

300617

11
2 ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U.N.A.M.

Diseño de un Control de Transferencia para Plantas de Emergencia.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Con Area Principal en: **Sistemas Eléctricos,
Electrónicos y de Comunicaciones.**

P r e s e n t a :

OSCAR GARCIA MORA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1986



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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

I N D I C E

INTRODUCCION.....	1-2
CAPITULO I.....	3-16
PLANTAS DE EMERGENCIA.	
1) Introducción.	
2) Combustible.	
3) Motor.	
4) Generador.	
5) Regulación de Voltaje del Generador.	
6) Características Principales del Generador.	
7) Instalación de la Planta de Emergencia.	
8) Control de Transferencia.	
9) Elección de la Planta de Emergencia.	
CAPITULO II.....	17-31
ESTUDIO DE LAS CONFIGURACIONES MAS EMPLEADAS EN LOS CONTROLES DE TRANSFERENCIA.	
1) Introducción.	
2) Transferencia y Retransferencia.	
3) Naturaleza de un Control de Transferencia.	
4) Fuentes de Alimentación Secundaria.	
5) Dispositivos de Enlace.	
6) Arranque del Motor.	
7) Tipos de Motor.	

8) Detección de Voltaje y Carga de Batería.

CAPITULO III.....32-45
CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y FIJACION DE RESTRICCIONES.

- 1) Introducción.
- 2) Detección de Voltaje.
- 3) Transferencia y Retransferencia de Líneas.
- 4) Arranque del Motor.
- 5) Monitoreo de Fallas.
- 6) Paro del Motor.
- 7) Carga de Batería.

CAPITULO IV.....46-90
DISEÑO DEL CONTROL.

- 1) Introducción.
- 2) Cargador de Baterías.
- 3) Detector de Voltaje.
- 4) Programa del Microprocesador.
- 5) Enlaces de Entrada y Salida.

CAPITULO V.....91-97
METODOLOGIA PARA PRUEBA DEL SISTEMA.

- 1) Introducción.
- 2) Cargador de Baterías.
- 3) Detector de Voltaje.

4) Programa del Microreceptor.

CAPITULO VI.....98-102

RESULTADOS EXPERIMENTALES.

CONCLUSIONES.....103-105

BIBLIOGRAFIA.....106-107

INTRODUCCION:

Para el ser humano, como para cualquier ser viviente, le es esencial la energía de la naturaleza. Con el pasar de los años el hombre ha sido capaz de asimilar su importancia y se ha esforzado por aprovecharla de la mejor manera.

En la actualidad los seres humanos tenemos un buen conocimiento de las distintas manifestaciones de la energía, hemos empezado a manejarla, a transformarla y a buscarle distintos usos.

En la electricidad tenemos una de las maneras en que encontramos manifestada la energía, y para el hombre del siglo XX se ha convertido en el motor de su productividad, se ha unido en tal forma a su vida que ya sería muy difícil que viviera sin ella.

Podemos pensar en lo que representa la energía eléctrica para la industria, inmediatamente comprendemos que la suspensión del suministro eléctrico representa detener la productividad en un porcentaje muy elevado y como consecuencia, pérdidas cuantiosas.

Otro caso que me gustaría subrayar sería el de un hospital, en el que es imposible admitir suspensiones del suministro eléctrico, ya que problemas de ésta naturaleza pueden llegar a representar vidas humanas.

Con todos éstos antecedentes podemos comprender el porque se han desarrollado sistemas de emergencia que puedan actuar como una fuente alternativa de alimentación.

Dependiendo de las necesidades de alimentación que se tengan en cada caso variará la naturaleza y la capacidad de una fuente de emergencia. Podemos decir que tomando en cuenta la naturaleza de un sistema de emergencia encontramos en el mercado dos grandes familias:

La primera de ellas es la que produce energía eléctrica a partir de una reacción química, que es el caso de las baterías. Por otro lado tenemos a la familia que produce la energía a partir de un combustible, que sería el caso de un motor de combustión interna con un generador acoplado a su flecha.

El uso de un tipo de fuente ó de otro depende de las necesidades de alimentación que se tengan, porque para ciertos casos convendrá más utilizar un tipo que el otro.

