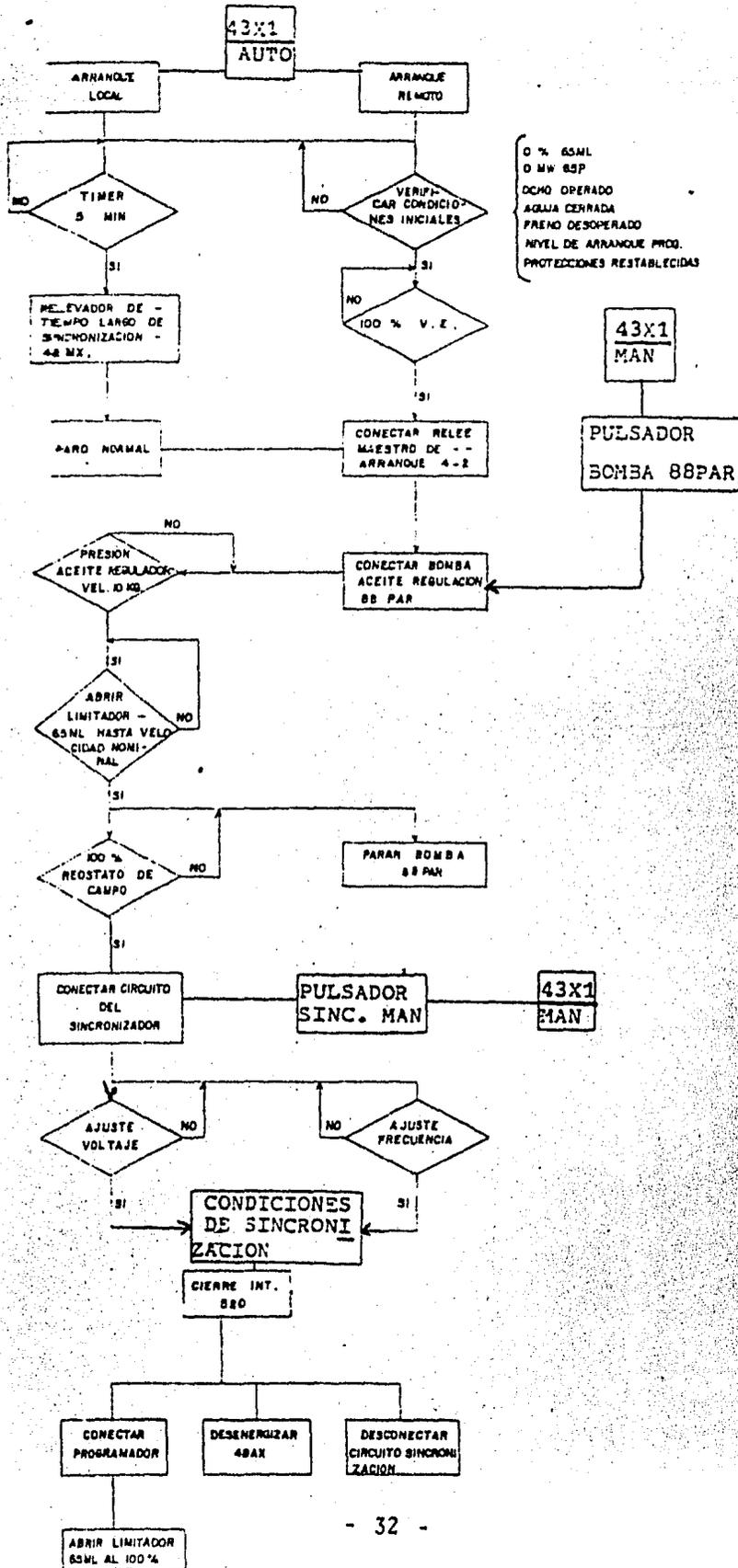
La secuencia que se requiere para el arranque automático es la i- lustrada en el diagrama a bloques anexo.

3.3

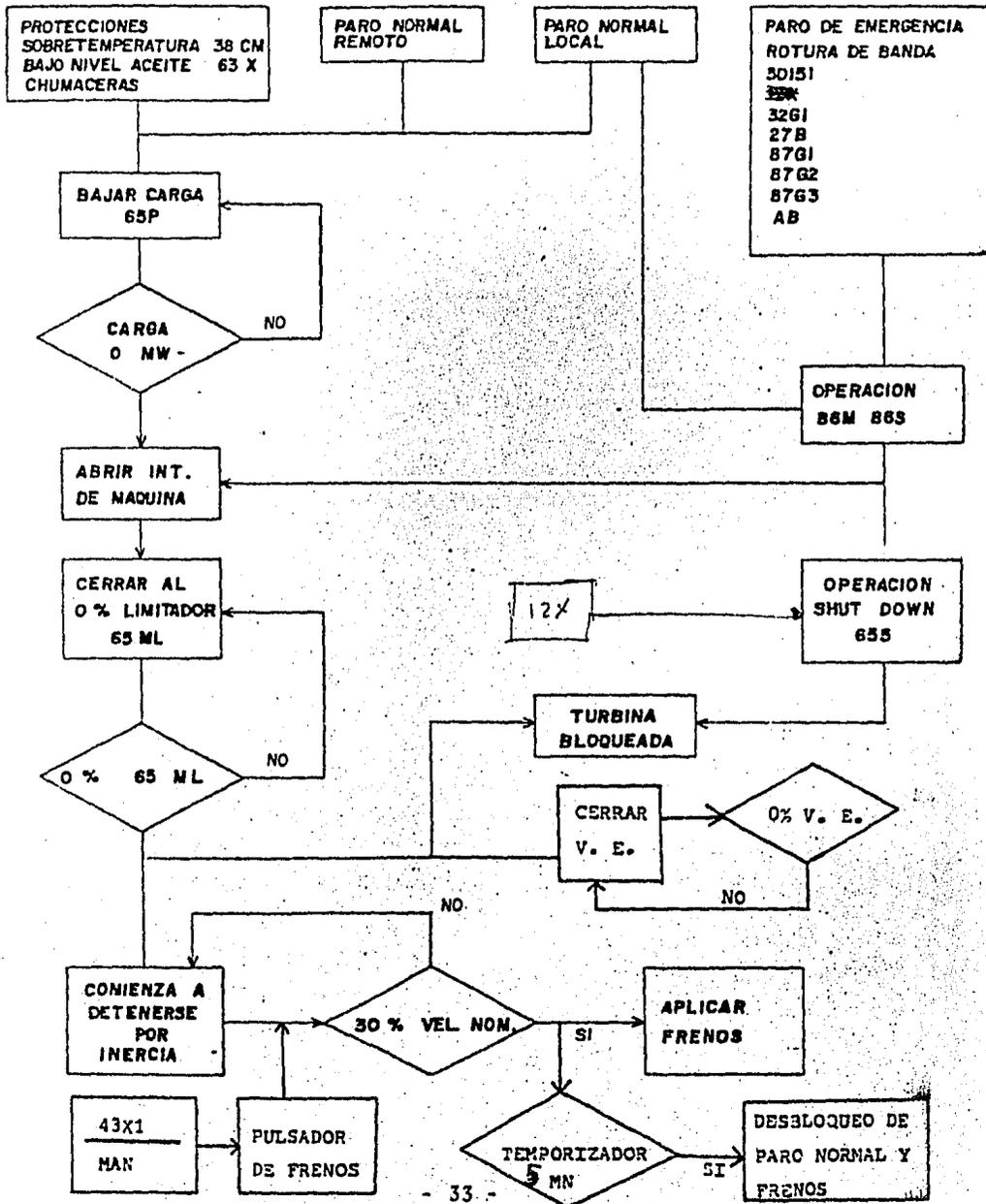
REGULACION AUTOMATICA.

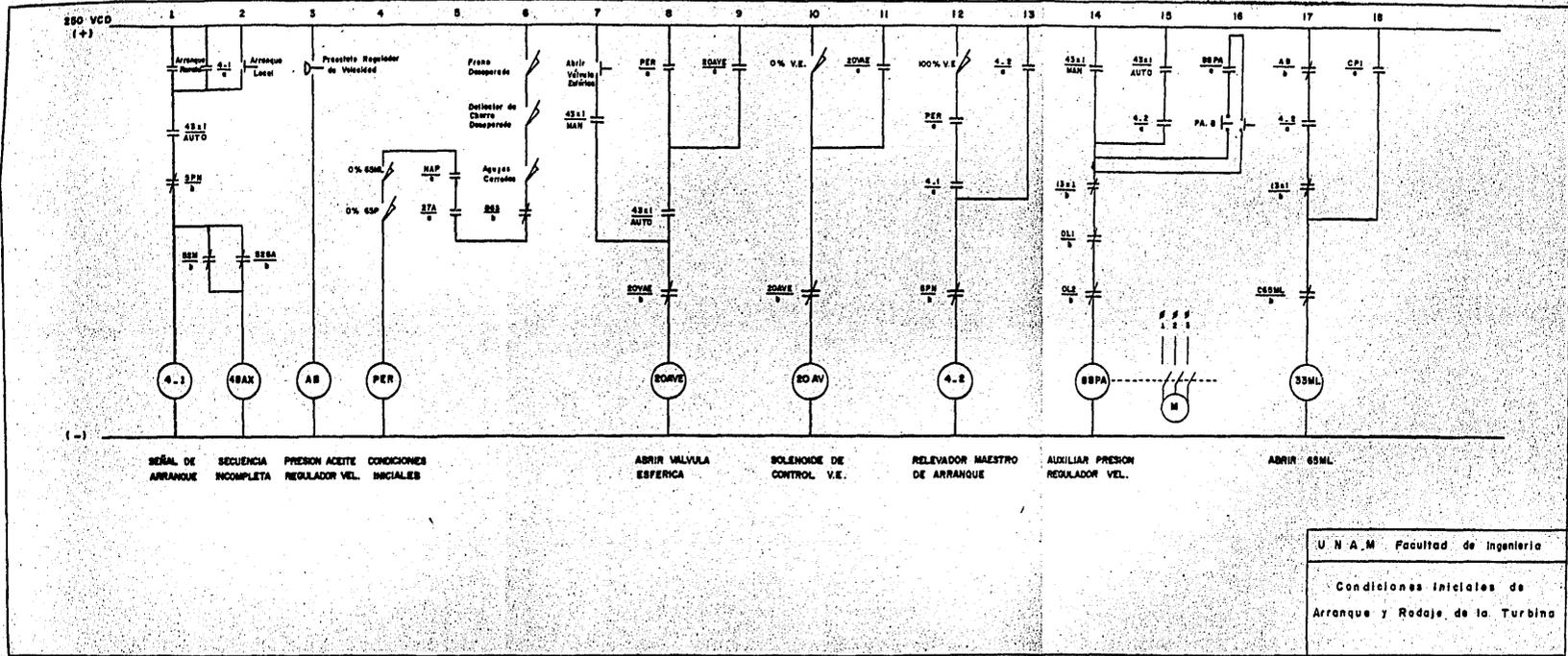
Esta fase de la operación de la unidad es muy importante ya que -

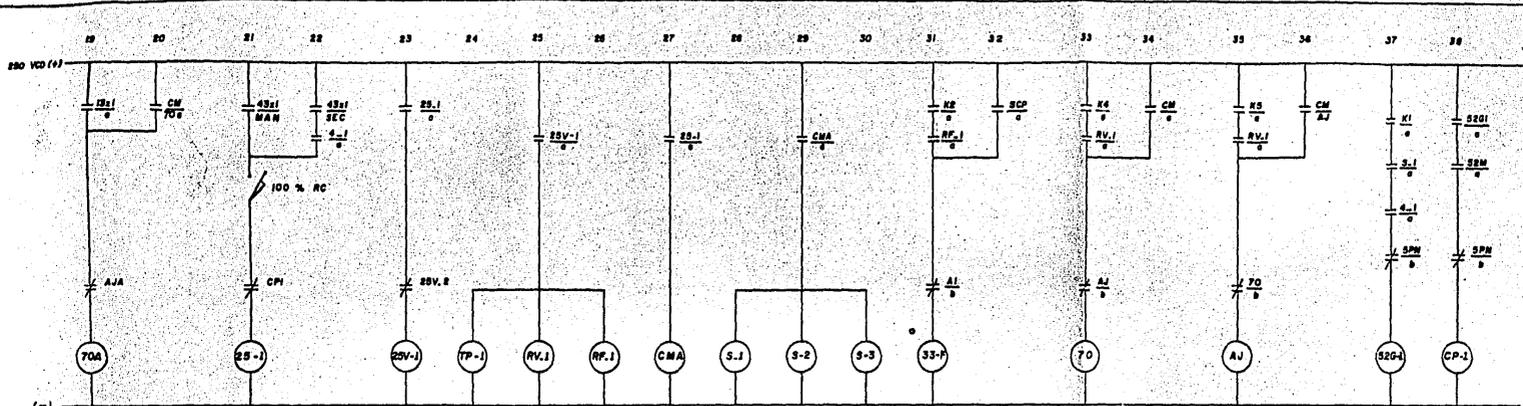
SECUENCIA DE ARRANQUE AUTOMATICO DE LA C.H. TAMAZULAPAN



SECUENCIA DE PARO NORMAL Y DE EMERGENCIA DE LA C.H. TAMAZULAPAN







SUBIR EXITACION

RELEVADOR DE SINCRONIZACION

RELEVADOR MAESTRO DE SINCRONIZACION TP MAQUINA

PERMISO SUBIR/BAJAR VOLTAJE

PERMISO SUBIR/BAJAR FRECUENCIA

MEANSULA SINCRONIZACION

PERMISO ALIMENTACION SINCRONIZADOR

PERMISO CIERRE INT. TP MAQUINA

SUBIR VELOCIDAD R.A.F.

SUBIR VOLTAJE R.A.F.

BAJAR VOLTAJE R.A.F.

CIERRE INTERRUPTOR DE MAQUINA

CONECTAR PROGRAMADOR ELECTRONICO DE CARGA

U N A M FACULTAD DE INGENIERIA

EXITACION Y SINCRONIZACION AUTOMATICA

tiene repercusiones muy dignas de tomarse en cuenta a todos niveles.

La regulación de la frecuencia estará a cargo de su propio regulador instalado. Originalmente este es mecánico, y su respuesta es muy aceptable debido a que se trata de una turbina Pelton. Periódicamente se le realizan pruebas de regulación primaria y sus consecuentes ajustes, para tener un mejor control de la turbina y evitar fallas por mala operación del regulador.

El regulador de tensión se encargará del control del voltaje, para su control manual cuenta con el reostato de campo 70 y cuando se encuentra funcionando en automático cuenta con el reostato de ajuste fino 90. Para el ajuste del voltaje. Debido a que en la hora pico la demanda aumenta la potencia reactiva absorbida por la carga el factor de potencia aumenta y se regula manualmente a través del reostato de ajuste fino.

3.4 SECUENCIA DE PARO AUTOMATICO

Es aquella que pone fuera de servicio la unidad ya sea por acción del paro manual o automático.

Existen dos alternativas de paro: paro normal y paro de emergencia el primero es por acción manual del botón de paro y el segundo por acción de las protecciones.

3.5 OPERACION AUTOMATICA DE ARRANQUE

Para arrancar automáticamente la unidad se coloca el conmutador 43X1 en la posición automático, a continuación se presiona el botón de arranque, el cual dará la orden de iniciar la secuencia de arranque.

Esta señal como ya se dijo puede darse a remoto a través de un relevador de interposición colocado en la interfase de la remota.

Al oprimir el botón de arranque que energizan al mismo tiempo al relevador de arranque 4-1 y el relevador de tiempo largo de sincronización 48AX, el cual se encuentra calibrado a 6 minutos, siendo este el tiempo máximo que puede tomar la secuencia de arranque para completarse, en el caso de no hacerlo el relevador 48AX operará el relevador de paro normal 5PN llevando a la unidad a sus condiciones iniciales de arranque se encuentre la unidad en cualquier fase de dicha secuencia.

Para que la unidad pueda entrar en operación se tienen que cumplir algunas condiciones como son:

- a) El limitador de apertura 65 ML se debe encontrar al 0% de su carrera.
- b) El gobernador de velocidad carga 65 P se debe encontrar en su posición 0 Mw.
- c) Debe de estar dada la señal de arranque del programador a través de su contacto NAP/a.
- d) Debe de estar correcta la alimentación de C. D. 27 A.
- e) No debe de estar operada ninguna protección, es decir debe estar restablecido el 86 S.
- f) Las agujas deben de estar cerradas al 0% A. C.
- g) El deflector de chorro debe de estar desoperado, como consecuencia que la unidad no se encuentra bloqueada. DCHO.
- h) El freno debe de estar desoperado. FEND.

Una vez que se han revisado todas las condiciones de arranque y estas se encuentran en orden se energizan el relevador de permisos PER, a continuación de secuencia automáticamente mandará a abrir la válvula esférica energizando el relevador 20 AVE.

Un contacto de este desenergiza el solenoide de control de la válvula de cuatro vías la cual realiza el cambio del flujo de agua

permitiendo que el serbomotor abra la válvula de acceso de agua a la turbina.

Una vez que dicha válvula se encuentra abierta al 100%, esta posición es detectada por medio de un interruptor limite el cual cumple la última condición para que se energice el relevador maestro de arranque 4-2, ya que las otras dos condiciones necesarias para que se energice este son:

- 1.- Señal de arranque dada 4-1/a.
- 2.- Permisivos de arranque cumplidos PER/a.

El relevador maestro de arranque 4-2 pone a funcionar la bomba que suministra presión de aceite al regulador de velocidad 88 PAR, que eleva la presión en la cámara del regulador hasta 15 Kg/cm^2 , presión a la que la válvula de alivio opera y regresa el aceite restante al deposito localizado en la base del mismo.

El motor de la bomba es controlado por medio de un interruptor termomagnético con el cual se tiene opción al control manual.

Un presostato conectado a la cámara de presión del regulador de velocidad, calibrado a 7 Kg/cm^2 detecta presión suficiente para que opere satisfactoriamente dicho regulador.

Al existir presión suficiente la secuencia automática de arranque manda a abrir el limitador de apertura 65 ML, dejando libre al gobernador 65 P que se encuentra en su posición de 0 Mw, y se detiene hasta que la turbina alcanza su velocidad nominal.

Electricamente esto se logra abriendo un contacto b del relevador auxiliar 13X1 en la rama que energiza al relevador 33 ML, el cual se encarga de mover el limitador de apertura hacia su posición del 100%.

Una vez que se ha detectado que la unidad gira a su velocidad nominal, la secuencia automática mandará a excitar el generador de la unidad mediante dos contactos del relevador 70A.

Es necesario aclarar que el regulador de tensión se encuentre siempre en su posición de automático, por lo que no es necesario ningún

cambio.

El circuito de excitación del generador no cuenta con quebradora de campo, y el circuito de excitación esta protegido unicamente con -- fusibles.

La bomba que suministra presión de aceite al regulador de veloci-- dad 88 PAR en el momento que la turbina alcanza su velocidad nomi-- nal se abre el contacto 13X1/b conectado en serie con la rama de -- la bobina del interruptor termomagnetico sacando esta de servicio. Cuando se detecta la posición de 100% de reostato de campo a tra-- vés de un fin de carrera, se energiza el relevador de sincroniza-- ción 25-1, que se encarga de conectar el relevador maestro de sin-- cronización 25V-1 y la ménsula de sincronización CMA.

El relevador maestro de sincronización tiene un permisivo del rele-- vador maestro de sincronización de la otra unidad, que impide que-- las señales de voltaje y frecuencia de las dos unidades entren al-- mismo tiempo al sincronizador, ya que se usa el mismo sincroniza-- dor para las dos unidades.

La ménsula de sincronización CMA se encarga de conectar los sigui-- entes permisivos:

- 1.- Permisivo de cierre de interruptor de máquina. S-2.
- 2.- Permisivo de alimentación del sincronizador. S-1.
- 3.- Permisivo de conección del Tp de máquina. S-3.

El relevador CMA se encarga también de conectar las señales de fre-- cuencia y de voltaje tanto de bus como de máquina al módulo No. 1-- del tablero simplex, dónde se encuentran colocados, el frecuencime-- tro de bus y de máquina, volmetro de bus y de máquina, sincronosco-- pio rotatorio y lámparas de sincronización.

El relevador maestro de sincronización se encarga de conectar los-- permisivos para subir y bajar voltaje (RV-1) y frecuencia (RF-1),-- además conecta un permisivo adicional para la conexión del Tp de -- máquina.

Una vez conectado el sincronizador con todos sus permisivos este -

compara los voltajes de bus y de máquina, ajusta el voltaje de máquina con el reostato de ajuste fino (90).

Para subir el voltaje de excitación a través del reostato de ajuste fino se utilizan dos contactos a del relevador 70 y para bajarlo se utiliza dos contactos a del relevador AJ.

El sincronizador también compara las frecuencias y ajusta la de la máquina con el gobernador de velocidad 65 P, esto realizan dos relevadores el 33 F para subir la frecuencia y AI para bajar la frecuencia.

El sincronizador acondiciona estas dos señales de la unidad a través de cuatro mandos:

- a) K2 para subir la velocidad.
- b) K3 para bajar la velocidad.
- c) K4 para subir la tensión.
- d) K5 para bajar la tensión.

En el momento que estas señales quedan dentro de los rangos fijados por los ajustes hechos en el propio sincronizador, y considera este que las condiciones de voltaje y de frecuencia de la máquina con respecto del bus son adecuados para la sincronización de la unidad al sistema, manda el cierre del interruptor de máquina 52 G a través del contacto K1.

En el momento que cierra el interruptor de máquina la secuencia automática ordena las siguientes operaciones:

Conecta el programador electrónico de carga a la energizar el relevador CPI, un contacto del cual permite la salida de las señales de subir y bajar carga. El relevador CPI tiene como permisivos -- un contacto del propio interruptor que se cierra cuando este realmente esta cerrado, esto es para protegerse contra cierres en falso, es decir, que el interruptor no cierre aún cuando se le haya dado la señal.

Después de conectar el programador electrónico de carga ocurre lo siguiente:

Se desconecta el circuito de sincronización desenergizando el relevador de sincronización 25-1, con lo cual se deja fuera toda la etapa de sincronización.

Manda abrir el limitador de apertura 65 ML hasta la posición de 100%, para dejar en libertad al programador de elegir la carga adecuada para la unidad.

Con esto finaliza la secuencia de arranque en automático, quedando la unidad con carga e interconectada al sistema.

3.6 OPERACION AUTOMATICA DE LA SECUENCIA DE PARO.

Se puede dar principio a la secuencia de paro por las siguientes causas:

Cuando se desea sacar de operación la unidad para mantenimiento preventivo, o cuando así lo requieren las necesidades de la central, se pulsa el botón de paro normal, este paro podrá ser local o remoto.

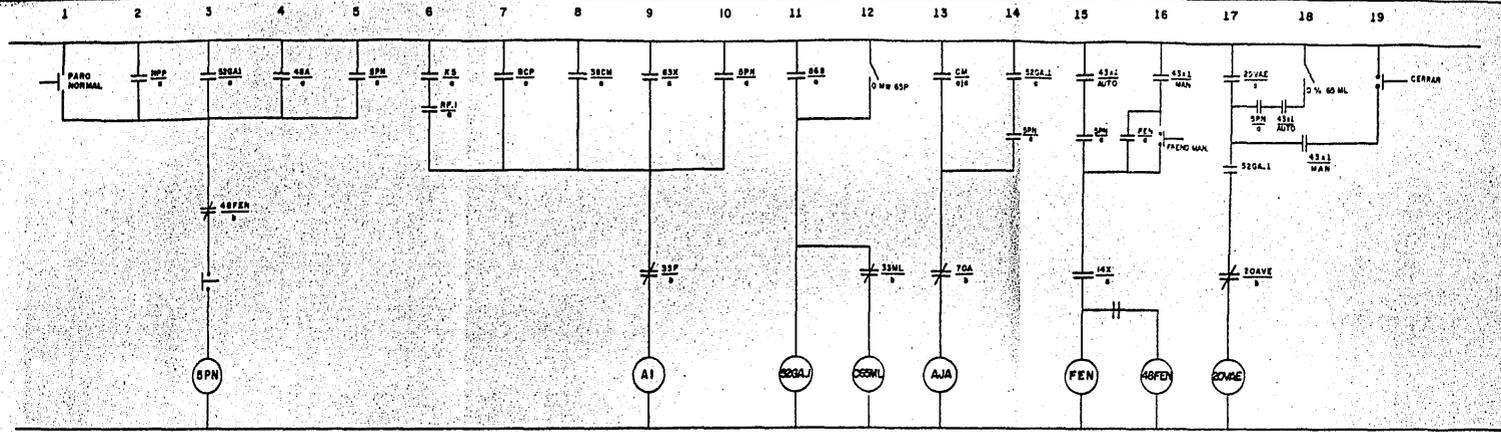
Cuando el nivel de agua no es el suficiente para mantener la presión necesaria para mover adecuadamente la turbina, el programador electrónico de carga manda una señal de paro por bajo nivel de agua (NPP) al relevador de paro normal 5PN.