Para los objetivos que se buscarán aquí, consideraremos los sistemas de emergencia con motores de combustión interna, por lo que se estudiarán más a fondo que los de baterías.

Trataremos de elaborar un control para plantas de emergencia con motores de combustión que sea práctico, confiable y sobre todo, que permita el funcionamiento automático de la planta.

CAPITULO I:

PLANTAS DE EMERGENCIA.

En el mundo de hoy, gran parte de la vida y de la productividad del hombre está íntimamente relacionada con la energía eléctrica. La encontramos presente en nuestras casas, nuestros trabajos y hasta en nuestras diversiones.

En cada lugar en el que el ser humano desarrolle sus actividades diarias se encontrará con suministro eléctrico, ya sea que ésta actividad se desarrolle en el campo o en la ciudad.

El suministro eléctrico de nuestras comunidades en todo el país se lleva a cabo por una red pública de distribución a cargo de la Comisión Federal de Electricidad y de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro. El sistema nacional de distribución cuenta con plantas generadores de distintos tipos y cubre las zonas más importantes del país.

Con un sistema tan complejo como el de México, es de esperarse que existan fallas en el suministro normal. Nos podemos encontrar con problemas como las variaciones de voltaje a distintas horas del día, también con fallas como las ocasionadas por los fenómenos naturales como las tormentas eléctricas ó también con fallas del equipo y problemas de mantenimiento.

Con el objeto de que el suministro eléctrico no se vea suspendido cuando ocurran fallas en la red pública, se puede adaptar una fuente alternativa de energía. Esta sería una fuente privada con capacidad suficiente de alimentar las cargas que sean consideradas como críticas, ó en caso necesario, podría ser una fuente que pueda alimentar completamente a la carga afectada. A éste tipo de fuentes alternativas se les conoce con el nombre de plantas de emergencia.

Existe un tipo de planta de emergencia que funciona con un motor de combustión interna, y éste tipo es precisamente el que se consideró en el desarrollo del presente trabajo.

La idea de los motores de combustión interna es la de obtener energía mecánica a partir de un combustible. Esto lo podemos aprovechar de varias maneras, pero a nosotros lo que nos interesa es el obtener energía eléctrica.

A partir de la energía mecánica producida por el motor, podemos llegar a la conversión de energía buscada mediante el uso de un generador. Esta máquina eléctrica es la que se encarga en el mundo entero de producir electricidad en grandes cantidades.

Con todo ésto podemos visualizar cuales son las dos partes básicas que conforman nuestra planta de emergencia: El motor de combustión interna y el generador. Aunadas a éstas dos partes básicas tendremos otras que hacen posible el funcionamiento en conjunto del sistema, por lo que a continuación veremos que partes forman la planta con motor de combustión.

COMBUSTIBLE.

Existen tres tipos de combustible que se usan en los motores de combustión interna, éstos son la gasolina, el gas y el diesel. Cada tipo de combustible presenta sus ventajas y sus desventajas, pero para el caso de los motores grandes el combustible con mayor aceptación es el diesel, por ser más económico, poseer mayor poder calorífico y ser menos inflamable.

La mayor parte de las plantas de emergencia utilizan motores grandes, por lo que se entiende que el combustible más usado es el diesel, aunque también hay pequeñas plantas a base de gasolina.

COMBUSTIBLE	KCAL.	BTU
GASOLINA	7654/LTD	115 000/GAL
GAS	22.3/LTD	18656/GAL
DIESEL	9315/LTD	140 000/GAL

TABLA 1.1

MOTOR.

Tipos de Motor.

Llamamos motor de combustión interna a aquel que obtiene su potencia de quemar un combustible dentro de un cilindro.

Dentro de éste hay un émbolo que se mueve al ocurrir la combustión, provocando que el movimiento sea transmitido a un eje a través de una biela, convirtiendo así éste desplazamiento en un movimiento rotatorio.

Los motores considerados con mayor economía, robustez y confiabilidad son los motores diesel. En éste tipo de motores la combustión es producida por el calor que resulta de comprimir aire dentro de un cilindro.

El motor diesel ha pasado por una evolución constante a lo largo de los años. Desde su invención hasta la fecha se han desarrollado más de 40 tipos de éstos motores.

Dentro del mundo de los motores de combustión interna nos encontramos con una gran variedad de posibilidades. Los hay que quemen gasolina, combustóleo ó gas; el motor puede ser de 2 a 4 tiempos; de acción simple ó doble; de velocidad baja, media ó alta; con cilindros colocados horizontalmente, verticales, en "V" ó radiales, y así podría seguir hablando de características de motores, ya que éstas están relacionadas con cada opción.

Algunas plantas de emergencia utilizan motores de gasolina, pero éstas son para casos de sistemas pequeños y su funcionamiento es en general sencillo.

Funcionamiento del Motor Diesel de cuatro tiempos.

Como se mencionó anteriormente, en el eje de un motor de combustión obtenemos un movimiento de rotación a causa del desplazamiento de un pistón dentro de un cilindro. Los acontecimientos que ocurren dentro de dicho cilindro siguen una cierta secuencia. Si hablamos de un motor de cuatro tiempos, se puede decir que cada uno de esos tiempos representa un paso en el proceso. Con el objeto de que ésta idea quede perfectamente clara, a continuación se describe cada uno de éstos cuatro tiempos para un motor diesel:

a) Primer tiempo: Aspiración.

La válvula de admisión se abre permitiendo que el aire de la atmósfera penetre al cilindro al mismo tiempo que baja el pistón. El aire que entra queda a una presión algo menor que la atmosférica por el vacío que provoca el pistón al bajar.

b) Segundo tiempo: Compresión.

La válvula de admisión se cierra (con la de escape cerrada). El pistón sube comprimiendo el aire de un volumen V a uno mucho más reducido v . La relación de compresión entre V y v es de 15 a 20.

Con la compresión, el aire aumenta su temperatura de la atmosférica entre 15 y 35°C a un valor entre 500 y 700°C. En éste momento se inyecta el combustible a una presión elevada,

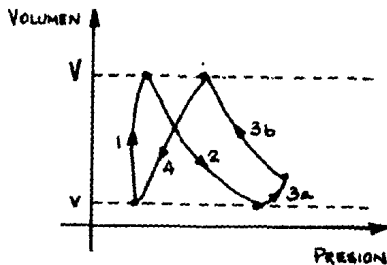
del orden de 40 Kg/cm^2 . Debido a la alta temperatura del aire, el combustible se quema dentro del cilindro, ya que el combustible tiene un punto de ignición de unos 320°C .

c) Tercer tiempo: Expansión.

La combustión del diesel hace bajar al pistón dentro del cilindro, mueve la biela y ésta hace girar al cigüeñal lográndose el movimiento de rotación en el motor.

d) Cuarto tiempo: Expulsión.

Al concluir el tiempo de trabajo, la válvula de escape se abre y el pistón empuja los residuos de la combustión hacia afuera del cilindro.



- 1.- ASPIRACION.
- 2.- COMPRESION.
- 3.- (a) COMBUSTION.
- (b) EXPANSION.
- 4.- ESCAPE.

FIGURA 1.1

Características Principales del Motor Diesel.

- 1) Potencia.
- 2) Velocidad; para el caso de las plantas eléctricas es un factor muy importante ya que se relaciona directamente con la frecuencia. Si la velocidad es de 1000 ó 1500 RPM la frecuencia será de 50 Hz, y siendo de 1200 ó 1800 RPM la frecuencia será de 60 Hz.
- 3) Cilindrada; que es el volumen de aire que succionan todos los cilindros.
- 4) Diámetro del cilindro y su carrera.
- 5) Presión atmosférica, temperatura y humedad.
- 6) Calidad del combustible empleado.
- 7) Rendimiento total.

GENERADOR

El generador es la parte de la planta que se encarga de convertir la energía mecánica en una corriente eléctrica. Dependiendo del tipo de generador, ésta corriente puede ser corriente continua ó alterna.

Para el caso de las plantas de emergencia se utilizan los generadores de corriente alterna, ya que la alimentación proporcionada por la red pública es de éste tipo.