Cuando el interruptor se abre en condiciones de falla, la secuencia manda una orden de paro normal a través del contacto 52GA-1/a para que la unidad regrese a las condiciones iniciales de arranque.

Como ya se señaló anteriormente cuando opera el relevador de tiempo largo de sincronización 48 AX, se manda un paro normal.

El relevador de paro normal 5 PN cuenta con un contacto de sello - esto es con la finalidad de que el paro sea sostenido, por lo cual, es necesario reponerlo cuando se desee arrancar de nuevo la unidad.

Al energizarse el relevador 5 PN da inicio la secuencia de paro normal, primeramente manda bajar toda la carga que tenga en ese momento la unidad a través del relevador AI, el cual mueve el gobernador 65 P hasta la posición de 0 Mw, esta se detecta con un interruptor límite.



PARO NORMAL

BAJAR 6SP VELOCIDAD

ABRIR INTERRUPTOR MAQUINA

BAJAR 65ML LIMITADOR

BAJAR EXITACION R. de CAMPO

OPERAR FRENS

TIMER DE FRENADO

CERRAR VALVULA ESFERICA

UNAM Facultad de Ingenieria

Secuencia de Paro Normal

Cuando la máquina llega a este punto, la secuencia de paro normal manda disparo de interruptor y al mismo tiempo el cierre hasta el 0% de su carrera al limitador 65 ML.

Conforme el limitador de apertura va cerrando la turbina en un punto determinado empieza a bloquearse, hasta que quedan totalmente cerradas las agujas y operado el deflector de chorro, a continuación la máquina empieza a detenerse y en el momento que pasa por un 35% de su velocidad nominal operan el relevador 14 y la tarjeta detectora de velocidad de frenado.

El relevador 14X auxiliar de velocidad de frenado manda a energizar el relevador FEN, para evitar que se conecte el relevador de frenado por falla del detector 14 se colocó como permisivo un contacto del paro normal, lo cual nos garantiza que el freno operará únicamente cuando exista paro normal.

En este caso la tarjeta detectora de velocidad de frenado sirve como permisivo ya que para que opere el sistema de frenado, se tiene detectar dicha velocidad en ambos dispositivos, ya que sus contactos de mando se encuentran seriados.

Un contacto a del relevador FEN opera la bobina de la electroválvula 20 FN que realiza el control del frenado.

Cuando el limitador de apertura llega al 0% de su carrera, opera un interruptor límite que manda el cierre de la válvula esférica, los permisos para este cierre y para evitar una posible falla son: señal de paro normal, y señal de interruptor abierto.

Al mismo tiempo que se energiza el relevador FEN lo hace también el relevador 48FEN que es un relevador de tiempo que cuenta 3 minutos a partir que se la señal de frenado, tiempo suficiente para que se detenga totalmente la unidad.

Al pasar dicho tiempo este relevador mediante un contacto desbloqueará la secuencia de paro normal, con esto se logra también desbloquear el sistema de frenado, dejando la unidad en condiciones de volver a arrancar cuando así se desee.

Con esto finaliza la secuencia de paro normal.

3.7

OPERACION AUTOMATICA EN CONDICIONES ANORMALES.

Cuando ocurre una falla y se activa el relevador maestro de protección 86M (86S en la secuencia), se manda un disparo de interruptor y un bloqueo de la turbina por medio de la electroválvula 65S, esto se presenta bajo las siguientes condiciones:

Cuando opera la protección de sobre corriente 50/51 en cualquiera de las tres fases del generador.

Cuando se presenta una sobrevelocidad 12X.

Cuando opera el relevador de protección de potencia inversa 32GI, el cual opera cuando la unidad comienza a consumir potencia del sistema.

Cuando la tensión del banco de batería baja de un determinado valor, ya que de no sacar de operación la unidad esta se quedaría sin protecciones que la mayoría funcionan con corriente directa.

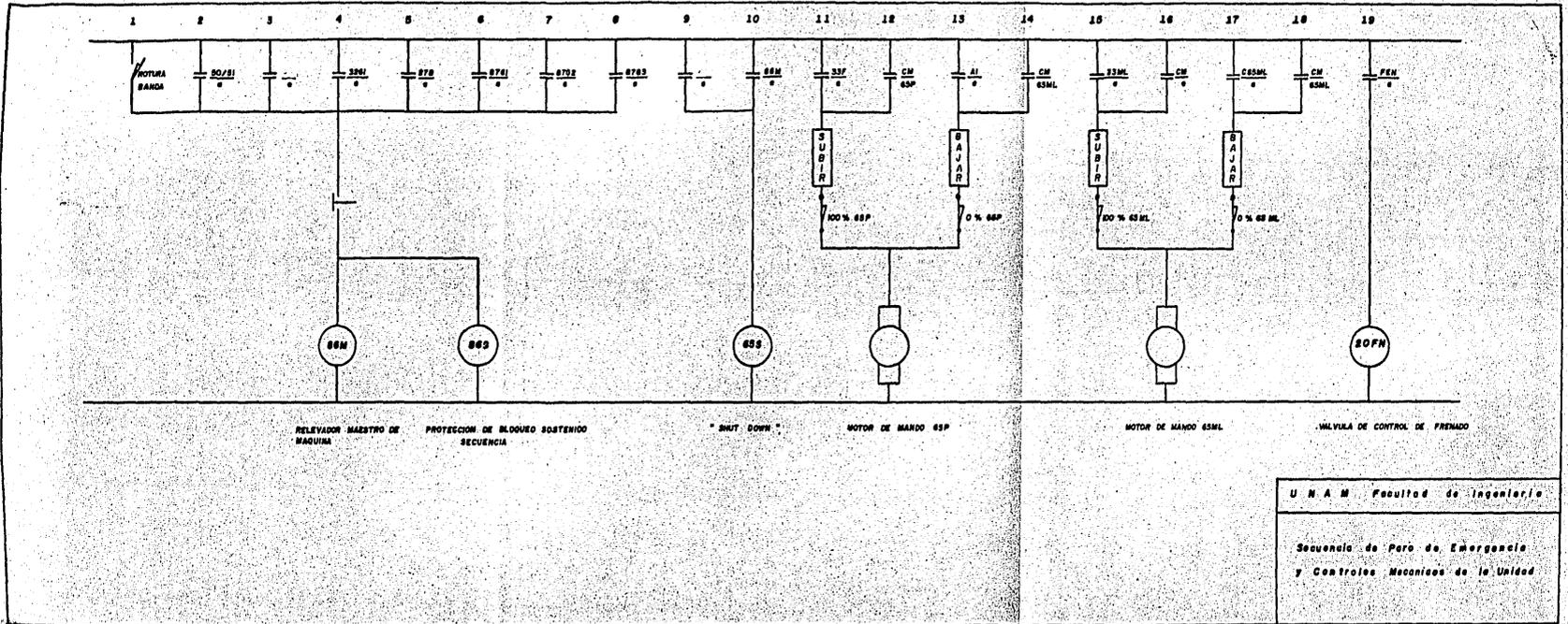
Cuando opera la protección diferencial de cualquiera de las tres fases (87) del generador.

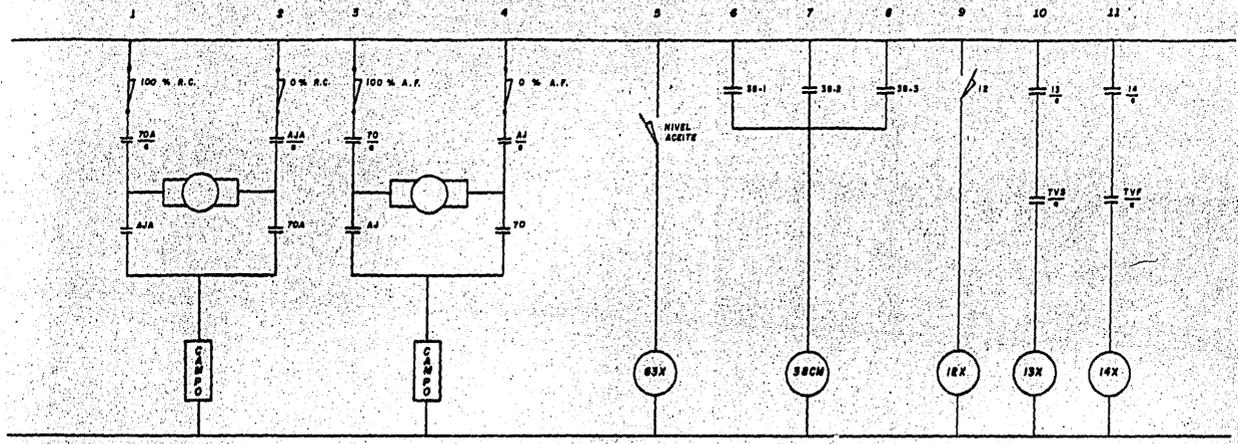
Cuando opera el relevador AB el cual, se energiza cuando la presión no es lo suficiente para el buen funcionamiento del regulador.

Los péndulos que son el cerebro del regulador de velocidad estan comunicados por medios de una banda, y es de vital importancia que la banda se encuentre en su lugar, por lo que se le instaló un patín el cual es sostenido por la banda y en el caso que se llegará a romper o safar, el patín cae operando un switch limite que energiza al 86 M.

Como ya se dijo antes al abrir el interruptor se activa la secuencia de paro normal.

Para arrancar nuevamente la unidad es necesario que se desopera-





MOTOR DE CONTROL DEL REGISTRO DE CAMPO

MOTOR DE CONTROL DEL REGISTRO DE A. FINO

P. BAJO NIVEL DE ACEITE

P. SOBRETENPERATURA EN CHUMACERAS

DETECTOR DE SOBREVELDIDAD

DETECTOR DE VELOCIDAD SINCRONA

DETECTOR DE VELOCIDAD DE FRENADO

U.N.A.M. Facultad de Ingenieria

Controles y Detectores Electricos

manualmente la protección 86S ya que como se dijo es un relevador de bloque sostenido.

Al momento de realizar este desbloqueo se desopera automáticamente la electroválvula 65S dejando lista la unidad para un nuevo arranque.

3.8 FUNCIONAMIENTO MANUAL DE LA CENTRAL AUTOMATIZADA.

El diseño de la secuencia automática previo el funcionamiento de la central en forma manual, colocando un conmutador con dos posiciones manual y automática (43X1), por lo tanto para seguir una operación manual se coloca dicho conmutador en la posición manual.

La válvula esférica puede ser abierta mediante un pulsador colocado en el tablero de automatización o mediante la palanca colocada en la consola que se encuentra a un lado del relevador de velocidad.

Arranque de la turbina.

Cuando se encuentra fuera la secuencia de arranque y se desea rodar la turbina, se coloca el selector 43X1 en su posición manual y se realiza dicha maniobra como se hacía antes de que estuviera en condiciones de funcionar automáticamente.

Si la bomba 88PAR se encuentra en condiciones de funcionar, se le puede suministrar presión por medio de esta, al regulador de velocidad, ya que tiene opción a control manual.

Excitación.

La excitación se puede lograr a través del conmutador colocado en el tablero de automatización, el cual nos permite mover el reostato de campo del 0% al 100%.

Sincronización.

Esta se puede realizar manualmente colocando la ménsula de sincronización en la posición manual, ajustando la frecuencia con el conmutador 65P localizada en el tablero simplex, para ajustar

tar la tensión se hará con el conmutador del reostato de ajuste fino colocado en el tablero de automatización que nos permite moverlo del 0% al 100%.

Si la falla de la secuencia no se encuentra en el circuito del sincronizador se puede utilizar este, encargandose de sincronizar la unidad y de completar la secuencia de arranque hasta la conexión del programador. Para esto se coloca el conmutador 43X1 en la posición de manual.

Regulación.

Si se desea se puede conectar manualmente el programador electrónico de carga ya que este está independiente de la secuencia de arranque y se energiza al cerrar el interruptor de máquina, ya que se le conecta un interruptor accionado manualmente que conecta el programador.

La secuencia de paro se hará en forma manual como se venía haciendo antes, salvo que cuando se baje la carga a 0 Mw la secuencia de paro normal se activará al momento que este interruptor límite mande disparar interruptor de máquina y a cerrar limitador de apertura 65ML.

En el caso que se encuentra dañado se disparará el interruptor de máquina y se bajará el limitador de apertura manualmente.

Si el sistema de frenado se encuentra en orden puede hacerse que este opere pulsando el botón correspondiente, el sistema de frenado automáticamente saldrá de operación una vez que la máquina se haya detenido.

Para el cierre de la válvula esférica contamos también con un botón que manda a realizar esta función, se puede realizar también esta maniobra mediante la palanca antes mencionada.

CAPITULO IV

PROGRAMADOR ELECTRONICO DE CARGA.

4.1 INTRODUCCION.

El objetivo de este dispositivo es de controlar automáticamente la generación de carga de una central hidroeléctrica en función del nivel de su presa, de tal manera que se satisfaga la demanda de energía eléctrica con el menor costo laboral y un buen grado de confiabilidad.

El gabinete consta de 4 módulos cuyo orden de colocación es de izquierda a derecha y es la siguiente:

- 1.- Módulo de la fuente de poder.
- 2.- Módulo de ajuste.
- 3.- Módulo de interfase.
- 4.- Módulo del programador.

El control de generación es realizado por los módulos de ajuste, interfase y programador, los cuales se encargan de la calibración, acoplamiento y elaboración de los programas de generación.

4.2. DESCRIPCION DEL PROGRAMADOR ELECTRICO DE CARGA.

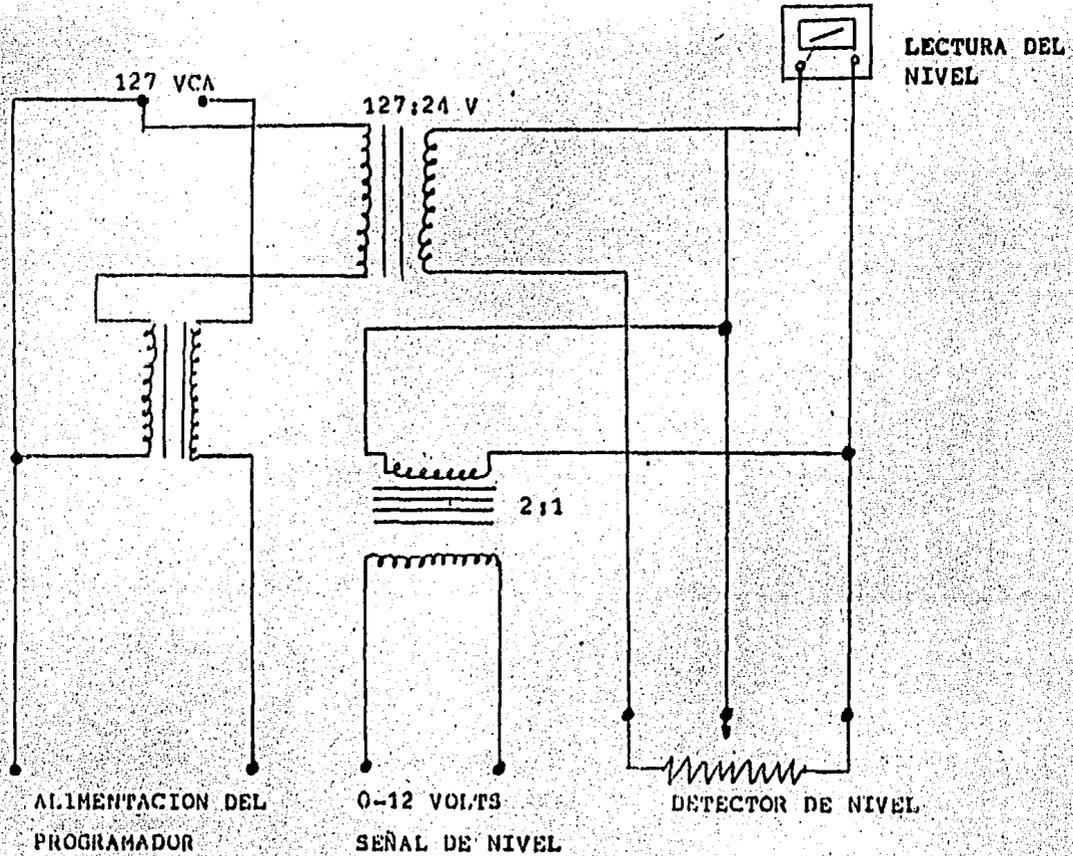
El programador eléctrico de carga es un dispositivo que actúa sobre el generador de velocidad para controlar la carga generada.

Se tiene como señal de entrada la información del nivel del agua; la generación debe ser proporcional a dicho nivel, como retroalimentación se tiene la señal de la posición de dicho generador.

Para que el programador pueda tener el control de la carga de la unidad el limitador de apertura 65 ML éste abierto al 100%.

La curva que sigue el programa de generación donde YN es el nivel de agua y XC la potencia generada es el siguiente:

ARREGLO PARA EL DETECTOR DE NIVEL DE AGUA
DEL TANQUE REGULADOR.



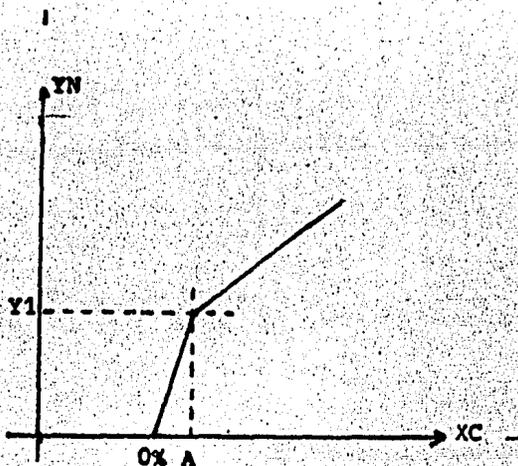
La señal XA proviene de un transductor de posición (potenciometro) el cual esta instalado en el tornillo que mueve el gobernador de velocidad 65 P, esta es una señal de retroalimentación al programador.

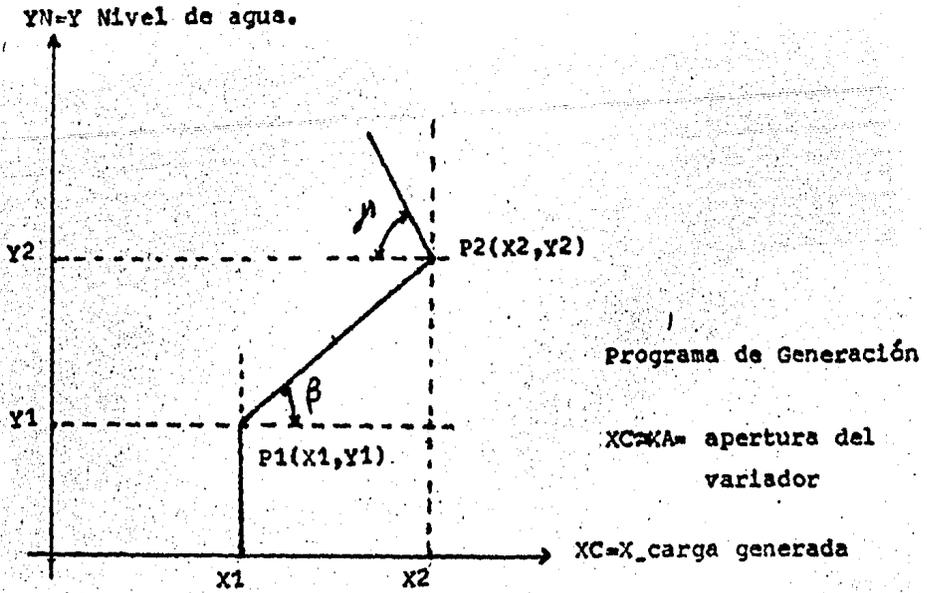
Al programador proporciona dos mandos para el control de la carga una para subir y otra para bajar, estas señales se conectan al -- actuar del motor 65, mismo que controla al variador.

Los controles e indicadores del programador se encuentran al -- frente del módulo 4 del gabinete.

Relación entre la curva del programador y la carga generada.

Con un nivel de agua entre cero y Y1, la apertura del programador se mantiene en X1. Con esta apertura al nivel Y1 se tiene una generación dada, pero si el nivel de la presa desciende, la presión del agua baja, y la generación baja también, aunque esta en el -- punto X1 y se encuentra muy cercana a cero Mw, y en el momento -- que pasa por este, dicho programador manda disparar el interrup-- tor de máquina por bajo nivel de agua.





X1= Carga mínima a la cual comienza que trabaje unidad (cerca de 0%).

X2= Máxima carga que puede tener la unidad.

Y1= Nivel mínimo de agua para generar la carga mínima.

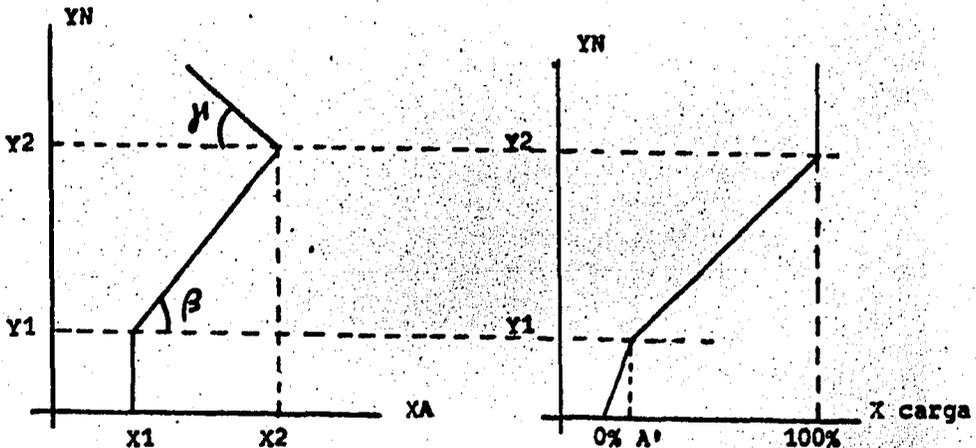
Y2= Nivel mínimo de agua para generar el 100% de carga.

La señal YN la proporciona el sistema detector de nivel de agua, - que consta de un flotador que posiciona un potenciómetro reflejando electricamente en este el nivel del agua.

Si el nivel YN sube, la carga sube proporcionalmente hasta $Y_N=Y_2$ donde la apertura del variador será $X_2=100\%$ de carga. A partir de este punto, aunque el nivel del agua siga aumentando X_A ya no aumenta porque el variador se encuentra al 100% de su apertura.

Lo anterior no es del todo cierto porque al aumentar la presión la unidad puede tomar una carga superior al 100%, a pesar que la apertura se encuentre al 100%.

Para evitar esta posibilidad, cuando el nivel suba arriba de Y_2 , en variador deberá cerrar el aumento de nivel siguiendo el ángulo .



En el siguiente diagrama a bloques describe el funcionamiento del programador y su equipo periferico.

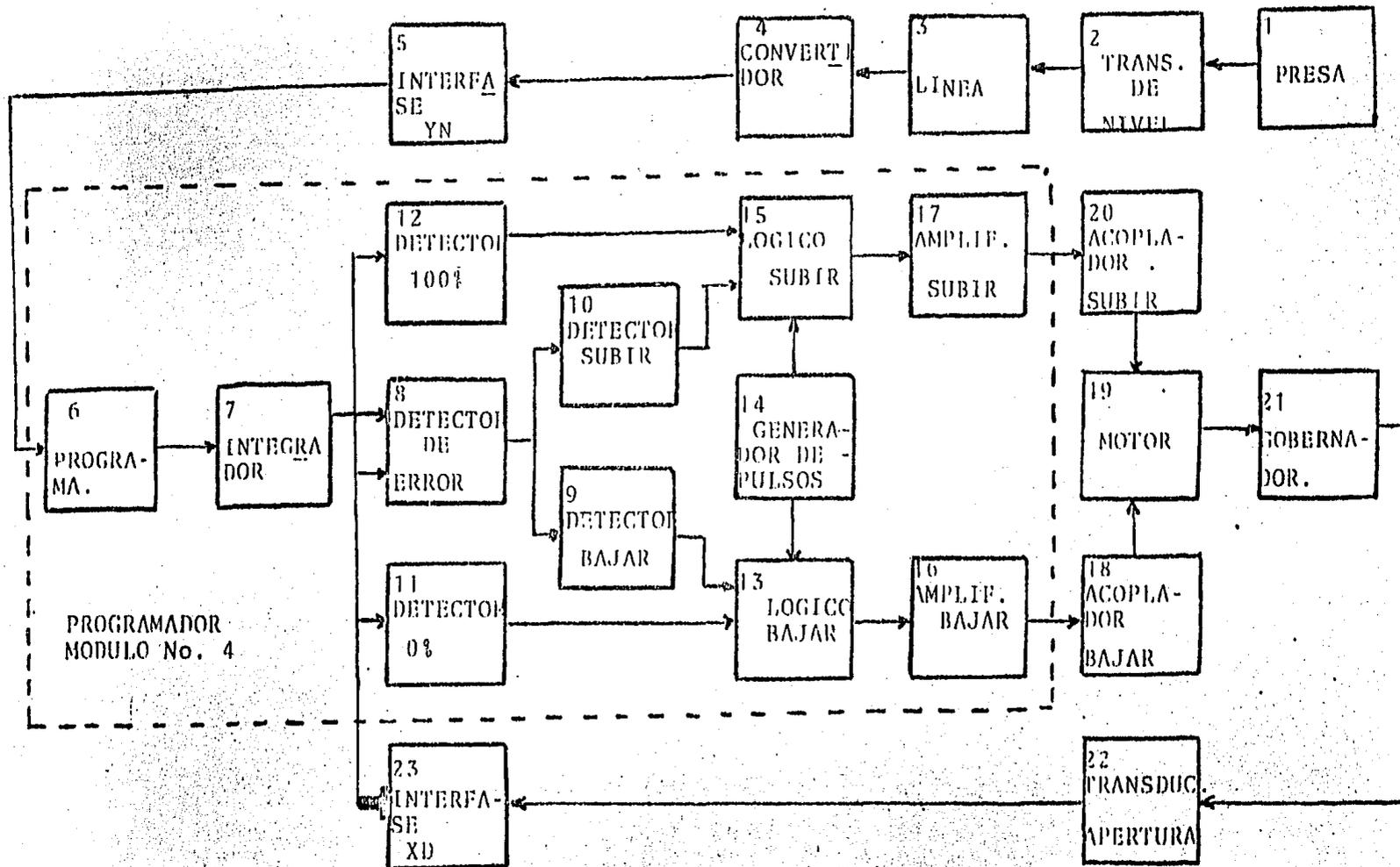


FIGURA No. 8.5- DIAGRAMA A BLOQUES DEL PROGRAMADOR Y EQUIPO PERIFERICO.

DESCRIPCION DEL MODULO DE INTERFASE.

El circuito de interfase como su nombre lo indica es utilizado como medio de acoplamiento de dos partes o elementos de un proceso. En nuestro caso el módulo de interfase será utilizado para acoplar transductores que proporcionan señales analógicas y el programador que necesita una señal analógica.

El uso de los circuitos de interfase se debe a que las señales que proporcionan los transductores no se encuentran estandarizadas, y mientras que uno pueden entregar señales muy grandes, la cual podría dañar el programador si este se conectará directamente, otros podría entregar señales muy débiles o pequeñas que ocasionarían un funcionamiento inadecuado del programador. También hay que tomar en cuenta que estas señales no tendrían ningún proceso de filtrada, el cual es de suma importancia, ya que las señales que se pueden superponer a la señal del transductor pueden hacer que el programador funcione inadecuadamente, ya que éste puede estar controlando el gobernador de un generador de un generador de varios megawatts, y una pequeña perturbación, puede ocasionar una sobre carga o una pérdida de carga de varios miles de watts en el sistema al cual se esta interconectado, este mal funcionamiento debido a ruido o interferencias esta previsto en las interfases ya que cuenta con los elementos de filtraje, tanto a la entrada como a la salida.

El circuito de interfase puede actuar de tres maneras distintas:

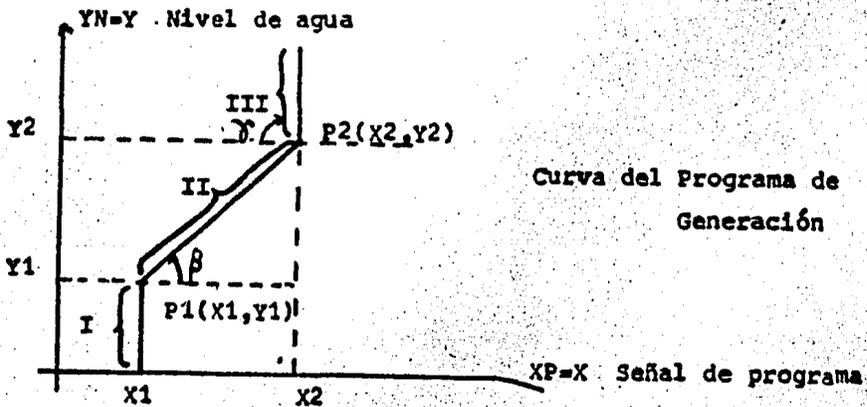
- a) Como atenuador
- b) Como amplificador de ganancia unitaria
- c) Como amplificador.

PROGRAMADOR ELECTRONICO DE CARGA

Para el análisis de los programas de generación este se divide en tres partes:

- 1.- $Y_N \leq Y_1$, $X_P = f(Y_N) = X_1$
- 2.- $Y_1 < Y_N < Y_2$, $X_P = f(Y_N) = X_1 + (Y_N - Y_1) \cot \beta$
- 3.- $Y_N \geq Y_2$, $X_P = f(Y_N) = X_2 - (Y_N - Y_2) \cot \gamma$

Lo anterior se aprecia en la siguiente gráfica:



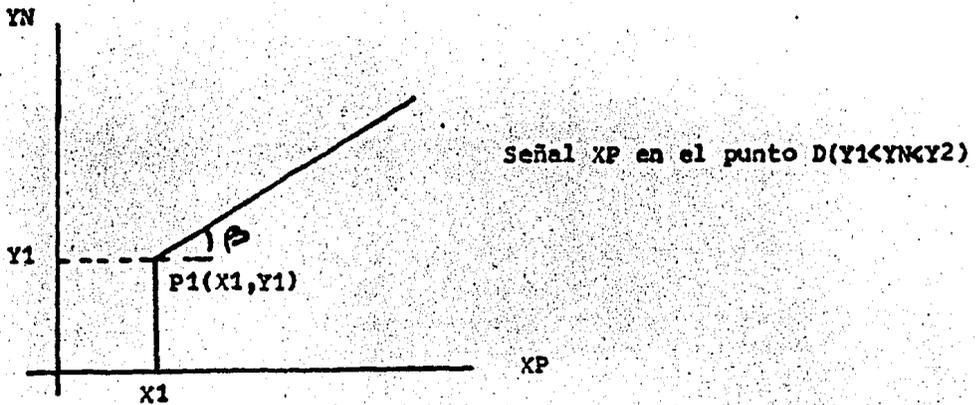
El circuito que genera el programa se puede apreciar en la figura anexa.

PRIMERA PARTE DEL PROGRAMA.

Y_N es una señal positiva que se tiene en el punto A, y se suma algebraicamente con Y_1 (negativa), en el punto suma B; mientras $Y_N < Y_1$ el resultado de la suma es negativa y no circula corriente debido a la presencia del diodo D1 y en el punto C tendremos únicamente la señal X_1 , lo cual se puede verificar en el punto D, solo que con signo contrario debido al amplificador operacional A, - la ganancia en voltaje de este amplificador es $GVA = -1$.

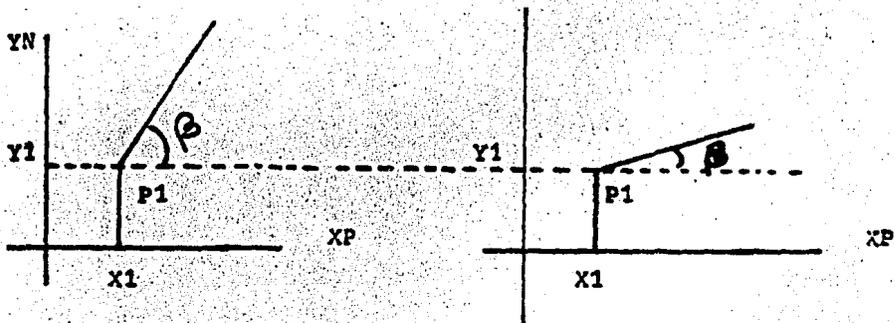
SEGUNDA PARTE DEL PROGRAMA.

Cuando el nivel de agua Y_N es superior a Y_1 , la suma en el punto B es positiva y polariza directamente al diodo D_1 y cuando este sobrepasa el valor de 0.6 volts y esta señal se suma al valor X_1 en el punto C, lo cual provoca que la pendiente de la gráfica de generación forme el ángulo con el eje XP a partir del punto P_1 , como se puede ver en el punto D, pero con el signo negativo, en esta parte del programa X_2 aumenta proporcionalmente con Y_N según el ángulo β .

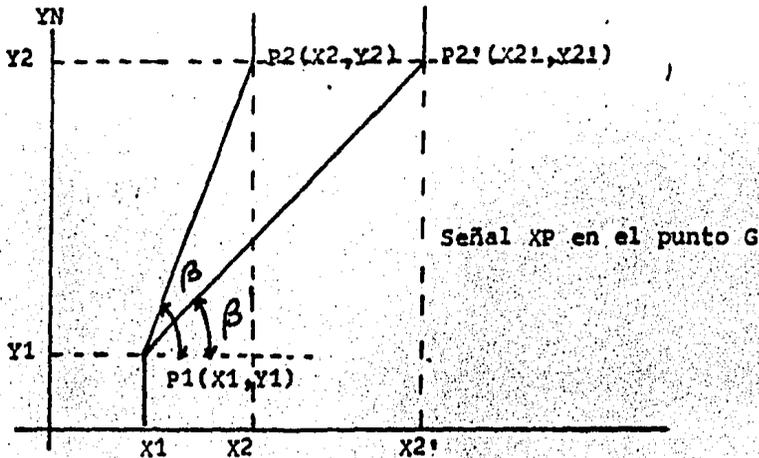


El ángulo β esta en función de la ganancia del amplificador B y esta ganancia se puede variar por medio del control x_2 , el cual se encuentra al frente en el módulo del programador.

Señal XP en el punto G, para dos diferentes valores x_2
 $(Y_1 < Y_N < Y_2)$



Señal XP en el punto G, para diferentes valores de X_2 (Y_1 Y_N Y_2). Como se puede observar en la figura al variar la pendiente la recta P_1 , P_2 , se recorre el punto X_2 en el que la recta P_1 - P_2 corta la recta Y_2 .



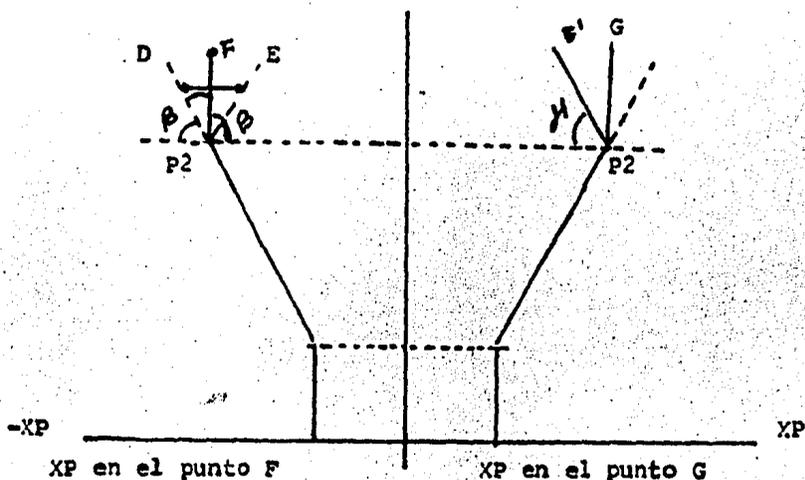
Practicamente no podemos variar el ángulo β , teniendo como centro P_1 , por no estar en el origen. Así que al desplazar el punto de intercepción X_2 también nos desplaza el punto X_1 y el ajuste se debe hacer por aproximaciones sucesivas pues al variar la ganancia del amplificador operacional B para variar el valor de X_2 el valor X_1 que también pasa por el amplificador operacional B resulta afectado.

TERCERA PARTE DEL PROGRAMA.

La señal (Y_N , punto A, positivo) simultáneamente se suma la señal Y_2 (negativa), en el punto suma E. Mientras $Y_N < Y_2$, la suma es negativa y la señal no pasa por el diodo D_2 . Cuando Y_N sea mayor que 0.6 volts que Y_2 , la señal pasará por el diodo Y_2 y D_3 . La señal que pasa por el diodo D_2 recta P_2 -E (pendiente positiva) se suma a la segunda parte del programa (pendiente negativa) para

valores superiores a Y_2 . Como estas dos rectas tienen la misma pendiente solamente que con signo contrario, al sumarse vectorialmente el resultado es la recta P2-F. El resultado no puede verse en el punto F porque es un punto de 0 volts virtual, ya que la entrada negada de un amplificador operacional en el punto G.

La señal positiva del punto E que pasa por el diodo D3 se convierte en negativa al pasar por el amplificador operacional C y por medio del control G se varía la pendiente del ángulo original, originándose el ángulo α , esta señal se tiene en el punto E' y se suma al programa (punto G) en el punto H.



El programa no puede verse en el punto H por ser entrada del amplificador operacional D, pero puede verse en el punto I o en el punto J con signo positivo por que los amplificadores operacionales D y E son de ganancia unitaria.

- 60 -

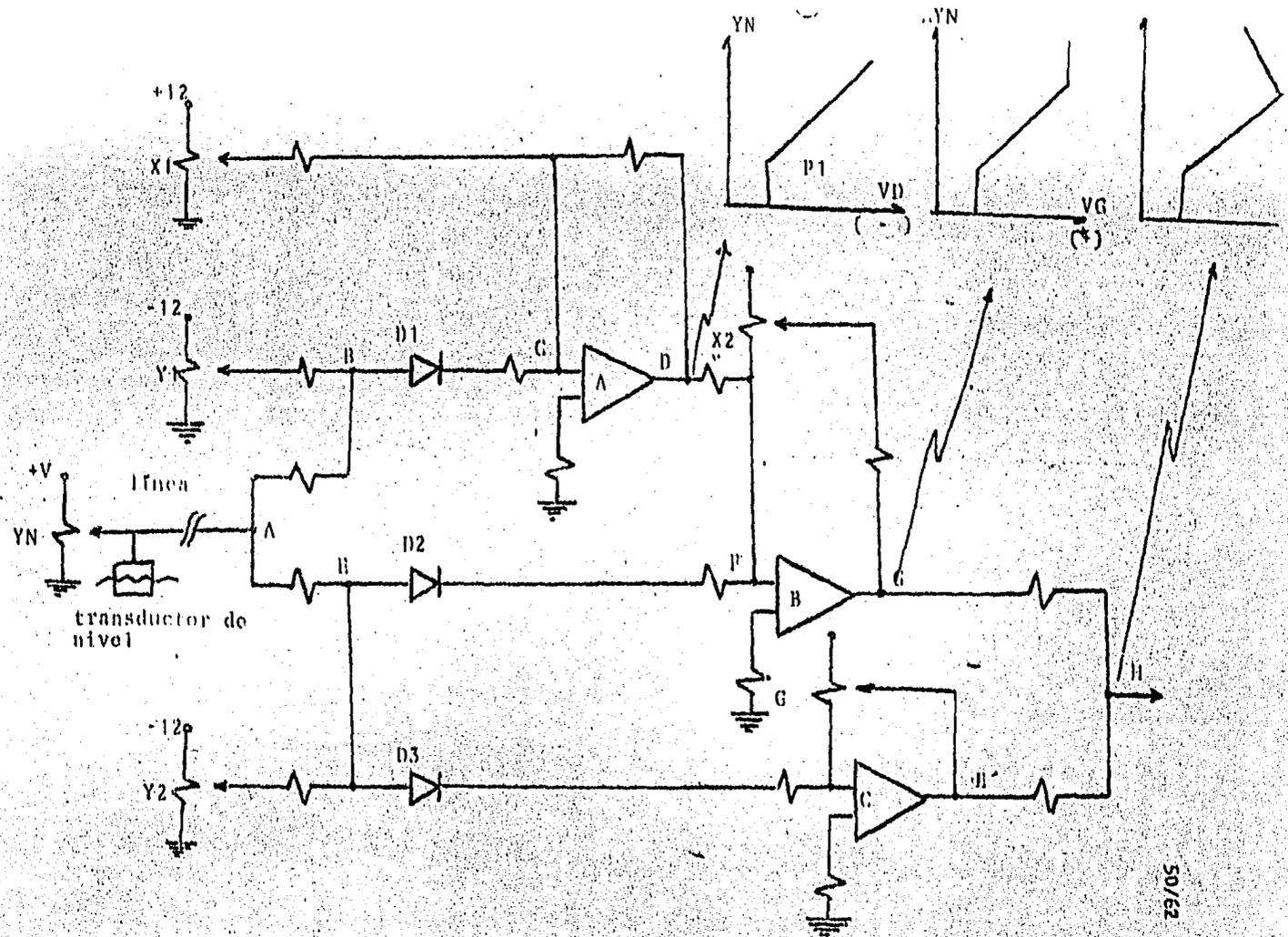
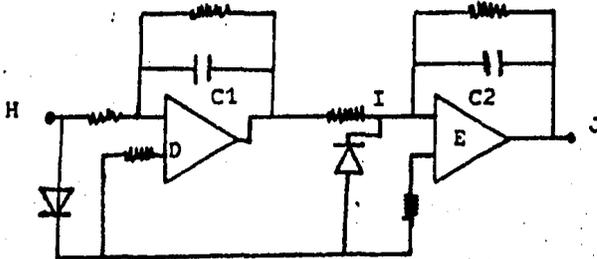


Fig.3. DIAGRAMA GENERAL del circuito FORMADOR DE PROGRAMA

50/62

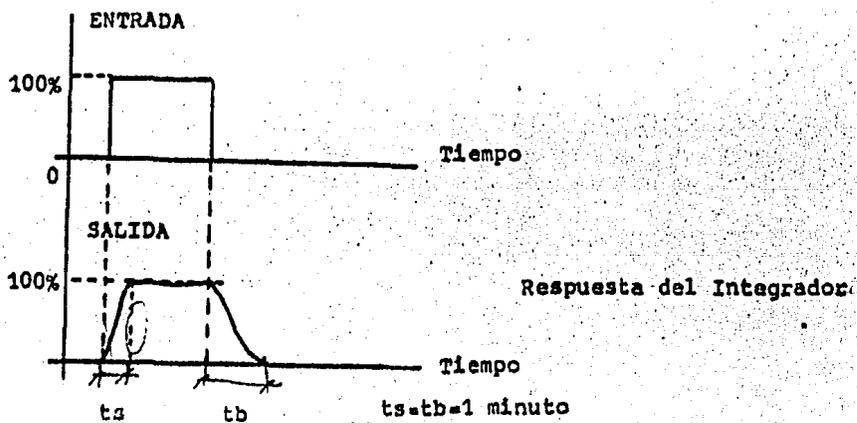
INTEGRADOR.

Es un dispositivo que introduce un amortiguamiento al sistema de tal manera que el generador no baje o suba carga bruscamente, así una variación del 100% de la carga tendría como mínimo un minuto.



consta de dos pasos de integración compuestos por los amplificadores D y E, retroalimentado por los capacitores C1 y C2, la resistencias solo actúan para mantener una ganancia unitaria.

La respuesta del integrador se puede ver en la figura anexa. Si se da un impulso en escalón del 100% la respuesta tarda en alcanzar un minuto ese valor. Si se desea cambiar la constante de tiempo, se cambia el valor de los capacitores C1 y C2. Aumentando la capacitancia aumenta el tiempo de respuesta disminuyendola se reduce el tiempo de respuesta.



SEGUIDOR.

Aunque el todo el programador actua como un seguidor el circuito del integrador es el que hace que la carga del generador siga el nivel del agua de la presa, segun el programa fijado.

Consta de tres detectores de voltaje:

Detector de error.

Detector de bajar.

Detector de subir.

Detector de error.

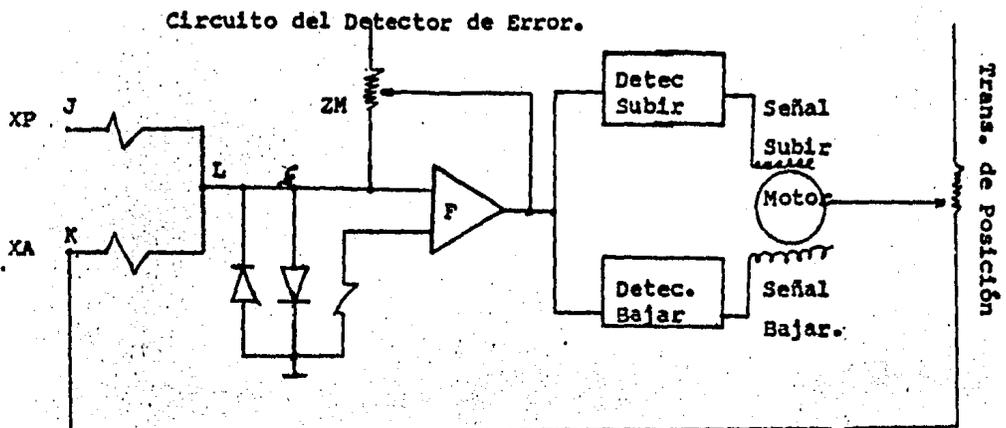
El circuito es basicamente un comparador de señales y un amplificador inversor de ganancia variable. La señales que se suman algebraicamente en el punto L son:

XP.- Señal del programador voltaje positivo que proviene del circuito, y es fuñsión del nivel de agua.

XA.- Señal de apertura del variador voltaje negativo que proviene de un transductor de la posición de apertura del variador.

De acuerdo a las señales presentes, XP y XA, se genera una señal de error PS1 la cual en el caso ideal (apertura del variador adecuado al nivel de agua) debe ser cero XP (+) es la señal de referencia XA (-) tiene que ser del mismo valor que XP con el fin de que $PS1=0$.

Si XP varia de acuerdo al nivel existiria una PS1 (señal de error) que actuará sobre el motor del gobernador de apertura del variador.



mecánico o eléctrico para que el movimiento de cerrar y abrir el variador, sea relativamente lento. El programa tiene un ajuste de sensibilidad al potenciómetro ZM.

Variando este cambia la sensibilidad del circuito detector de carga, a las diferencias $XP-XA$, debidas a cambios de nivel.

El ajuste es crítico.

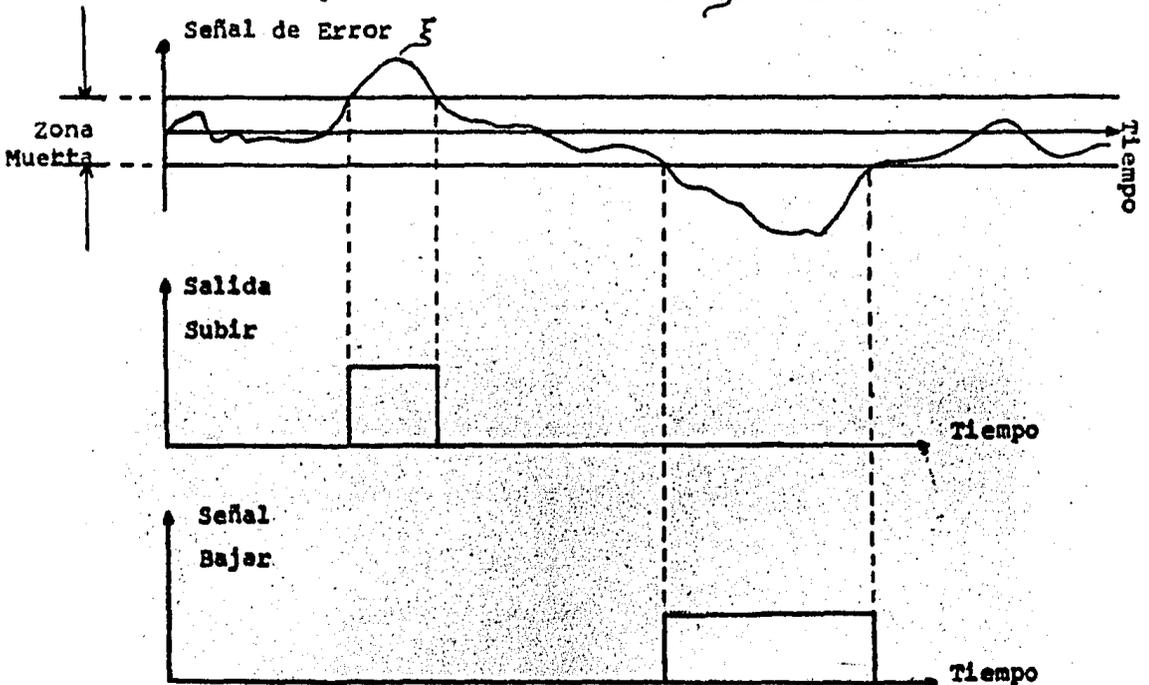
A) Se le da demasiada sensibilidad detecta cambios mínimos, ruido, etc, además pierde estabilidad y puede quedar oscilando.

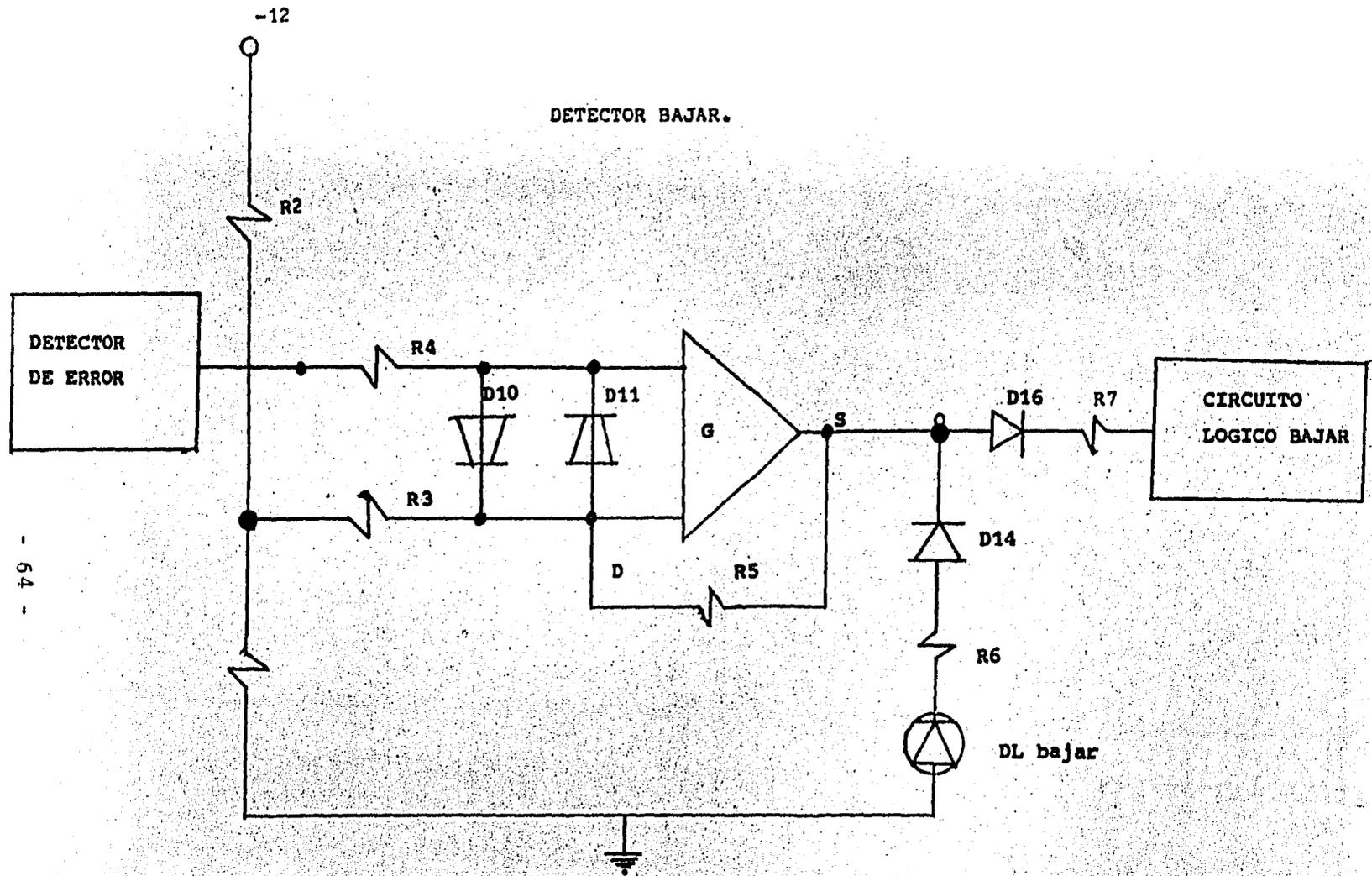
b) Si se le da poca sensibilidad o sea una zona muerta mayor, se tiene estabilidad, pero el sistema se hace muy insensible e inexacto.

Los efectos de la zona muerta sobre la señal subir - bajar se muestra en la figura.

En la amplitud de la banda de la zona muerta se puede ampliar o reducir por medio del potenciómetro del control ZM.

Respuesta a la señal de error ξ . Zona Muerta.





Detector de subir-bajar carga.

Estos detectan la señal de error, y se determina cuando se necesita subir o bajar mandando ellos a su vez la señal de abrigo cerrar el variador.

Detector de bajar carga.

En un detector de voltaje positivo constituido basicamente por un amplificador operacional.

Se tiene un voltaje de referencia ligeramente positivo aplicado a la entrada positiva D. Contra el se compara la salida del detector de error (punto M) si esta señal se vuelve positiva y mayor que el voltaje de referencia la salida del detector de nivel se vuelve negativa por estar conectada a la entrada inversora (I).

Al tener el punto S un voltaje negativo el diodo D16, lo bloquea y al circuito lógico bajar llega una señal de 0 volts que es una señal de estado bajo ya que este circuito lógico trabaja con lógica negativa.

Para tener una indicación en el frente del programador que opera el detector de bajar se conecto un Leed (DL) de manera que cuando hay voltaje negativo (salida), el diodo luminoso enciende. RG y D14 protegen al DL limitando la corriente y evitando un voltaje inverso. R1 y R2 forman un divisor de voltaje para tener un voltaje de referencia en el detector. R3 y R4 limitan la corriente y contribuyen a tener una alta impedancia de entrada al detector.

D10 y D11 impiden que el voltaje diferencial de entrada dean mayor de 0.7 volts. R5 (de alto valor), proporciona una pequeña histeresis al detector para evitar oscilaciones y traqueteo.

R7 limita la corriente mucho la salida del detector.

El amplificador operacional G, trabaja con una ganancia muy alta -- (50,000), de manera que el voltaje que predomine y dependiente a la entrada a la que se aplique inversora o no inversora. (DÓI).

La nueva apertura del variador se detecta por medio del transductor de posición y se retroalimenta al punto L, cuando la suma -- sea cero, significa que ya abrió lo suficiente, porque la señal de apertura del variador tiene el mismo valor absoluto que el -- programa y se neutraliza.

$$XP+(-XA)=PS1$$

En la cual tenemos $XP = XA$ entonces $PS1=0$.

Si $PS1$ es positivo ($XP > XA$) significa que existe nivel suficiente para que el generador pueda tomar carga. $PS1 (+)$ acciona el detector de subir el cual, a su vez manipula al motor del gobernador de apertura, para abrir más el variador. La nueva posición de apertura se detecta por medio del transductor de posición de apertura y se retroalimenta al punto sumatorio L (nueva señal XA).

Cuando $PS1=0$ ($XP=XA$), cesa la señal de subir (El variador ya abrió lo suficiente).

Si $PS1$ es negativa ($XP < XA$), significa que la apertura del variador es demasiado para el nivel de agua disponible.

Cuando $PS1$ es negativa acciona el detector de bajar el cual acciona el motor del gobernador de apertura para cerrar la apertura del variador. La nueva posición de apertura se detecta y se retroalimenta. Cuando $PS1=0$, $XP=XA$ cesa la señal de bajar -- (el variador ya cerró lo suficiente).

Zona muerta y sensibilidad.

Debido a las inercias mecánicas se puede dar el caso que el variador abra demasiado, y al detectarse que abrió demasiado mande a cerrar, pero por la inercia cierre demasiado, por lo cual mandará abrir, etc. Y se mandará el ciclo lo cual ocasiona que el sistema este oscilando.

Para evitar estos estados oscilatorios se debe tener un reductor

Hacen que el amplificador se sature en positivo o negativo y al cambio de estado sea muy rápido en su salida S.

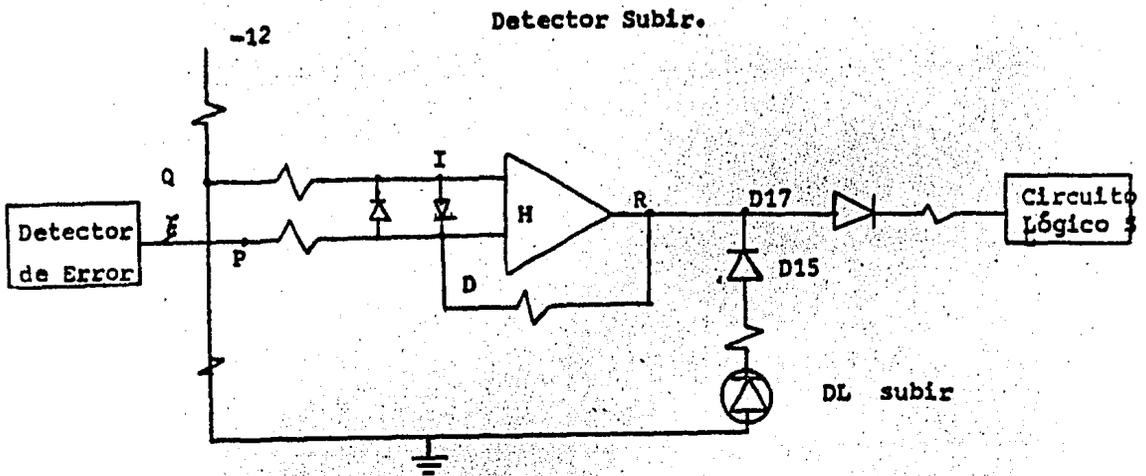
D16 impide el paso al pulso negativo y solo permite el paso al pulso positivo. La salida de los detectores de subir o bajar se conecta con el circuito que trabaja con lógica negativa, por esta razón aunque consideremos el detector cuando tiene salida negativa tomamos el pulso positivo para el circuito lógico, por lo que su salida es negada.

Detector de subir carga.

Es un detector de voltaje negativo, y el voltaje de referencia. En el punto Q, será negativo. La señal de salida del seguidor (señal de error), esta presente en el punto P.

En el circuito lógico S, se necesita (entre otras condiciones), que la señal de salida del detector subir sea negativa para tener señal de apertura hacia el motor del gobernador de apertura. Esto se conseguirá cuando la señal de error (punto P), sea negativa y de valor absoluto mayor que el voltaje de referencia del punto Q. La salida del detector (punto R), será en este caso negativa, ya que se introduce al amplificador operacional H, por la entrada directa (D).

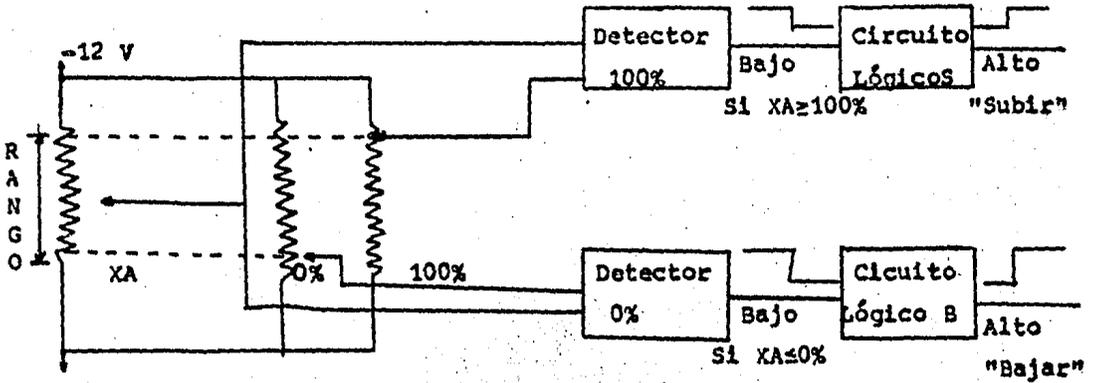
Funciona de manera similar al detector bajar.



Detectores de 0% y 100% de apertura.

Estos detectores actúan como interruptores límite de la apertura del variador, fijando los límites del rango útil de apertura. Funcionan como comparadores, teniendo a su entrada un voltaje de referencia proporcional al 0% ó al 100% de apertura del variador, - y el voltaje proporcional a la apertura del variador, XA.

Detectores de 0% y 100%



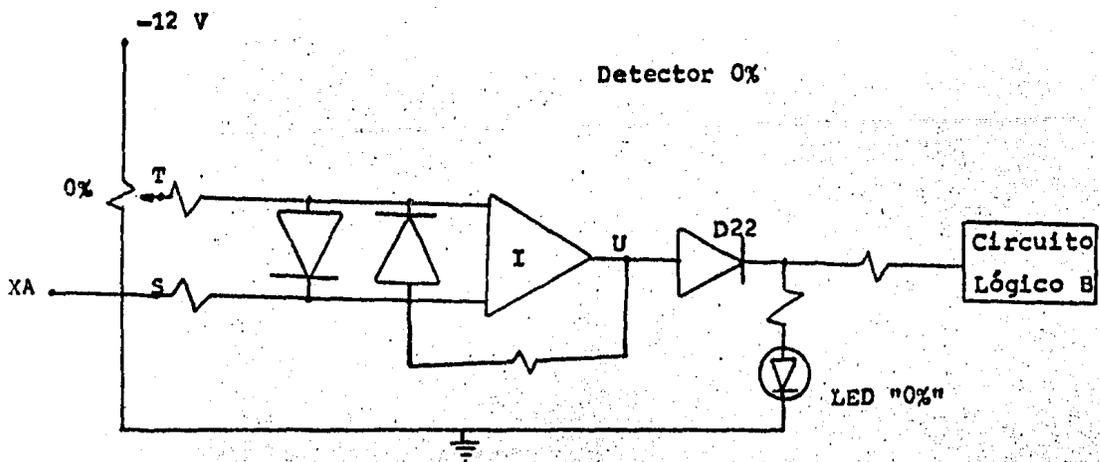
Detector de 0%.

Supervisa constantemente que la apertura no sea menor aun mínimo - permisible.

Mientras la señal del variador XA (punto S) sea superior al valor fijado en el control de ajuste 0% (punto T), el detector mantiene una salida negativa, la cual no puede pasar por D22 hacia el circuito lógico B.

La señal 0% (-) es mayor que XA, la salida del detector se vuelve positiva (0% está conectado a la entrada inversora de AMP. OP. I), y puede pasar a través de D22 hacia el circuito lógico B en donde inhibirá la señal bajar carga.

Su funcionamiento es similar al detector bajar.



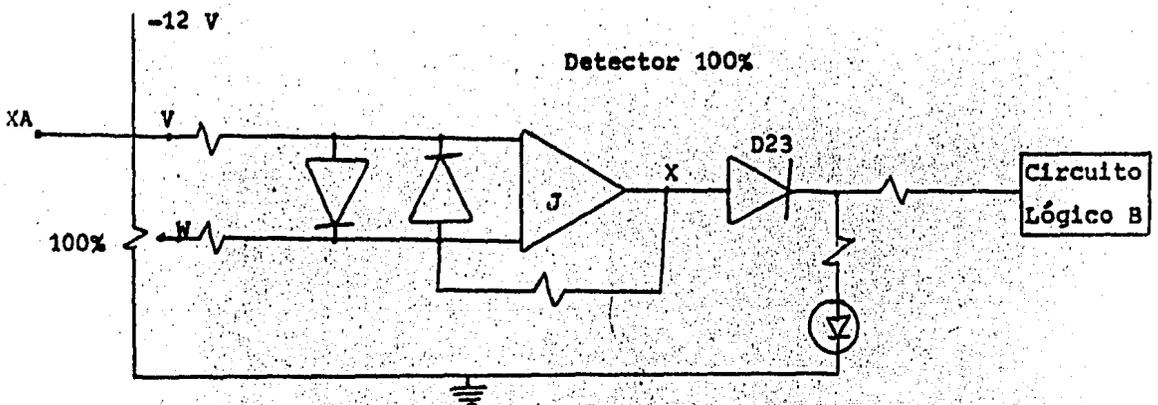
Detector 100%

Impide que el variador habrá mas allá de un máximo permisible.

Si la señal de referencia 100% (-) en el punto W es mayor que la señal XA (-) en el punto V, la salida en el punto X se mantiene - en negativo (ya que 100% está conectada a la entrada directa de - AMP. OP. J), y no puede pasar por D23.

Si XA (apertura del variador) llega al máximo permisible, su señal será igual o mayor a 100%. La salida en el punto X será positiva (ya que XA está conectada a la entrada inversora) y pasará - a través de D22 hacia el circuito lógico subir en donde inhibe la señal subir. Al mismo tiempo, enciende el LED 100% en el frente - del programador.

Su funcionamiento es similar al detector bajar.



4.7

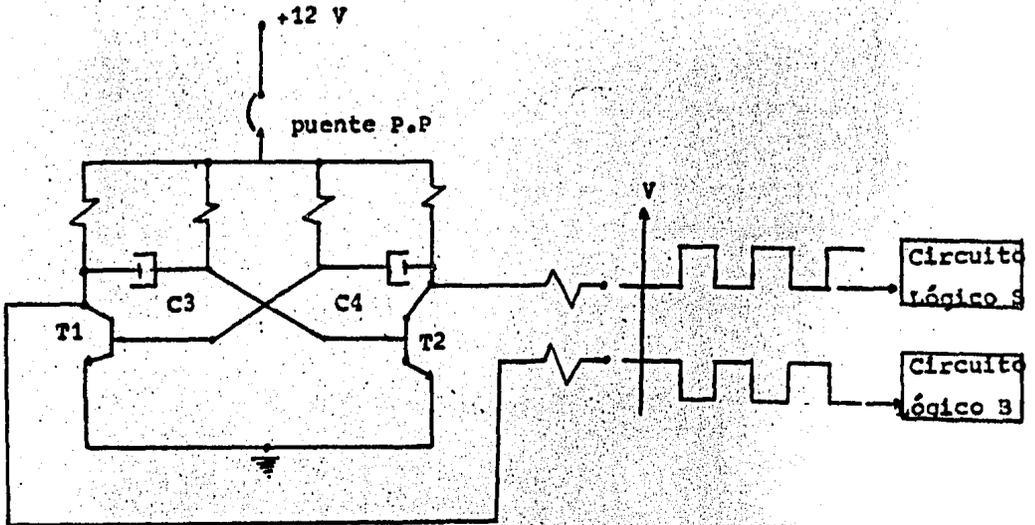
Circuito generador de pulsos.

Cuando la velocidad del motor del gobernador de apertura es muy rápida y/o el mecanismo que mueve al variador tiene demasiada inercia, se debe incorporar al motor un reductor mecánico o eléctrico para evitar oscilaciones.

En ocasiones la reducción de velocidad del motor no es compatible con el sincronizador automático. En estos casos, el programador puede proporcionar la señal subir-bajar carga en forma pulsante, en lugar que sea una señal continua. Esto es el equivalente a lo que se realiza en forma manual con la pistola del tablero, cuando en lugar de mantenerla accionada continuamente, se le acciona intermitentemente, (dándole "piqueles").

El circuito que realiza esto, es un multivibrador biestable de carrera libre, el cual produce pulsos cuadrados a su salida, puede desconectarse del circuito total, o conectarse a él, por medio de un puente (P.P.) en la tarjeta del programador.

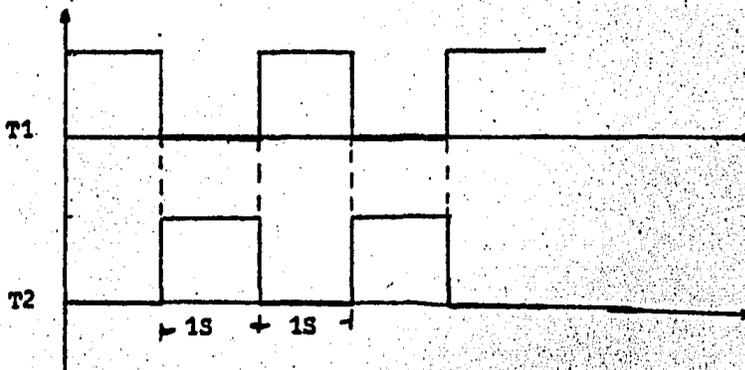
Circuito Generador de Pulsos.



El multivibrador proporciona dos señales de salida, complementarias entre sí, en los colectores de T1 y T2. Una de ellas va hacia el circuito lógico bajar; no se alimenta de la misma señal por seguridad, para que no se pueda existir al mismo tiempo señales de bajar y subir.

C3 debe ser igual a C4 a fin de que los pulsos subir y bajar sean de la misma duración.

Pulsos Subir - Bajar.



Aumentando el valor de los capacitores aumenta el tiempo de respuesta, disminuyendo su valor, disminuyendo el tiempo.

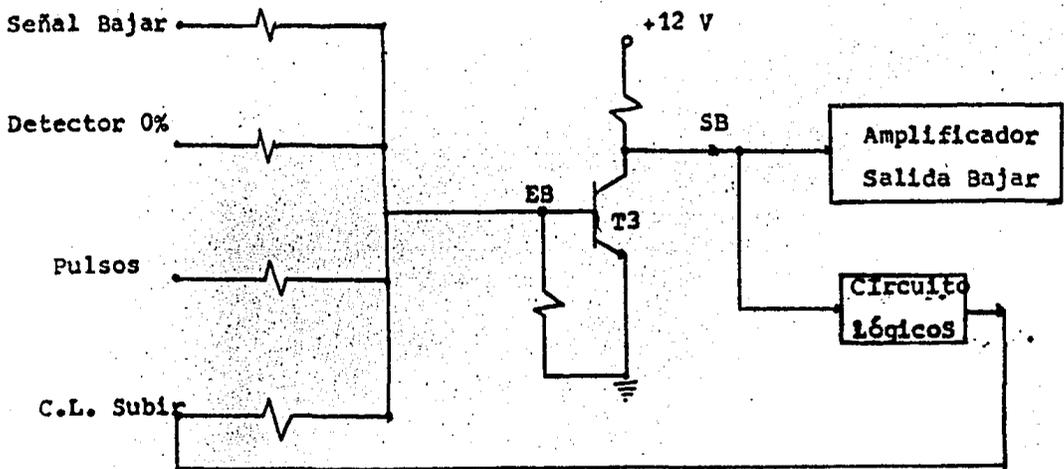
4.8

Circuitos lógicos subir y bajar.

Están constituidos por compuertas lógicas tipo "NO-y", su función es supervisar que existan todas las condiciones necesarias para que el programador pueda dar la orden de subir o bajar carga.

Circuito lógica bajar.

La compuerta esta constiruida por un transistor NPN, T3, a través de cuyo colector se toma la salida de la señal bajar. Si T3 no conduce, practicamente todo el voltaje aplicando (+12 V) aparece en su colector, con lo cual tendremos una señal de salida bajar. Si T3 produce, su voltaje de colector caera casi cero y no existirá señal de salida bajar. Para que T3 produzca, necesitamos polarizar directamente su unión base-emisor, lo cual se logra introduciendo un voltaje positivo de suficiente amplitud a su base, a través de cualquiera de las cuatro entradas R1, R2, R3, R4.



Si todas las entradas son "0" ("0" significa que están en bajo cero volts), T3 se mantiene en corte (no conducción). La salida del circuito, señal bajar, en el colector de T3, será "1" ("1" significa que se tiene un voltaje positivo determinado). Si una o mas de las entradas estan en "1", T3 conduce en saturación, ya que se polariza directamente su unión emisor-base. En este caso, la salida, señal bajar queda en "0".

Las condiciones necesarias para que el circuito lógica bajar pueda dar la señal de bajar carga (lo cual implica que T3 no conduz-

ca a fin de tener un voltaje de salida en su colector) son:

- a) El detector bajar debe estar operado. Cuando esta operado su se ñal de salida (negativa), no puede pasar a través de D16 y a la entrada R1 tendremos "0".
- b) El detector 0% no debe estar operado. La entrada R2 será "0".
- c) El circuito lógico subir no debe estar operado, Esto nos da en R3 un "0".
- d) El generador de pulsos debe estar en cero volts, "0".

Tabla de verdad para este circuito lógico bajar será:

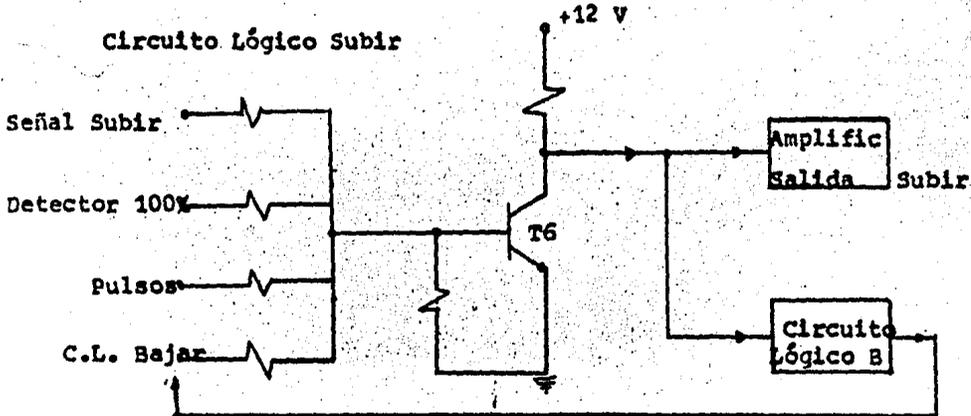
DET. BAJAR	DET. 0%	DET. SUBIR	BULSO	SALIDA
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

El circuito lógico bajar se conecta en un amplificador de potencia para que su señal de salida pueda accionar la bobina del relé bajar carga.

Circuito lógico subir.

Funciona de manera similar al circuito lógico bajar difiere solo en sus entradas y en su conexión de salida, señal subir. Las condiciones necesarias para que el circuito lógico subir de la señal subir carga (esto implica que T6 esta en corte) son:

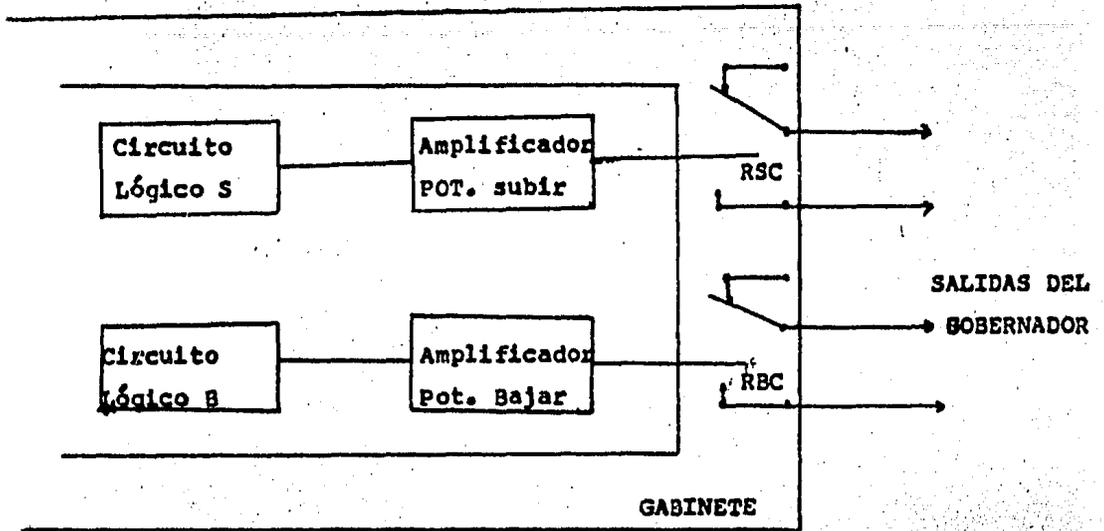
- El detector subir debe estar operado. Su señal de salida (negativa), no puede pasar a través de D17 y por tanto en la entrada R5 tendremos un "0".
- El detector 100% no debe estar operado. La entrada R6 será "0".
- El circuito lógico bajar no debe estar operado. Esto nos da en R7 "0".
- El generador de pulsos debe estar en cero volts, "0" en R8.



4.9

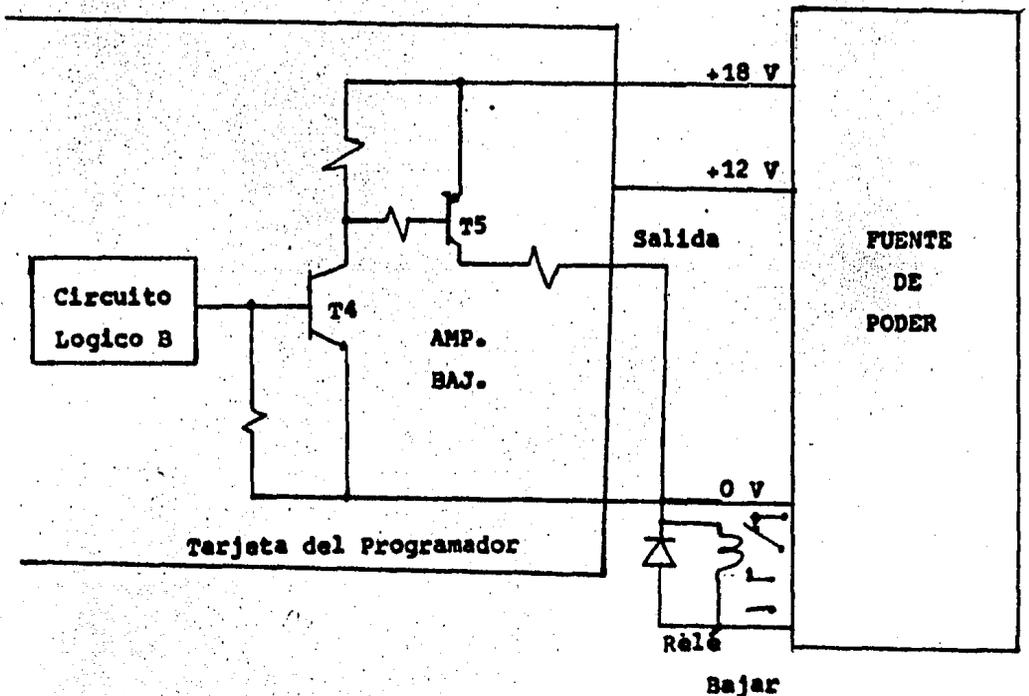
Amplificadores de salida.

Los circuitos lógicos subir-bajar se conectan a los amplificadores de potencia para que la señal de salida de los circuitos lógicos puedan accionar los relebajar o subir carga.

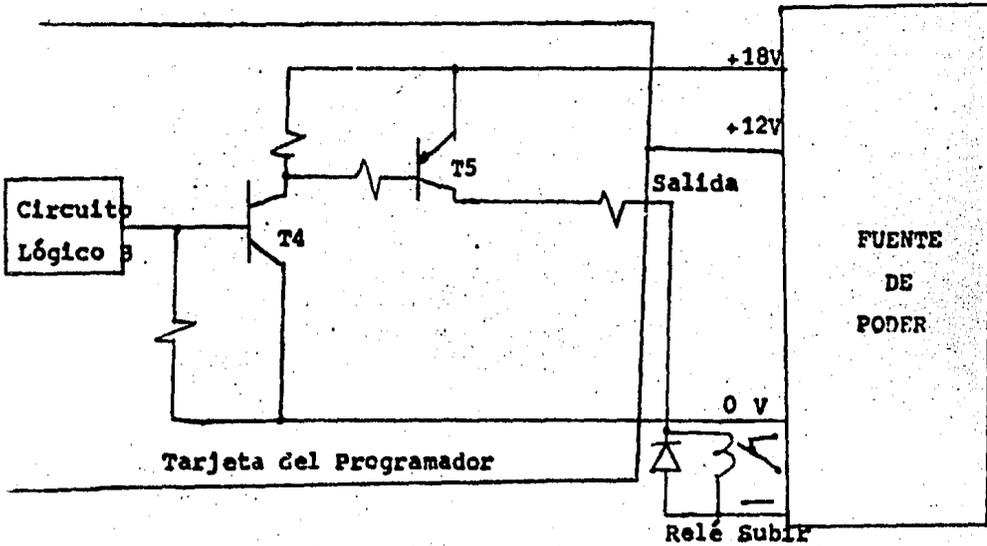


El diagrama del amplificador de potencia y las conexiones al re levador se muestra en el siguiente diagrama.

Amplificador de Potencia. Relé Bajar.



El diagrama del amplificador de potencia y las conexiones al relebajar se muestra en el siguiente diagrama:



Todos los circuitos del programador se conectan a la salida de ± 12 regulados, excepto el amplificador de salida y de los relés con el fin de no sobrecargar los reguladores de voltaje y porque los relés no necesitan voltaje regulado.

DESCRIPCIÓN DE LA FUENTE DE PODER.

Esta fuente provee voltaje en el rango de 0 a 30 volts para circuitos monoterminales o en el rango de 0 a \pm 15 volts para circuitos biterminales.

La fuente consta de dos transformadores de 110 VCA a 24 VCA conectados en paralelo a fin de evitar calentamiento, si la carga se incrementa demasiado, estas alimentan a los reguladores integrados de voltaje 723 cada uno de manera independiente.

Un tercer transformador de menor capacidad con relación 110 VCA a 12 VCA con tipo centrado, este alimenta a otro 723 de manera -- que ambos circuitos integrados se encuentren aislados eléctricamente.

El tercer regulador integrado (IC3) provee el voltaje de referencia para el regulador principal IC1.

Esta fuente es una variante del regulador de voltaje serie, en que la salida es aproximadamente el voltaje, solamente que en este caso el voltaje lo proporciona los circuitos integrados -- 723.

La resistencia R2 se encarga de retroalimentar corriente al IC1 para reducir la conducción de Q1, en el caso de presentarse un corto circuito en los transformadores.

Para obtener voltaje positivo y negativo a la vez se amplía un divisor de voltaje constituido con IC2, Q2, Q3, R6 y R8 refiriéndose a un punto común, este conjunto actúa como un reostato eléctrico. Los transistores tienen como función amplificar la ganancia en potencia y siguen las variaciones de voltaje de 741.

Estas fuentes cuentan con 6 Leed's para señalar diferentes funciones; los diodos luminosos DL1 y DL2 están conectados en paralelo con los fusibles F1 y F2 respectivamente, de tal manera -- que al fundirse alguno de ellos automáticamente el Leed encenderá correspondientemente. Así pues, en operación normal estos --

diodos deben de estar apagados.

Al contrario de los anteriores los diodos DL3, DL4 y DL5 deben estar encendidos siempre que la fuente este en operación normal, ya que indican la presencia de los voltajes -12 volts, +35 volts y -- +12 volts respectivamente, si alguno de ellos no esta encendido, - indicará que el circuito no esta funcionando adecuadamente.

Linalmente el diodo DL6, deberá estar encendido en todo momento, - independientemente de si la fuente esta encendida o no ya que este diodo esta conectado directamente con la alimentación de la fuente que es de 110 VCA, este nos indica presisamente si hay tensión de línea. Así en el momento que se presenta una falla, este indica si es una falla de la línea o del propio circuito.

4.11 AJUSTES.

Para introducir los datos de programación al módulo de ajuste se - siguen los siguientes pasos:

- a) Se verifican los voltajes de alimentación.
- b) El SW de alimentación se pasa ña posición ENC (encendido).
- c) El SW de máquina se pase en la posición FUE
- d) El SW de ajuste se pone en la posición interno INT
- e) El SW de integradores se pone en la posición (AJUS), para que-- no de un retazo de tiempo y el ajuste se pueda efectuar rapida-- mente.
- f) El control G debe estar en la posición mínima.

En estas condiciones se puede hacer el ajuste, simulando las entra das con los controles X apertura del gobernador 65 P y Y nivel de-- gua del tanque.

Los voltages de los transductores Y (YT) y nivel (YN) se puede ver en el volmetro superior.

Las señales de los transductores X (XT), X apertura (XA) y X pro-- grama (XP) se pueden ver en el volmetro inferior.

Para iniciar la programación se pone el interruptor YN en la posición superior, YT y XL en la posición inferior.

El interruptor XP en la posición superior, XT y XA en sus posiciones inferiores.

Para programar la curva de programación se debe seguir los siguientes:

1.- Primeramente se deben detener elegidas los cuatro valores que determinaran los puntos P1 y P2.

2.- Se pone el control Yniv en mínimo y el volmetro superior debe marcar 0 volts.

3.- Se coloca el control X2 en su posición central.

4.- El control Y1 en posición mínima.

5.- El control Y2 en posición máxima.

6.- Se ajusta el control X1 hasta que el volmetro inferior tenga el valor de X1 (0.2 volts).

7.- Se ajusta con el control YN el valor de Y1, este valor debe de leerse en el volmetro superior y la lectura XP no debe almacenarse.

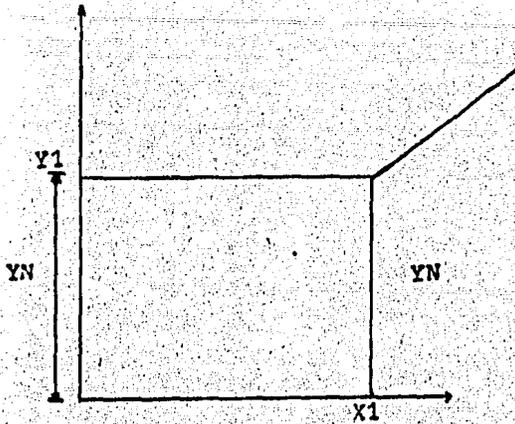
8.- El control Y1 se reduce gradualmente, hasta que el valor de XP empiece a ascender, y se regresa hasta que justamente XP regrese a su valor X1.

9.- En el volmetro superior se ajusta el valor Y1 con el control Yniv.

10.- En el volmetro XP se ajusta el valor X1 con el control de X1.

11.- Y1 se asciende un poco y se reduce hasta que X1 empiece a ascender (YN no debe variar).

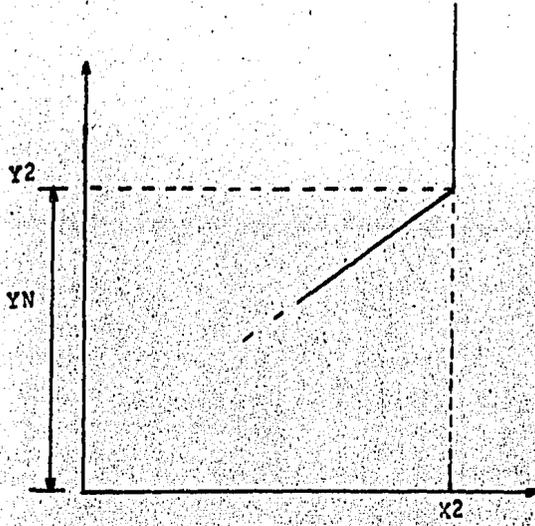
12.- Se sube o se baja lentamente el control Y1, hasta que se mueva ligeramente el valor XP y se deja en este punto, como se muestra en la figura siguiente:



13.- Se sube el control YN, hasta que el volmetro YN tenga el valor YX.

14.- Con el control X2, se ajusta aproximadamente el valor X2 en el volmetro XP.

15.- Se reduce Y2 hasta que $X_P = X_2$, empiece a disminuir ligeramente, se aumenta y se reduce ligeramente Y2, hasta encontrar el punto en que justamente empiece a afectar el valor X2.



16.- Con estos ajustes es posible que el valor X1 se encuentra - desajustado, por lo que se repiten los pasos del 6 al 15.

17.- Se repiten los pasos del 6 al 15 hasta tener una aproxima- ción aceptable.

18.- Al mover el control YN entre cero y valor Y1, XP, debe per- manecer fijo en el valor X1.

19.- Cuando YN varíe ligeramente y sobrepase el valor Y1, el va- lor X1 (que se tiene en el volmetro XP) debe de empezar a aumen- tar, en caso contrario se debe ajustar Y1.

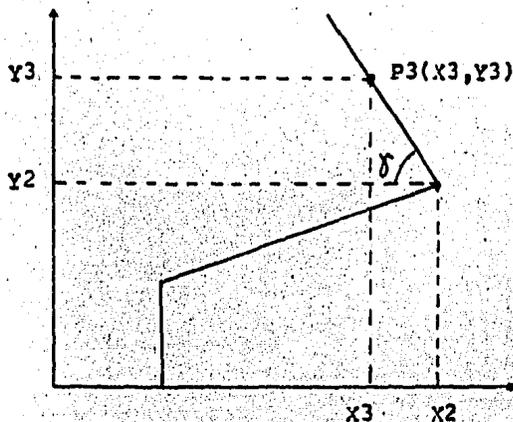
20.- Cuando el valor de YN, se encuentre entre los valores Y1, - Y2, X2, debe subir proporcionalmente.

21.- Cuando el valor YN, se acerque al valor Y2, el valor X debe c casi detenerse y ya no subir más.

22.- Si el valor YN, aumenta más el valor X2, ya no debe aumen- tar (omuy ligeramente).

23.- Si se cumplen las condiciones de los pasos del 18 al 22, el programa se considerará prácticamente ajustado en su primera y se- gunda parte y el ángulo gamma tiene 90° (aproximadamente). Como la planta esta alimentada por un canal y tanque regulador, en ge- neral ya no hace falta ajustar más el ángulo gamma.

24.- Comprobación de que el variador sigue al programa. Se ajus- te el control YN de manera que el volmetro inferior tenga el va- lor de un punto intermedio (P,I) de la segunda parte del progra- ma.



$$\tan \delta = \frac{Y3 - Y2}{X2 - X3}$$

El interruptor XP se baja, el interruptor XA se sube se ajusta el control XA hasta tener un valor igual a XP1.

XP1 = XA1

En estas condiciones los diodos luminosos subir y bajar deben estar apagados.

Si con el control XA hacemos descender el valor XA1 aproximadamente 0.3 V., el programador debe detectar que la apertura está baja y debe dar la orden subir (enciende el diodo luminoso subir) si subimos el valor XA1 nuevamente a XPL, la orden subir debe cesar.

Si aumentamos en 0.3 V el valor XA1, el programador debe dar la orden bajar y mantenerla hasta que hagamos nuevamente XA1=XP1.

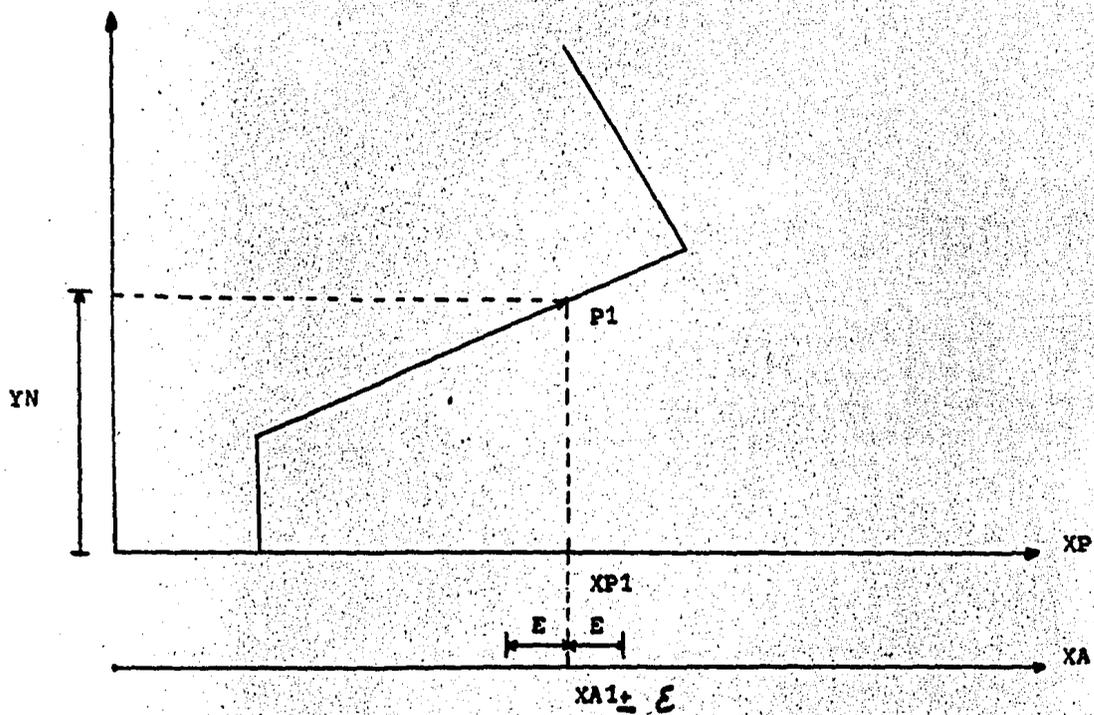
25.- Si se desea aumentar o disminuir la precisión, se hace por medio del control de zona muerta (ZM). Al variar la apertura XA, la detección debe ser muy clara y los diodos luminosos deben estar completamente encendidos o apagados. Si se observa que parpadean o encienden ligeramente, indica un estado oscilatorio en algún detector de voltaje, lo cual debe dañar los transistores de salida. Para evitar estos estados oscilatorios, se debe aumentar la zona muerta.

AJUSTES DEL 0% y del 100%

0% el ajuste del 0% debe hacerse en un valor ligeramente superior a XA=X1 y se ajusta el control 0%, para que actúe justo al bajar ligeramente el valor X1.

Por condiciones del sistema, la maquina puede tender a motorizarse en la posición X1, por lo tanto es conveniente ajustar el 0% en un 5% o 10% de carga, y con esto el programador no lo dejara bajar de este valor de generación, evitando el problema de motorización.

100%. El ajuste del 100% se realiza por medio del control 100% --
Se lleva por medio del control XA el volmetro XA al valor X2 y a-
justando el control 100% a que justo cuando el valor XA el valor-
X2, tiende a sobrepasarlo, encienda el diodo luminoso 100%.
Estos ajustes deben comprobarse prácticamente, es decir, hacer --
ue la máquina tome el X5 (ó el valor deseado) de la carga y que -
el diodo 0% encienda, llevando la máquina al 100% debe encender -
el diodo 100%.



$\epsilon \approx 0.3 \text{ V}$

Zona Muerta

Zona Muerta = 2ϵ

CAPITULO V

AUTOSINCRONIZADOR AUTOMATICO BASLER ELECTRIC.

5.1 INTRODUCCION.

Para realizar la maniobra de arranque en forma totalmente automática, era necesario que la sincronización de la unidad se hiciera en forma automática y para tal fin se eligió un equipo electrónico — que realiza en forma automática la maniobra de sincronización.

Este dispositivo es el autosincronizador marca Basler Electric modelo PRS 170, el cual los rangos de diferencia de fase y por tanto frecuencia y voltaje son ajustables.

Cuenta también con la posibilidad de compensar en tiempo de cierre del interruptor, ya que existe un tiempo muerto entre momento que se da la orden de cierre y el momento en que efectivamente cierra el interruptor, a continuación se hará una descripción de la forma en que se ajustan dichos parametros.

Este autosincronizador tiene como señales a comparar, la señal de voltaje y frecuencia de la máquina y el bus al cual se desea sincronizar la unidad.

Este tiene como mando los de subir y bajar voltaje, y los de subir y bajar frecuencia, estos se encuentran disponibles en forma de un contacto abierto y uno cerrado para cada mando, ya que cuenta con una interfase de relevadores. Cuenta además con un contacto de mando el cual cierra momentáneamente activando el circuito de cierre del interruptor.

5.2 RECOMENDACIONES.

Recomendamos que este autosincronizador sea energizado únicamente cuando este operando, esto minimiza las horas de operación y alarga la vida del mismo.

La alimentación del sincronizador y las señales del voltaje de bus

deben ser aplicadas simultáneamente, la aplicación de la alimentación del sincronizador sin el voltaje de bus puede causar una señal indeseable de corrección de la velocidad.

Es importante señalar que este autosincronizador esta manufacturado a base de componentes CMOS y es necesario tomar las siguientes precauciones:

- a) No quitar las tarjetas electrónicas cuando este se encuentre funcionando.
- b) No tocar ni remover con las manos los componentes ya que se pueden neutralizar con la carga del cuerpo.
- c) No transportar los circuitos integrados en bolsas de plástico ordinarias.

5.3 APLICACION.

Como una unidad básica la PRS 170 es un verificador preciso de sincronismo con la opción de módulos enchufables los cuales se encargan de la comparación y aceptación de voltaje y frecuencia de la unidad, el sincronizador puede automáticamente ajustar el voltaje y la frecuencia del generador hasta que este y el bus estén dentro de los límites de ajuste seleccionados con anterioridad. Esto es realizado por medio del control del gobernador de velocidad 65 y el ajuste de voltaje 90 del regulador de tensión.

5.4 ESPECIFICACIONES.

ENTRADAS	GENERADOR	BUS	ALIMENTACION
Voltaje	120 VCA	120 VCA	120 VCA
Frecuencia	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Fase	1	1	1
Potencia	5 VA	5 VA	25 VA
Factor de Potencia	0.8	0.8	0.8

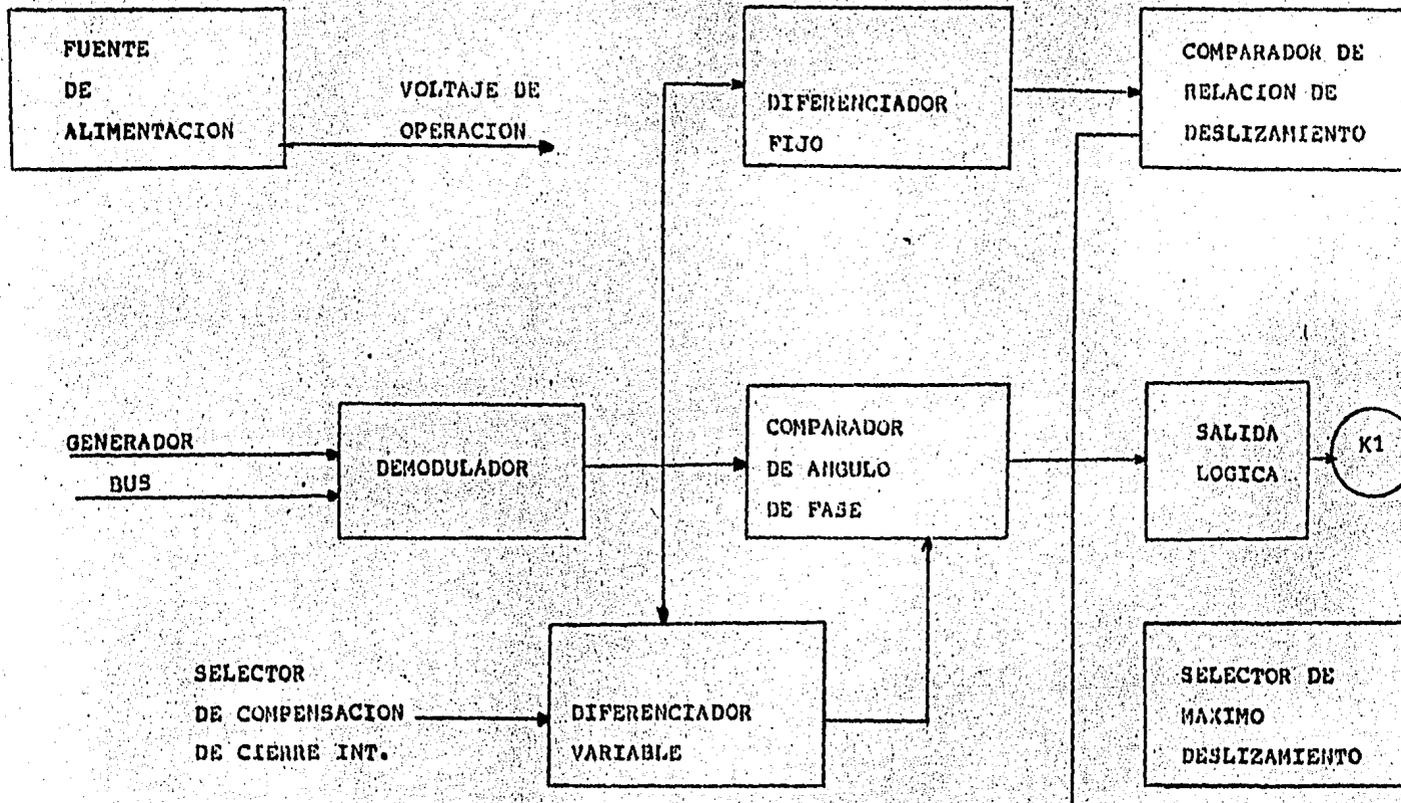


DIAGRAMA A BLOQUES FUNCIONAL.

Deslizamiento en frecuencia: Ajustable de 0.05 a 0.5 Hz.

Abance del ángulo de fase: de 0° a 30° .

Tiempo de cierre del interruptor: ± 3 grados.

Duración de la señal de cierre interruptor: 100 ms.

Compensación del tiempo de cierre del interruptor: Ajustable de - 0.04 a 0.8 segundos.

Ancho de banda de aceptación de voltaje: de $\pm 0.5\%$ a $\pm 4.5\%$.

Corrección de frecuencia de máquina: esta salida consiste en contacto pulsado de cierre ajustable entre 0,1 y 1 segundo.

Corrección del voltaje de máquina: La salida consiste en un cierre y apartura de contacto hasta que el voltaje este dentro de los límites de la banda de control.

5.5 PRINCIPIO DE OPERACION.

El autosincronizador como una unidad estandar esta equipada con un módulo simple el cual contiene las tarjetas de compensación de cierre de interruptor, capacidad de relación de deslizamiento de fase y hecho contra explosión.

Un diagrama de bloques del funcionamiento del sincronizador es anexo a continuación.

La unidad de sincronización cuenta con una fuente de poder aislada, la cual debe estar conectada al bus de servicios propios.

Las señales aceptadas para el generador y el bus son de 120 VCA, - 50/60 Hz, la carga sobre estas señales es aproximadamente de 5 VA, las señales son aplicadas al transformador de entrada del demodulador.

Las señales son procesadas y usadas para operar el contacto de cierre de interruptor cuando el generador y el bus estan dentro de -- los límites de sincronización.

5.5.1 DEMODULADOR.

Las frecuencias de bus y generador son restadas la una de la otra en el demodulador, el resultado de esto es una señal de 60 Hz modulada con la diferencia de frecuencia de las dos señales medidas, esta es aplicada a un puente rectificador de onda completa y filtrado para quitar la componente de alterna a 60 Hz. Esta señal representa la diferencia del ángulo de fase entre las dos señales de bus y generador. Esta señal es 0 volts a 0° de diferencia de fase y máximo voltaje a 180° de diferencia de fase. Este es aplicado al comparador de ángulo de fase, aún diferenciador fijo y a un diferenciador variable.

5.5.2 DIFERENCIADOR FIJO Y COMPARADOR DE PORCIENTO DE DESLIZAMIENTO.

La escala del factor del diferenciador fijo es colocada en un valor determinado. La salida de este circuito es una señal la cual su amplitud es directamente proporcional al deslizamiento de frecuencia, esta señal es aplicada a una entrada del comparador de deslizamiento de frecuencia, el voltaje aplicado a la otra entrada del comparador puede ser variado de 0.05 a 5 Hz usando el control de deslizamiento en frecuencia, este establece el máximo deslizamiento en frecuencia deseado. Si la salida de este diferenciador excede este valor, el sincronizador no la toma en cuenta. Una señal es provista por el comparador a la salida lógica si el deslizamiento en frecuencia esta dentro del limite establecido -- por el control.

5.5.3 DIFERENCIADOR VARIABLE.

La señal demodulada es también aplicada al diferenciador variable, esta escalado el diferenciador variable de tal forma que la salida es igual al avance del ángulo de fase necesario para compensar

el tiempo de cierre del interruptor, el diferenciador variable - acepta que el ángulo y la compensación de cierre de interruptor - sean sus entradas y calcula el avance del ángulo de fase necesario para que este sea cero grados en el momento del cierre real - del interruptor.

La compensación de cierre del interruptor es una señal que tiene una calibración ajustable de 0.04 a 0.8 segundos.

5.5.4 COMPARADOR DE ANGULO DE FASE.

El avance del ángulo de fase para el diferenciador variable es - determinado en el comparador de ángulo de fase, con el ángulo de fase en que se encuentre en ese momento el demodulador. Cuando - el ángulo de fase entre la entrada del generador y el bus alcanza el ángulo calculado por el diferenciador variable, el compara - dor provee una señal de salida a la salida lógica. Esta señal ce - rrara el contacto que manda cierre de interruptor si las otras - condiciones son correctas.

5.6 CONTROLES.

5.6.1 COMPENSACION DE TIEMPO DE CIERRE DE INTERRUPTOR.

Este control es ajustable entre 0.04 y 0.8 segundos, el sincroni - zador permite que el operador compense este tiempo. El uso de es - te control es discutido después, el valor del tiempo de cierre - de interruptor es proporcionado por el fabricante del interrup - tor en sus especificaciones técnicas.

5.6.2 CONTROL DE DESLIZAMIENTO DE FRECUENCIA.

Este control es ajustable entre 0.05 a 0.5 Hz, permite al opera - dor seleccionar el máximo deslizamiento en frecuencia al cual la sincronización puede ser permitida.

5.6.3 BOTON DE RESTABLECER.

Este es un botón pulsador para restablecer el sincronizador en la acción de cierre cuando este se encuentra bloqueado.

5.6.4 CONTROL DE DIFERENCIA DE VOLTAJE.

Este control es ajustable entre 1 y 5 volts, este rango puede ser expandido usando el interruptor del multiplicador diferencial, es te establece la máxima diferencia de voltaje entre generador y bus mas allá de donde la sincronización no puede ser realizada.

5.6.5 CONTROL DEL ANCHO DEL PULSO DE MANDO.

Este control es ajustable de 0.1 a 1 segundo, establece la duración del pulso aplicado al relevador del control del gobernador-65.

5.7 INDICADORES.

5.7.1 LUZ DE SINCRONISMO.

Esta luz enciende cuando el relevador de sincronización que manda cierre de interruptor cierra su contacto. (0.1 seg.).

5.7.2 LUZ DE ALIMENTACION.

Esta enciende cuando la alimentación del sincronizador se encuentra conectada.

5.7.3 LUZ DE BAJO VOLTAJE.

Esta se enciende cuando el voltaje del generador es bajo con respecto del voltaje del bus que en porcentaje es establecido por -

el control de voltaje diferencial.

La iluminación es continúa y existirá mientras la diferencia de voltaje no desaparesca.

5.7.4 LUZ DE ALTO VOLTAJE.

Esta se enciende cuando el voltaje del generador es alto con respecto del voltaje del bus que en porcentaje es establecido por el control de voltaje diferencial.

La iluminación es continúa y existirá mientras la diferencia de voltaje no desaparesca.

5.7.5 LUZ DE PARO.

Esta enciende si el interruptor ha sido nuevamente abierto dentro de 15 segundos después del cierre y la curvierta antiexplosión ha sido instalada.

El PRS 170 no intentará sincronizar la unidad hasta que el botón de reponer sea oprimido.

5.7.6 LUZ DE BAJA FRECUENCIA.

Esta luz se enciende cuando en PRS 170 manda subir la velocidad del generador para corregir el desajuste en la frecuencia.

Este se ilumina momentaneamente y el tiempo de duración es el del ancho del pulso que mueve el gobernador 65.

5.7.7 LUZ DE ALTA FRECUENCIA.

Esta luz enciende cuando el PRS manda bajar la velocidad del generador para corregir el desajuste en la frecuencia.

Este ilumina momentaneamente y el tiempo de duración es el del ancho del pulso que mueve el gobernador 65.

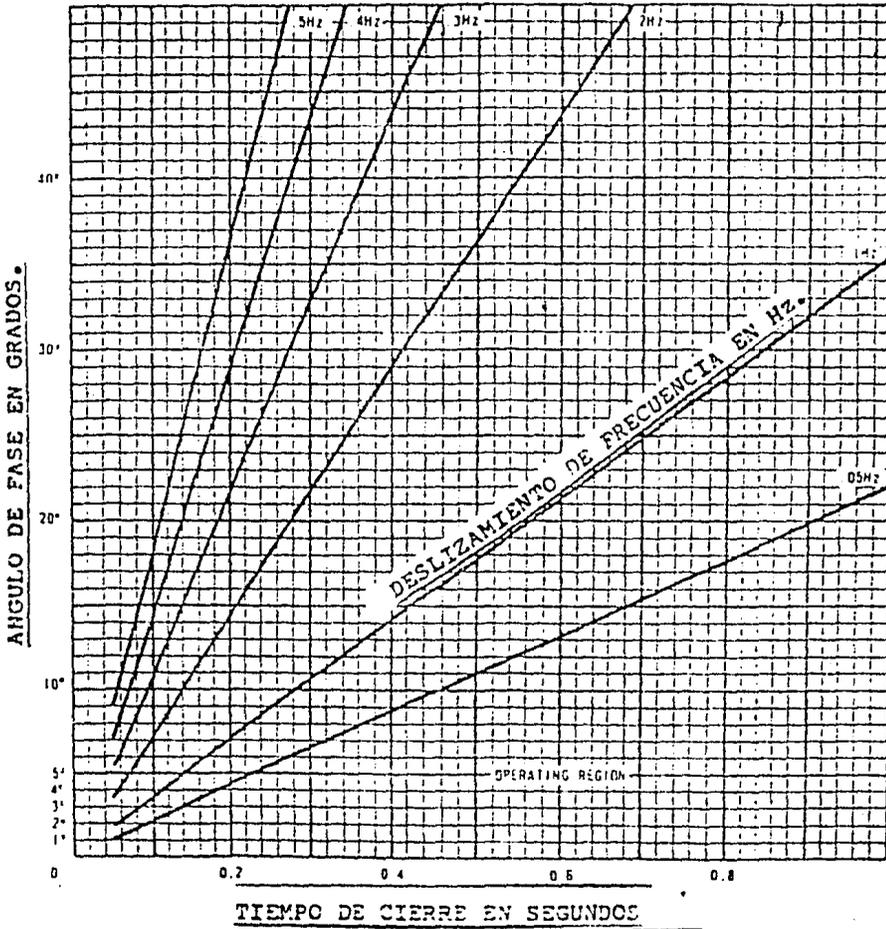


Figure 5-1 LIMITES DE OPERACION

 Basil Electric
Highland, Illinois

5.8 INSTALACION.

5.8.1 GENERALIDADES.

Esta sección contiene información conserniente a la instalación - del PRS 170, es importante que las conecciones externas y la puesta en servicio sea ejecutada con cuidado para obtener la conveniente operación de la unidad.

5.8.2 MONTAJE.

El sincronizador esta diseñado para ser insetado en el tablero - de control con acceso para el operador por la frontal y el cableado por la parte de atras.

Esta diseñado para trabajar a una temperatura inferior a 70 °C.

Revisión Inicial.

Paso No. 1.

Revice que la rotación de fases de la señal del generador sea identica a la del bus.

Paso No. 2.

Temporalmente el interruptor de máquina debe de estar abierto y - en posición de prueba.

Paso No. 3.

Quitar la tapa frontal del autosincronizador, ya que al hacerlo - se operará un interruptor limite que bloqueará la señal de cierre de interruptor.

Paso No. 4.

Ajuste del tiempo de cierre de interruptor. Determine el tiempo - de cierre del interruptor consultando las especificaciones proporcionadas por el fabricante. Si el tiempo esta dado en ciclos este puede ser convertido a segundos multiplicandolo por 0.0166 para - el caso de 60 Hz o 0.02 para 50 Hz dependiendo de la frecuencia -

del sistema.

Ponga el control de compensación de tiempo de cierre de interruptor en el valor apropiado.

Paso No. 5.

Seleccione el deslizamiento de la frecuencia. El máximo deslizamiento de la frecuencia aceptado debe ser determinado considerando las necesidades individuales. En el diagrama anexo se indica las características de operación del sincronizador.

En la figura, el eje horizontal es el tiempo de cierre del interruptor en segundos, el eje vertical es el ángulo de fase relativo entre el voltaje de bus y el voltaje del generador dado en grados. Las rectas diagonales representan posiciones del control de deslizamiento en frecuencia, para determinar cual de estas rectas elegirá depende de:

- 1.- Donde se desea que ocurra la sincronización.
- 2.- La cantidad de disturbios que pueden ser tolerados al momento de sincronizar.

Por ejemplo en la posición de 0.5 Hz la sincronización se realiza rápidamente pero ocasiona el máximo disturbio a nivel sistema porque el cierre del interruptor es más rápido.

A 0.05 Hz la sincronización ocurre más lentamente pero los disturbios ocasionados al sistema en el momento del cierre del interruptor son mínimos.

El punto en que se encuentre el control de deslizamiento en frecuencia representa un compromiso entre la velocidad de sincronización y disturbios ocasionados al sistema.

En la figura localice el tiempo correcto de cierre de interruptor en el eje horizontal, para el punto localizado muevalo hacia arriba hasta a travesar la línea inclinada de deslizamiento en frecuencia adecuado y del punto de intersección muevalo hacia el eje vertical.

El ángulo relativo de fase corresponde a varios puntos de intersección con el eje vertical, representando la máxima diferencia de ángulo

gulo de fase en avance de 0° , por el cual el sincronizador podrá iniciar el cierre de interruptor.

Aunque el contacto del cierre del interruptor puede accionarse - entre 0° y 30° relativo de ángulo de fase, puede ocurrir también de $\pm 3^{\circ}$ a 0° .

Cada posición del control de deslizamiento en frecuencia en cual intersecta el tiempo de cierre del interruptor dentro del area - sombreada puede resultar $\pm 3^{\circ}$ a 0° .

Paso No. 7 .

Energice el sincronizador conectando el interruptor 43S en la po sición de prueba, la luz PWR debe de encender.

Si la frecuencia y/o el voltaje de máquina en operación son conec tados las luces de frecuencia y voltaje nos indica el estado de- estos.

Cuando el voltaje de la máquina y el bus estan dentro de los limi tes establecidos por el sincronizador, el relevador que manda el- cierre de interruptor se energizará (0.1 segundo) y la luz SINC - debe de encender momentaneamente. El interruptor de máquina no de be cerrar ya que se encuentra en la posición de prueba.

Paso No. 8

Coloque la cubierta del sincronizador.

Paso. No. 9

Se coloca el 43S en la posición automático y al detectar el sin-- cronizador condiciones de sincronismo manda el cierre de interrup- tor.

CAPITULO VI

MODIFICACIONES REALIZADAS AL EQUIPO INSTALADO EN LA C. H. TAMAZULAPAN.

6.1. MOTORIZACION DEL REOSTATO DE CAMPO Y AJUSTE FINO.

Para que se tenga un control automático total de la etapa de excitación es necesario tener un control eléctrico de sus partes mecánicas como son el reostato de campo y ajuste fino.

Desde la posición de 0% a 100% el reostato de campo se desplaza - aproximadamente 320° y para poder controlarse con un motor se necesita que este sea autorreversible y de muy baja velocidad, para esto se pensó en un motor universal que en este caso trabajaría - con 125 VCD, este motor sería conectado en serie debido a las ventajas que presenta esta configuración. Para reducir la velocidad - hasta 1 rpm aproximadamente se le conecto un motor reductor y un juego de engranes adicional, por lo que el acoplamiento fue de -- flecha a flecha por medio de engranes.

Para protección del reostato de campo se le conectaron dos interruptores límite N. C. uno en 0% y otro en 100% de su carrera, conectados directamente en serie con el circuito serie del motor.

Lo anterior se hizo para el reostato de campo y ajuste fino, con la única variante que el sistema de engranes adicional proporciona una velocidad de salida de 2 rpm.

Las características eléctricas del motor son las siguientes:

Marca: Dayton

Capacidad: 1/15 H.P.

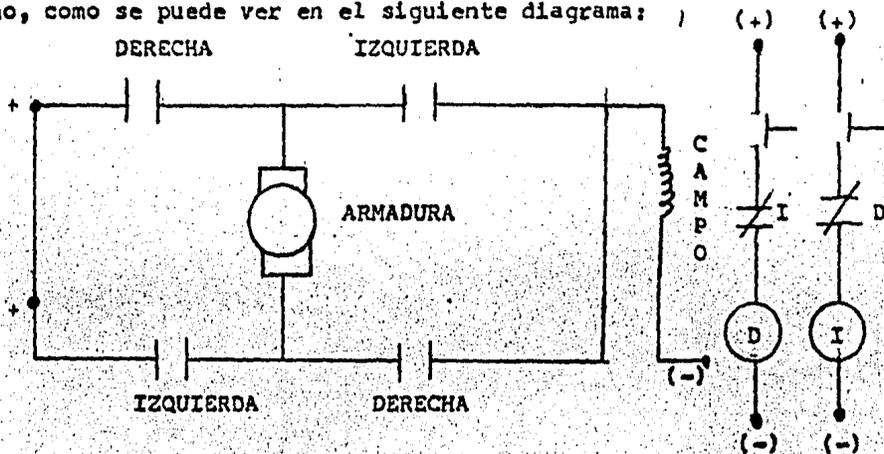
Voltaje 125 VCD

Corriente a plena carga: 1.3 amp.

Velocidad con motorreductor: 1-2 rpm

Tipo: Universal

Para poder tener un control en el sentido de giro se hizo un arreglo de tal forma que cuando gire en un sentido, el sentido de la corriente de la armadura era una y para cambiar el sentido de giro del motor basta con invertir esta corriente. Lo anterior se realiza con un juego de dos relevadores usando dos contactos de cada uno, como se puede ver en el siguiente diagrama:



Como se explicó en la descripción de la secuencia automática de arranque y paro la nomenclatura del relevador

	Reostato de Campo	Reostato de Ajuste fino
D	70	70A
I	AJ	AJA

Para el control manual se realiza mediante un conmutador de contacto momentáneo posiciones evitando el riesgo de cortocircuito en el arreglo del motor en caso se mandará subir y bajar simultáneamente. En el contexto de la secuencia de arranque y paro tiene conectado- contactos negados de subir en el relevador de bajar y viceversa es es decir que se convierten en funciones complementarias.

SISTEMA DE FRENADO

El sistema de frenado consta de dos partes:

- a) Control de frenado
- b) Ejecución del frenado

Dentro de la parte que corresponde al control del frenado la detección de la velocidad de frenado 35% se encuentra a cargo de un relevador 14 que no es otra cosa mas que un detector de voltaje. Este relevador actúa como un permisivo de vital importancia, porque sería muy peligroso que el freno operara a una velocidad superior a la de frenado o en el peor de los casos cuando la máquina estuviera operando con carga, causando el consecuente deterioro del sistema de frenado ya que no está diseñado para trabajar nominalmente a esa velocidad, el deterioro a la unidad sería mínima debido a la gran masa de inercia con que cuenta.

Para evitar este riesgo se le acondicionó como permisivo adicional una tarjeta electrónica de la cual se hablará después.

Una vez operado el 14 y la tarjeta electrónica la señal de frenado llega el relevador FEN y un contacto de este energiza la bobina del piloto de la válvula de cuatro vías.

Fue necesario conectar un piloto a la válvula de cuatro vías para tener una respuesta mas rápida y mayor seguridad en el funcionamiento, El piloto consiste en una válvula de dos vías que funcionan con aire, la cual es movida la bobina (FN) antes mencionada.

La función de la válvula de cuatro vías es mover hacia arriba o hacia abajo la muelle que soporta la balata esto se realiza por medio de un gato neumático.

Cuando se aplica el freno la válvula de cuatro vías desvía el flujo de tal forma que hace que el gato haga subir la muelle haciendo que la balata haga contacto con el volante de inercia haciendo que la máquina se detenga.

Cuando se desee quitar los frenos hasta con desenergizar la bobina del piloto y este se suspenderá la entrada de aire hacia la válvula de cuatro vías la cual será regresada a su posición original por medio del resorte colocado en el otro extremo.

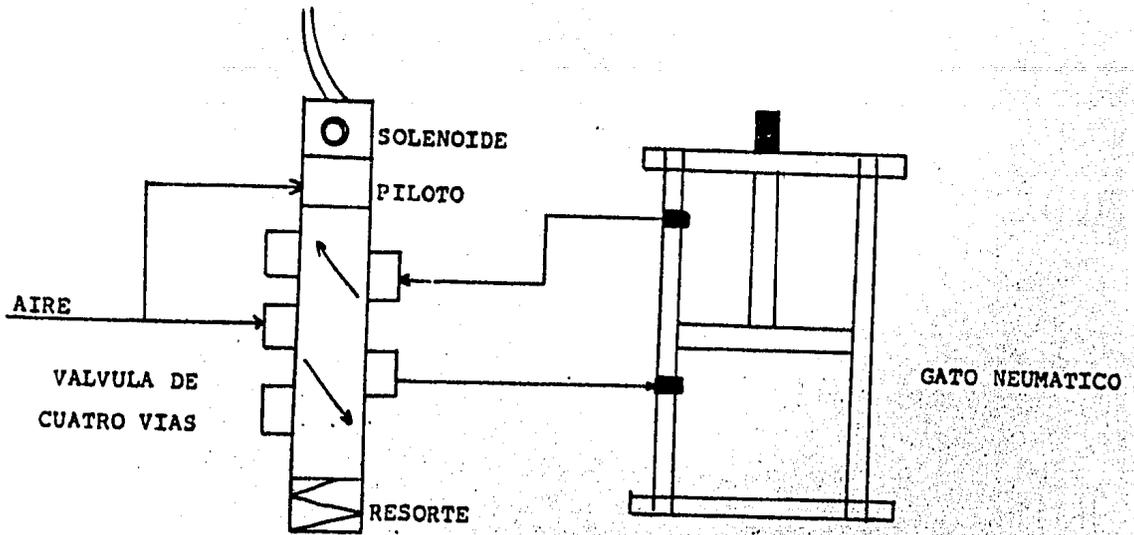
Para calibrar la velocidad de operación del gato se colocaron en los desfogues de la válvula de cuatro vías estranguladores de flujo uno en la salida de subir y otro en la de bajar, con esto se puede regular la velocidad abriendo o regresando una tuerca calibrada, una vez que se haya calibrado se fija con una contratuercas colocada para este fin.

La muelle en uno de sus extremos se encuentra apoyada en una articulación que permite realizar un movimiento de rodillo, cuyo centro de giro es un perno, anclado al piso con taquetes expansivos.

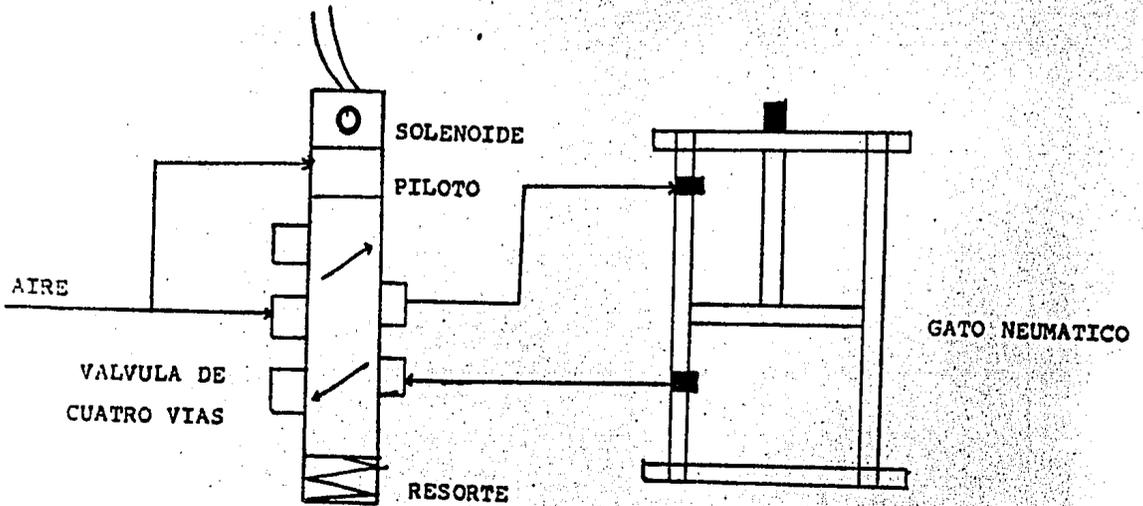
Al otro extremo donde hace contacto con bastago del gato se le coloca una articulación corrediza apoyada sobre baleros colocados en el bastago del gato, y un carril en el extremo de la muelle, lo cual aprovecha cabalmente la elasticidad de la muelle para hacer presión sobre balata colocada al centro de esta que a su vez hace presión sobre el volante de inercia.

La función con la balata hace que toda la masa de inercia del conjunto balante, turbina, rotor del frenado y rotor de extatriz pierda velocidad.

Se encuentra instalado en el extremo de la muelle un micro interruptor que registrará la posición del sistema de frenado.

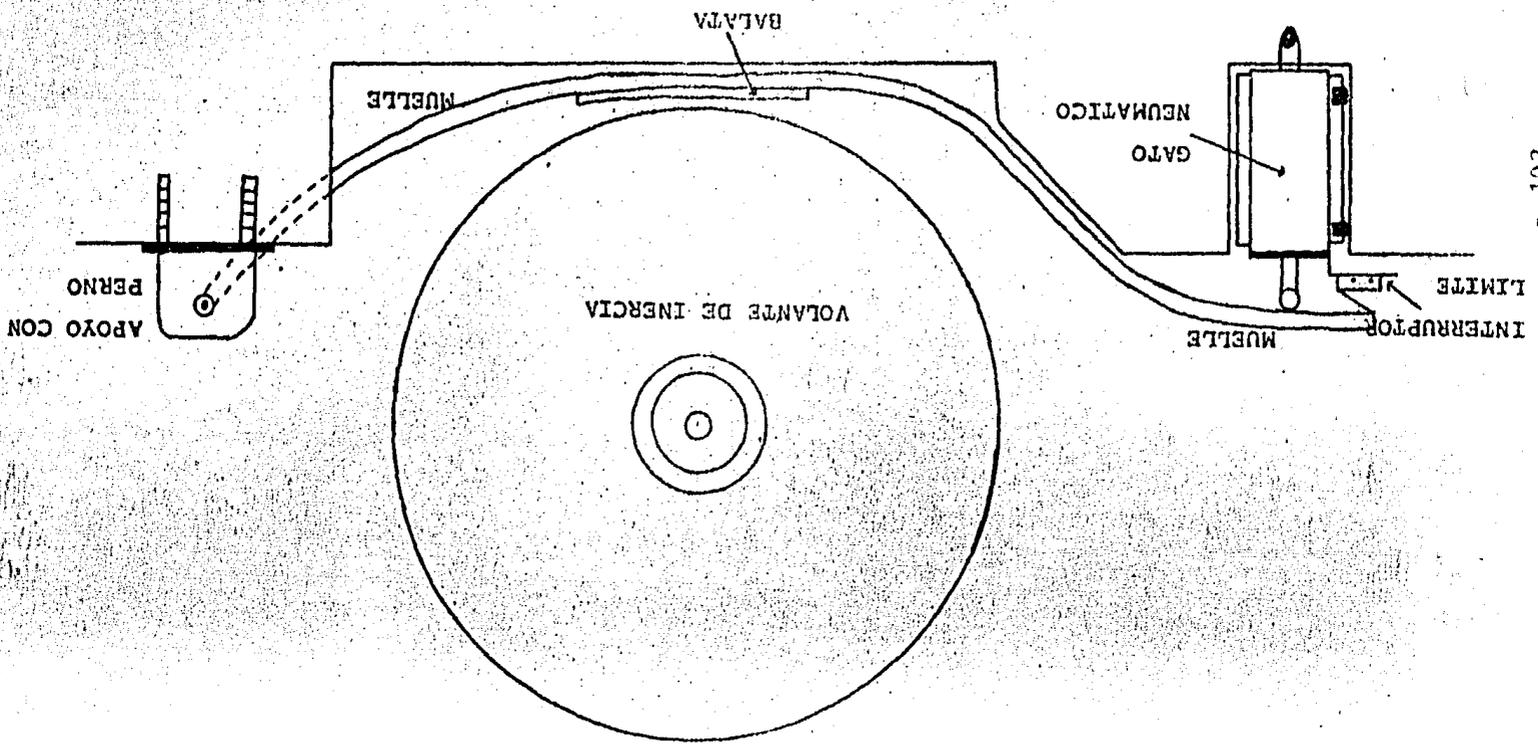


Operación de la válvula de cuatro vías cuando ordena frenar.



Operación de la válvula de cuatro vías en el momento que se suspen de el frenado.

SISTEMA DE FREMADO



SISTEMA NEUMATICO DE CONTROL DE LA VALVULA ESFERICA.

-Funcionamiento manual de la válvula esférica.

La válvula esférica se encuentra dotada de un sistema de control -- accionado con el agua de la turbina de presión, la cual antes de -- ser utilizada para el control pasa a través de filtro.

Esta válvula esta dotada de un sistema by pass automático que funciona cuando la válvula cierra o abre, esto es para igualar las -- presiones en ambos lados de la válvula esférica.

El sistema en el momento de abrir funciona de la siguiente forma:

Mediante la palanca hace accionar la válvula que da paso al agua -- a la cámara del serbomotor "f" en el sentido de abrir, el agua des -- alogada de la cámara del lado opuesto del serbomotor "f" acciona -- la válvula "e", el agua que sale de esta pasa por la válvula "h", -- (que ha sido posicionada mecánicamente por el propio serbomotor -- "f"), hacia las válvulas by pass b y c las cuales son abiertas por esta dando paso al agua procedente del cuerpo de la válvula.

Para realizar la maniobra complementaria de cerrar, se coloca la -- palanca en la posición de cerrar esta hará el cambio necesario pa -- ra que el agua de la tubería de presión sea desviada hacia la vál -- vula "e" que previamente al momento del cambio ha sido abierta, -- por la alimentación de agua que va del otro extremo de la turbina -- de presión.

De la válvula "e" va hacia la cámara del serbomotor "f" del lado -- de abrir, el agua del extremo opuesto es desalojada por medio de -- la válvula posicionada por la palanca a. La presión de agua de la -- válvula auxiliar "h" hará lo propio para abrir las válvulas de by -- pass b y c.

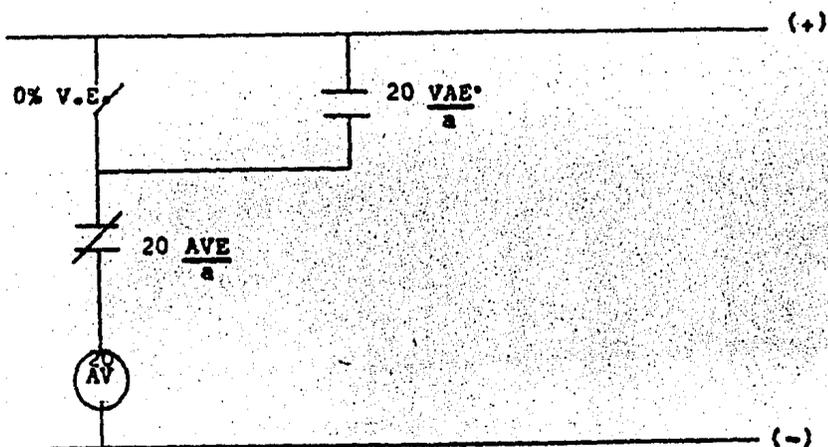
Para realizar esto en forma automática, se observa primeramente -- que el control lo ejercen la válvula de palanca a y para realizar -- un control automático con un mango de tipo electro, se pensó en -- sustituir dicha válvula por una válvula de cuatro vías piloteada --

con aire, que realizaría exactamente las mismas funciones. La bobina de la válvula de cuatro vías trabajará normalmente desenergizada ya que es mayor el tiempo que pasa la unidad en operación que fuera de servicio, es decir, la bobina energizada la válvula de esfera cerrada y viceversa.

La válvula trabajará de tal forma que al energizar la bobina la válvula de cuatro vías hará los cambios necesarios para que la válvula esférica cierre. Y cuando este desenergizada hará otro tanto para que abra.

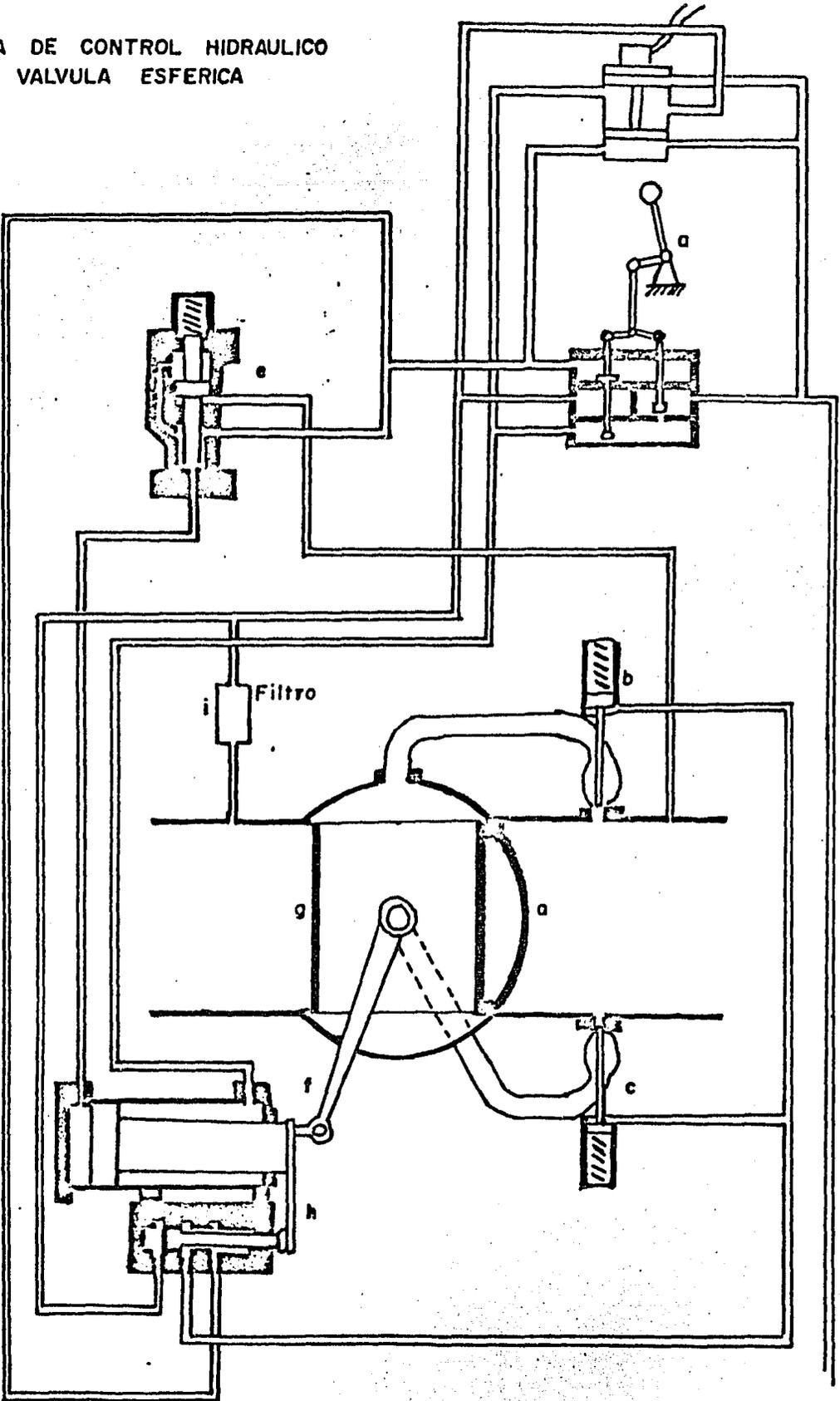
En el diagrama siguiente se expone la forma en que varía funcionando el control de la válvula esférica con la nomenclatura antes citada.

Como se verá en el diagrama el cambio hecho no modifica el principio de operación del control de la V.E., salvo la única variante que ahora se tiene control de la válvula por medio de la bobina del piloto de dicha válvula.



Como se puede observar del diagrama anterior se tiene control de la válvula esférica con dos relevadores 20AVE para abrir y 20 AVE para cerrar, el microswitch sirve como candado de seguridad, y no-

SISTEMA DE CONTROL HIDRAULICO
DE LA VALVULA ESFERICA



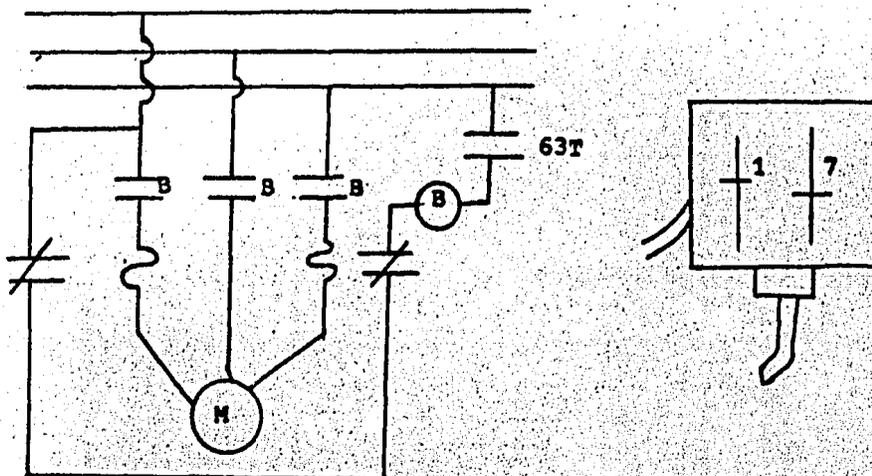
permitir que abra la válvula en caso no deseado de falla del relevador 20 VAE.

6.4 SISTEMA DE PRESION AUXILIAR PARA EL EQUIPO NEUMATICO.

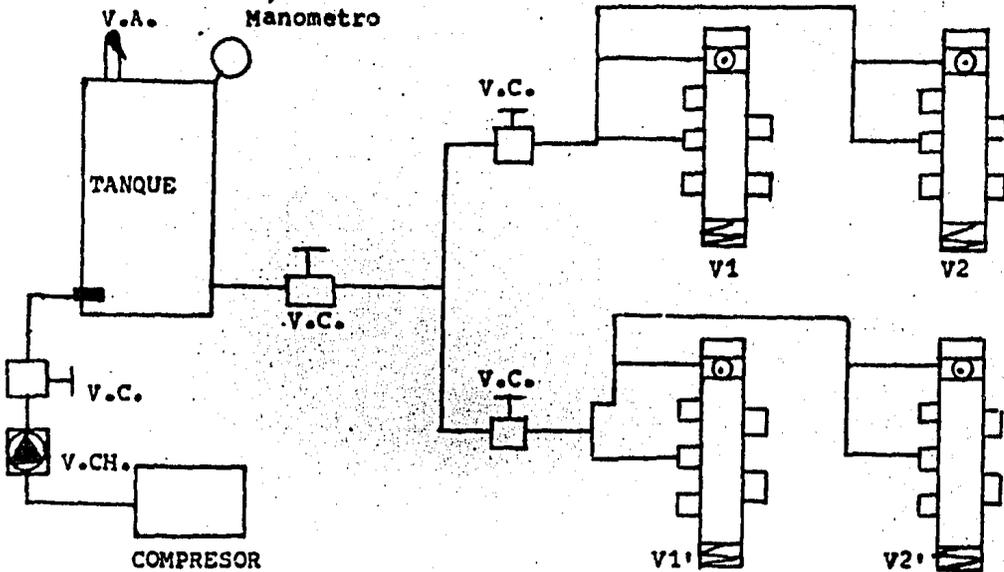
Este sistema esta compuesto por un compresor de dos cabezas a pistón, al cual se encuentra un motor eléctrico trifasico de 3 H.P.- de capacidad. Para almacenar el aire a presión cuenta con un depósito de aire el cual tiene instalada una válvula de alivio en el caso de que se presentará una sobrepresión tiene conectada un manometro que nos permite conocer la presión del tanque.

El control de la presión del deposito se realiza por medio de un presostato el cual hace que cuando la presión del tanque baje a menos de 6 Kg/cm^2 manda a arrancar el compresor accionando el motor eléctrico. La calibración del presostato es 7 Kg/cm^2 con una diferencial de 1 Kg/cm^2 para evitar el funcionamiento demasiado intermitente de compresor.

El diagrama eléctrico del control del compresor es el siguiente:



El sistema neumático se explica en el siguiente diagrama:



V1.- válvula de control de frenado unidad No. 1

V2.- válvula de control de la válvula esférica unidad No. 1

V3.- válvula de control de freno unidad No. 2

V4.- válvula de control de la válvula esférica unidad No. 2

6.5 SISTEMA DE PRESION AUXILIAR PARA EL ARRANQUE EN AUTOMATICO DEL REGULADOR DE VELOCIDAD.

Para que el regulador de velocidad pueda arrancar en forma automática controlado unicamente por su gobernador con número 65 P y su limitador 65 ML, es necesario que exista presión suficiente para poder mover eficientemente todo el mecanismo de regulación ya que este funciona a base de presión de aceite.

Cuando se hace el arranque en forma manual se tiene control mecánico sobre el serbomotor por medio de una flecha acoplada a este extremo de sus extremos y por otro termina en forma de tornillo y esta acoplada a un volante que nos permite cerrar y abrir el serbomotor

aunque no exista presión.

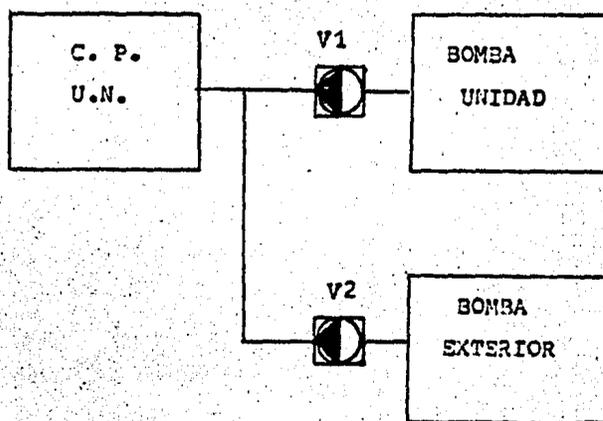
Este serbomotor como ya se apuntó con anterioridad tiene control directo sobre el deflector de chorro y las agujas de los chiflonés.

El regulador de velocidad cuenta con una cámara de presión la cual se mantiene en 17 Kg./cm^2 gracias a una válvula de alivio que desfoga hacia el depósito. De esta cámara se toma la presión necesaria para todo el sistema de regulación.

La unidad cuenta con una bomba de aceite que provee presión de aceite únicamente cuando la unidad se encuentra rodando, ya que esta se encuentra acoplada por medio de banda a la flecha de la unidad.

Para meter presión de aceite a la cámara en forma externa se interrumpe el tubo que va de la bomba propio de la unidad hacia la cámara.

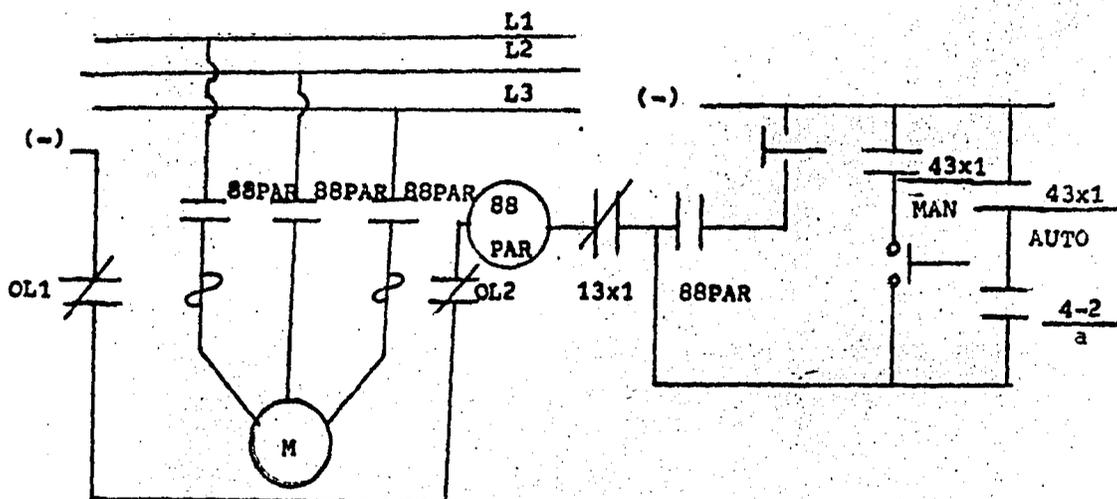
El arreglo es el siguiente:



El objeto de las válvulas check es impedir el paso de aceite de una bomba hacia la otra y el único camino posible del aceite sea la cámara de presión.

A continuación se anexa el diagrama de la unidad sin la modificación y posteriormente con la modificación.

El motor que impulsa la bomba es eléctrico de 220 VCA con capacidad de 3 H. P., para el control de este se utiliza un interruptor termomagnético ya que no permite la posibilidad de con un contacto a y probarlo con un contacto b, además nos da la opción de proteger el motor contra sobrecargas. El diagrama de control del motor se anexa a continuación.



El contacto que hace las veces de balón de arranque es 4-2/a con su permisivo 43X/auto, y el contacto que hace de balón de paro es el contacto 13x1 en el caso de un paro manual por medio del pulsador colocado en serie con el circuito de la bobina.

CAPÍTULO VII

ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO.

7.1

OBJETIVO.

Este capítulo esta dedicado al estudio técnico-económico del proyecto de automatización de la Central Hidroeléctrica Tamazulapan - anteriormente descrito.

Primeramente se establecera algunas consideraciones generales sobre las conveniencias de la automatización desde el punto de vista económico.

7.2

ASPECTOS TECNICO-ECONOMICOS A CONSIDERRAR PARA AUTOMATIZAR UNA CENTRAL HIDROELECTRICA.

a).- El objeto principal de automatizar una central de poca capacidad es reducir los costos de operación, que son regularmente mayores al del sistema a que se encuentran interconectadas. Logicamente al reducir las funciones del personal de operación sera necesario para la operación de esta un numero menor de operarios.

b).- En el caso de automatizar una central de gran capacidad el objeto principal no seria el abatir costos de operación, ya que generalmente son muy bajas debido a su gran capacidad, sino el proporcionar una operacion mas confiable y exenta de errores humanos.

A continuacion se anexa una tabla que muestra las 23 centrales pertenecientes a la Comision Federal de Electricidad con los costos de operación mas elevados.

Esto se debe como se puede observar en la tabla porque cuentan con mucho personal de operación o por que son de muy baja capacidad.

Como se puede observar la Central Hidroeléctrica Tamazulapan ocupa uno de los primeros lugares ya que cuenta con 18 trabajadores y una poetencia instalada de 2000kw.

Nombre de la Central	Numero de Trabajadores	Potencia Inst./Trab. Kw/Trabajador.
Portezuelo II	10	141
Texolo	11	145
Regla	5	144
San Sebastián	6	200
Itzicuaró	2	296
Tamazulapan	18	195
Trinidad	12	150
Las Rosas	11	114
Ixtaczoquitlan	12	138
Río Tepic	17	182
Bartolinas	2	375
El Olimpo	3	457
Portezuelo I	11	140
Tirio	3	338
Granados	3	313
Schpoina	16	205
Colotlipa	29	276
Bombana	24	218
Coacoyunga	6	366
San Pedro Pormas	8	359
Río Micos	4	329
Electroquímica	5	350
Tepazolco	16	680

TABLA COMPARATIVA DE LAS CENTRALES HIDROELECTRICAS DE CFE CON MAS ALTO COSTO DE OPERACION.

El personal que trabaja en la central es el siguiente:

1 Superintendente de Central. Encargado la supervisión y coordinación de todas las actividades que se realizan en la central.

4 Operadores. Personal encargado de realizar todas las maniobras de arranque y paro de las unidades y maniobras en la subestación de la central. Distribuidos en tres turnos de 8 horas y uno para cubrir los descansos.

3 Ayudantes en General. Encargado de auxiliar al operador en las maniobras de la central y la subestación.

3 Tanqueros Canaleros. Encargado de la limpieza de las regillas del tanque regulador, canal de fuerza, canal de conducción y presa derivadora, también auxilian al operador en la maniobra de apertura y cierre de compuertas.

1 Mozo- Aseador. Encargado de la limpieza de la casa de máquinas y de sus alrededores, trabaja 8 horas como el personal de operación

1 Chofer. Encargado de la transportación del personal y materiales y equipos necesarios en la central.

El personal de mantenimiento es el siguiente.

1 Encargado del mantenimiento mecánico. Responsable de dar mantenimiento preventivo cada semana y mantenimiento mayor una vez por año a cada unidad.

1 Ayudante de mantenimiento mecánico. Auxilia al encargado de mantenimiento mecánico.

1 Encargado de mantenimiento eléctrico. Responsable del mantenimiento preventivo, correctivo y mayor del generador, protecciones, etc.

1 Ayudante de mantenimiento eléctrico. Encargado de auxiliar al encargado del mantenimiento eléctrico.

El personal administrativo necesario para atender las necesidades de la central está compuesto por un oficinista pagador.

Sumando el salario del personal que labora en la Central se obtiene:

CATEGORIA	SALARIO INDIVIDUAL	SALARIO PLAZA
4 Operadores	1,193.94	4,775.76
3 Ayudantes en Gral.	1,109.34	3,328.02
3 Tanqueros Canaleros	1,086.69	3,260.07
1 Mozo-aceador	742.11	742.11
1 Chofer-Auxiliar	742.11	742.11
1 Mecánico de Mantenimiento	1,209.78	1,209.78
1 Ayudante Mecánico de Mantenimiento	1,001.40	1,001.40
1 Electrico de Mantenimiento	1,209.78	1,209.78
1 Ayudante Electrico de Mantenimiento	1,001.40	1,001.78
1 Oficinista pagador D	975.80	<u>975.80</u>
		18,246.23

A este salario se le deben agregar las prestaciones sociales que son:

$$18,246.23 \times 1.9 = 34,660.23$$

Tomando la generación Bruta del año 1982 tomando en cuenta la época de estiaje y mantenimiento se tendrá.

$$12,775,000 \text{ Kwh}$$

Sacando la generación promedio por día se tendrá:

$$\frac{12,775,000}{365} = 35,000 \text{ Kwh}$$

365

Con la información anterior obtendremos el costo de Kwh, dividiendo el costo de operación diario entre el número de Kwh generados diariamente.

El personal necesario para la operación de la central Hidroeléctrica Tamazulapan una vez que se haya automatizado será el siguiente:

1 Operador canalero chofer	\$ 1432.72
1 Mozo aseo	742.11
1 Auxiliar chofer	742.11
1 Mecánico electricista de Manto.	1209.78
1 Ayudante Mec. Elec. de Manto.	1001.40

	\$ 5128.12

Este salario se le agregaran las prestaciones sociales que son del 90% del salario.

$$5128.12 \times 1.9 = 9743.42$$

Como se podrá observar el personal de la central trabajando en forma automática es mucho menor que con la central operando en forma manual.

Todas las necesidades de carácter administrativo serán cubiertas por el personal de la Agencia Tamazulapan.

7.3

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA AUTOMATIZACIÓN.

De la generación promedio anual de la central Gp. y el costo promedio de un Kwh. Cp. podemos calcular la utilidad bruta Ub. por medio de la relación:

$$Ub = Gp \times Cp$$

Por otro lado, tendremos gastos por concepto de salarios y prestaciones sociales que llamaremos S y una serie de gastos de operación Op que agrupan gastos por concepto de trabajo de reparación, materiales mantenimiento y gastos administrativos.

La utilidad anual neta de la central "Un" es entonces:

$$Un = Ub - (Op + S)$$

Al automatizar una central se tienen gastos por hora civil obra-eléctrica y gastos para la adquisición de equipo necesario para la obra, esto constituye el gasto de inversión I_e .

Se tiene el salario que percibe el personal que se encargará de los trabajos S_a , este salario se tomará como mensual durante los N que dure los trabajos de automatización.

La inversión total para la realización del proyecto estará dada por:

$$I_t = I_e + NS_a$$

Cuando la central trabaje en forma automática consideraremos que los gastos por concepto de salario y prestaciones sociales S se reducen.

Para el caso de la C. H. Tamazulapan el costo debido al salario del personal se reduce en un 70%.

Por lo tanto el ahorro anual a que se lograría después de efectuada la automatización sería:

$$Ah = 0.70 \times S$$

Esta cantidad es la que amortizará el costo total de la automatización.

7.4 ANALISIS CUANTITATIVO DE LA INVERSION.

Para calcular el ahorro que se obtiene al instalar sistemas de control automático en la C. H. Tamazulapan será necesario recopilar la siguiente información.

- 1.- Los gastos de operación manual por concepto de sueldos y prestaciones sociales de los trabajadores que laboran en la central trabajando esta en forma manual es de \$ 18,246.23 pesos diarios. Esta información fue obtenida del tabulador de la Región de Generación Hidroeléctrica Grijalva de la Comisión Federal de Electricidad.

2.- El material y equipo necesario para realizar esta obra será -
el siguiente:

CANTIDAD	CONCEPTO
1	Autosincronizador marca Basler Electric.
8	Relevadores Westinghouse SG-4.
2	Programadores Electrónicos de carga marca CFE.
60	Relevadores marca Scrack 110 VCD 2 contactos.
20	Relevadores marca Scrack 110 VCD 3 contactos.
2000	Metros de cable Vinanel calibre No. 16.
450	Metros cable de control de tres pares calibre No. 12
550	Piezas zapatas marca AMP para calibre No. 12
2500	Piezas zapatas marca AMP para calibre No. 16
1	Regulador de voltaje marca Sola.
1	Transformador con relación 127-24 VCA.
1	Transformador con relación 2:1
8	Pulsadores marca Squard.
5	Conmutadores de contacto momentaneo marca Voltam. Dos posiciones.
2	Conmutadores de contacto sostenido tres posiciones marca Voltam.
3	Interruptores de navajas 30 A marca Royer.
1000	Cinchos para amarrar cables marca AMP.
1	Ducto envisagrado 10x10x152 cm marca Squar'D.
3	Motores trifasicos de 3.H.P. marca ASEA.
5	Presostatos marca Honeywell.
3	Interruptores termomagneticos marca Squar'D NEMA-1.
20	Interruptores limite dobles de palanca marca-Honeywell 15 A.
10	Interprttores limite dobles de pivote marca - Honeywell 15 A.

CANTIDAD	CONCEPTO
2	Interruptores limite de pivote robustos marca Squar'D 15 A.
1	Volmetro con escala de 0-12 VCA. marca FIMESA
1	Protección contra descargas atmosféricas marca Erickson.
1	Equipos de detección del nivel del tanque. (flotador, cadena, potenciómetro y resorte).
2	Potenciómetros para detectar posición 65 P
70	Tablillas marca Kulka de doce terminales.
300	Conectores tope marca AMP para calibre No. 12
500	Conectores tope marca AMP para calibre No. 16
4	Motores universales con motorreductor marca - Dayton 1/15 H.P., 2.6 rpm.
2	Juegos de engrane para motor del reostato de campo.
2	Juegos de engranes para motor de reostato de ajuste fino.
1	Barilla de tierra de cobre.
2	Contactos monofasicos marca Quinziño.
2	Lámparas fluorescentes 40 W.
1	Apagador sencillo, marca Quinziño.
20	Lámparas 125 volts corriente directa para señalización.
6	Cajas de lámina para conexiones.
1	Tablero simplex de lámina, para alojar equipo de automatización.
15	Conectores de 1/2 plg. para acceso de cables.
25	Metros tubería de cobre 1/4 plg.
1	Compresor de aire de dos cabezas.
2	Bombas de engranes para aceite.
5	Válvulas Check de línea marca VERSA.

CANTIDAD	CONSEPTO
4	Metros manguera para alta presión.
1	Tanque para deposito de aire a presión.
1	Válvula de alivio a 12 Kg/cm ² marca VERSA.
1	Manometro de cartula con escala 0 a 20 Kg/cm ² .
3	Válvulas de paso tipo globo.
10	Metros de tubería galvanizada de 1/2 plg.
4	Válvula de cuatro vías marca VERSA.
4	Válvula de dos vías marca VERSA.
4	Bobina solenoide para piloto 110 VCD.
2	Cilindro neumaticos doble efecto.
4	Estranguladores de flujo.
4	muelles de torton.
2	Tramos de balata.
2	Apoyos anclables con perno para la muelle.
1	Lote de accesorios para tubería galvanizada de 1/2 plg.
1	Lote de materiales para obra civil.

3.- El personal necesario para realizar dicho proyecto sera :

- 1 Ingeniero Mecánico Electricista.
- 1 Ayudante Mecanico Electricista.
- 1 peon

El costo total de la obra segun informacion proporsionada por la oficina de enlace acciende a:

\$ 2'300,000.00

4.- Los costos por concepto de mantenimiento no se tomaran en cuenta en este presente estudio ya que se considera el mismo para la operacion manual o automatica.

5.- Los gastos por concepto de refacciones F que se usaran en los trabajos de reparación del equipo de automatización se consideran que será alrededor de \$ 150,000.00 anuales.

6.- El equipo se deprecia totalmente a los 5 años, consideramos nulo el valor de rescate, además la renta anual por depreciación se invertirá al 14.5%.

Ahora obtendremos la renta anual correspondiente R a cubrir el prestamo más los intereses basandonos en el método de interes compuesto.

Para cubrir la anualidad "R" correspondiente al prestamo más los intereses:

$$R = Ie \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = 0.2948$$

$$R = 2'300,000 \times 0.2948 = 678,040.00$$

Por concepto de reducción de personal de operación de la Central se tendrá:

Sin Automatizar	\$	18,246.23
Automatizada		<u>5,128.12</u>
		13,118.11

$$\text{Ahorro anual} = 13,118.11 \times 365 = 4'788,110.15$$

Como se puede apreciar el ahorro anual que se tendrá con la realización de este proyecto es siete veces mayor que la anualidad a pagar por lo tanto dicho proyecto queda justificado económicamente ya que el valor de la inversión se amortizará en menos de un año.

CAPITULO VIII.

CIRCUITO DETECTOR DE VELOCIDAD.

8.1 INTRODUCCION.

Para la realización de la operación de frenado era necesario incluir otra forma de detectar la velocidad a la cual deberá de funcionar el sistema de frenado, ya que el relevador de velocidad de frenado "14". Su funcionamiento no es muy satisfactorio, y es muy riesgoso sobre todo para el sistema de frenado entrar en operación a una velocidad superior a 35% de la velocidad nominal.

Para tal fin se contruyó una tarjeta detectora de voltaje, donde se puede utilizar como señal, la que proviene del generador de imanes permanentes "PMG".

También se construyó un detector de velocidad de sincronismo, el cual detectará el momento en que la turbina ha alcanzado su velocidad nominal.

Estos dos circuitos forman parte de la secuencia de paro y arranque respectivamente.

8.2 CIRCUITO DETECTOR DE VELOCIDAD.

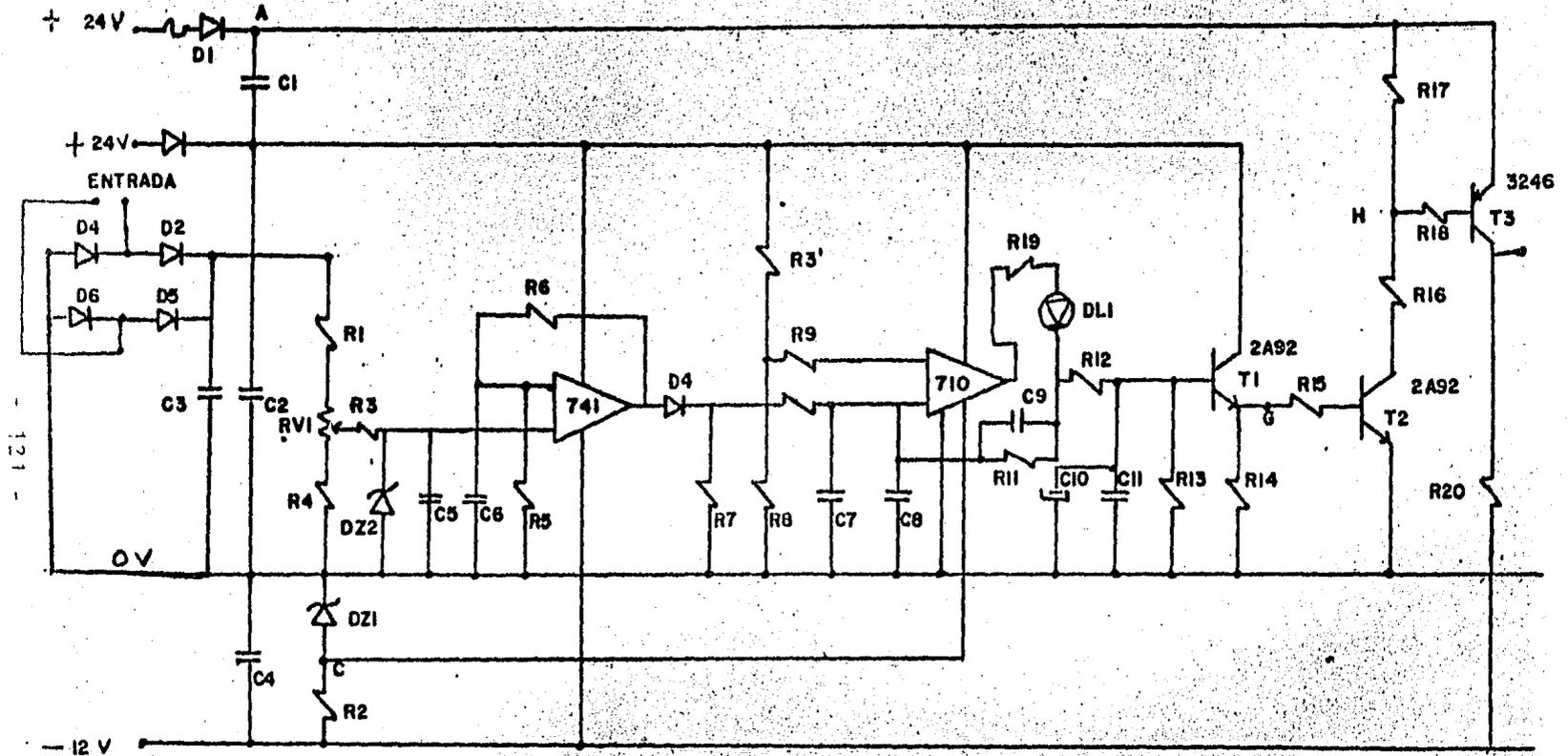
La señal de voltaje entra al ajuste de nivel de operación que consta de un potenciómetro; como tiene que detectarse velocidad de frenado y velocidad sincrona se usan dos detectores uno para cada caso.

El circuito integrado 741, actua como amplificador inversor, por lo que presenta muy alta impedancia de entrada, funcionando como acoplador de impedancia.

Si la señal de salida del circuito integrado 741 es menor que la señal de referencia en la pata terminal # 4 del comparador integrado 710, éste no cambia de estado.

En cuanto la señal de salida del circuito integrado 741 que va a la pata terminal # 3 del comparador circuito integrado 710 sea mayor que la referencia, cambia de estado y la señal entra al transistor T1, el cual por encontrarse en configuración de colector comun aísla el circuito detector de la carga, debido a sus características de impedancia.

DETECTOR . DE NIVEL



121

La señal pasa después al transistor T2, el cual entra en saturación, generando así la tensión necesaria para saturar al transistor T3 el cual se encarga de energizar la carga, consistente en un relevador cuyo consumo de corriente es elevado en comparación con el circuito detector, por lo cual es necesario el cambio de referencia.

La función de los diodos D1, D3 y D4 es evitar la entrada de señales invertidas, Los capacitores C1, C2 y C4 son de desacoplo.

La Función de los diodos D2, D5, D6 y D7 es rectificar la señal de voltaje alterna proveniente del PMG, el capacitor C3 funciona como filtro para aplanar lo mas posible la señal de voltaje.

Así como los demás capacitores se utilizan para evitar las variaciones del nivel de voltaje que puede presentarse (Mata picos).

Cuenta además con un diodo luminoso que nos indica cuando el circuito ha detectado la velocidad de frenado o sincrona según sea el caso.

8.3 DETECTOR DE VELOCIDAD SINCRONA Y DE FRENADO.

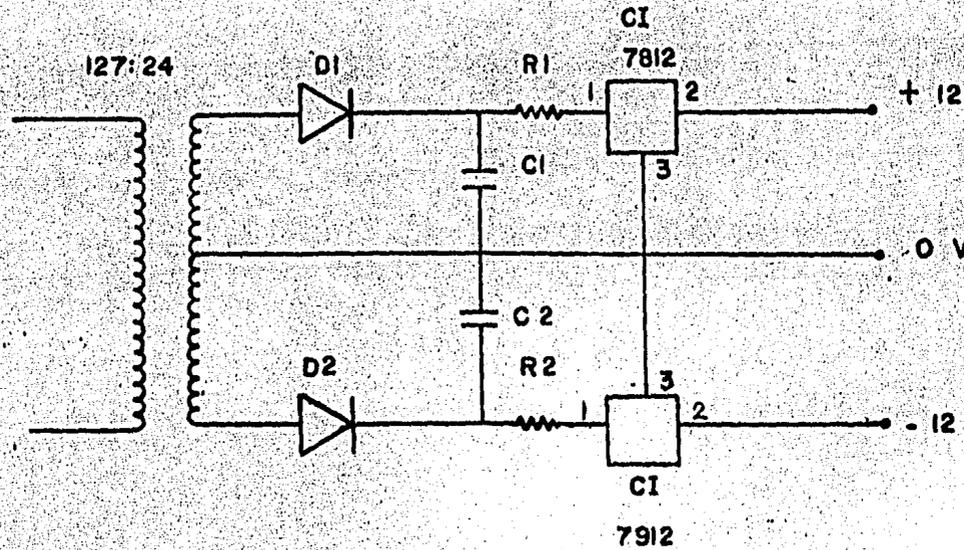
La diferencia que existe entre el circuito que detecta velocidad sincrona y velocidad de frenado es que está cambiada la entrada de la referencia del comparador de voltaje, mientras que en un caso se encuentra la referencia en la pata no inversora en el otro se encuentra en la inversora.

La ventaja de esto es que el circuito que detecta velocidad de frenado lo hace solamente cuando la señal de voltaje va bajando de valor.

8.4 FUENTE DE ALIMENTACION.

La tarjeta detectora de velocidad para su correcto funcionamiento necesita los siguientes voltajes:

- + 24 Volts. para el relevador de salida.
- + 12 Volts. para la polarización de los circuitos integrados. Transistores y demás componentes.
- 12 Volts. para la polarización de los circuitos integrados o Volts. referencia.



FUENTE DE ALIMENTACION REGULADA
PARA CIRCUITOS DETECTORES DE VELOCIDAD

Los componentes de la fuente son:

- 1 Transformador con relación 127 VCA-24 VCA, con derivación central.
- 2 Capacitores de 1000 f 16 volts.
- 2 Diodos de silicio de 1 amp.
- 1 Regulador de tensión integrado de + 12 volts.
- 1 Regulador de tensión integrado de - 12 volts.
- 2 Resistencias de 3.3 K Ω 5 watts.

De esta configuración se pueden obtener regulados todos los voltajes necesarios.

8.5 AJUSTE.

Cuenta con un potenciómetro RV1 el cual nos ajusta el nivel de operación sea de velocidad sincrona o de frenado; Lo anterior se realiza aplicando a la entrada del circuito una tensión equivalente al ajuste que se desea realizar y en el momento que prenda el diodo luminoso, la tarjeta queda ajustada al valor deseado según la entrada que se le aplique.

CONCLUSIONES.

DE TODO LO ANTERIORMENTE EXPUESTO EN ESTE TRABAJO SE PUEDEN HACER LAS SIGUIENTES APRECIACIONES:

- 1.- Uno de los objetos primordiales en este caso fué el de abatir los costos de operación, ya que la C.H. Tamazulapan estaba con siderada dentro de las Centrales, con costo de operación mas alto y lógicamente como ya se expuso necesitara menos personal para su operación.
- 2.- Otro aspecto importante fue que se le dio más seguridad al funcionamiento de la Central, ya que se hizo un poco más complejo y detallado el esquema de protección.
- 3.- Se observó que con una pequeña inversión que fué amortizada en poco tiempo justifica plenamente desde el punto de vista la inversión.
- 4.- Al realizar dicho proyecto el personal que tomo parte en el mismo , queda capacitado para futuros trabajos de la misma especie en una central pequeña o en alguna de gran capacidad, creando una tecnología propia susceptible de perfeccionarse con el tiempo.
- 5.- Para la realización de este proyecto se hizo uso inicialmente del equipo ya instalado en la Central, realizándose las modifica ciones necesarias para que pudiera funcionar como parte integral de la secuencia automática.

En un futuro se podran idear sistemas de control standard que fueran aplicables a cualquier tipo de central con las naturales adaptaciones.

Todas estas ventajas mencionadas son por si solas razón mas que suficiente para justificar la aplicación de sistemas de control automático en Centrales Hidroeléctricas.

BIBLIOGRAFIA

CENTRALES HIDROELECTRICAS SOPETTI

MANUAL PROGRAMADOR DE CARGA CFE

MANUAL AUTOSINCRONIZADOR BASLER ELECTRIC

INTERES COMPUESTO Y ANALIDADES P. FERNANDO DIAZ BARROSO

INTRUCTIVO OPERACION AUTOMATIZACION JLBM

CH TAMAZULAPAN.