Los generadores tienen diferencias por su velocidad (240 a 3600 RPM); por su tensión (120 a 13200 Volts); por su

potencia (de algunos Watts a varios cientos de miles de Watts); por su posición (horizontal ó vertical).

Considerando ahora las plantas de emergencia, los generadores que utilizan éstas pueden limitarse dentro de los siguientes parámetros:

- 1) Capacidad: De 30 a 1000 Kw.
- 2) Voltaje: De 240 V y 480 V.
- 3) Velocidad: 1000, 1200, 1500 y 1800 RPM.
- 4) Frecuencia: 50 ó 60 Hz.
- 5) Posición: Horizontal.

Funcionamiento.

El principio básico del funcionamiento de un generador se debe al fenómeno de que si se hace girar una espira de un conductor dentro de un campo magnético, se produce una diferencia de potencial, y por lo tanto, se puede producir una corriente eléctrica. Figura 1.2.

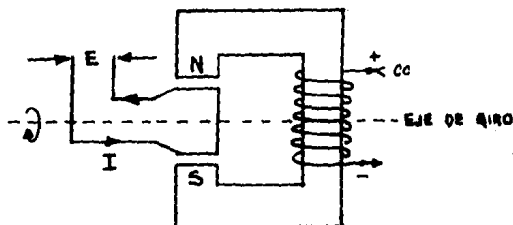


FIGURA 1.2

La tensión E viene a ser una función de la velocidad de giro y del número de espiras. Por otro lado, la corriente I estará dada en función de la intensidad del campo magnético y de la potencia con que se mueven las espiras con relación al mismo.

Por lo general, los devanados en que la corriente eléctrica es producida son estacionarios, y se hace girar al campo ó polos para obtener así el movimiento de las espiras con respecto al campo magnético.

Para poder alimentar al campo con una corriente eléctrica se puede usar una batería ó algún dinamo colocado en la misma flecha del motor, y la corriente se hace llegar por medio de anillos rozantes y escobillas.

Otra forma de alimentar el campo es usando un generador pequeño ó excitador colocado en el mismo eje del generador. La corriente alterna producida por éste se rectifica con diodos y así se alimenta al campo del generador. Este método suprime los anillos rozantes con lo que el sistema se simplifica del mismo modo que el mantenimiento.

REGULACION DE VOLTAJE DEL GENERADOR

Este es un aspecto de gran importancia para el buen funcionamiento del generador, ya que todo el sistema fallaría si éste punto se descuida.

El voltaje a la salida del generador tendería a variar sin el regulador debido a las variaciones de la carga. Para lograr una regulación adecuada se utilizan circuitos electrónicos que detectan variaciones de voltaje y retroalimentan al campo de excitador un reflejo de éstas variaciones con cambios en su corriente.

De éste modo se puede lograr que las variaciones de voltaje se mantengan dentro de rangos pequeños.

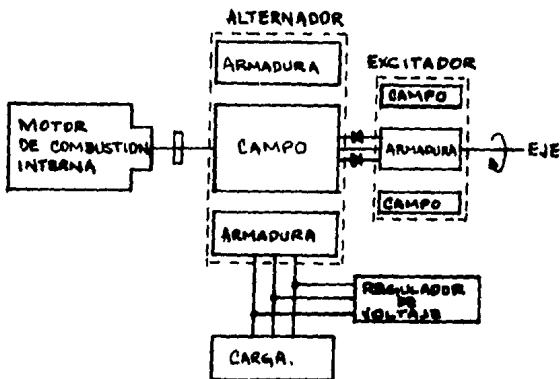


FIGURA 1.5

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL GENERADOR.

- 1) Potencia.
- 2) Voltaje: Normalmente en generadores trifásicos es de 220 ó 400 V.
- 3) Velocidad: Es de 1000 ó 1500 RPM para una frecuencia de 50 Hz y de 1200 ó 1800 RPM para 60 Hz.
- 4) Dimensiones: Estas son diámetro interior de la armadura (D) y su largo (L).

Las siguientes fórmulas relacionan estas características.

Potencia.
$$P = \frac{\sqrt{3} E I \cos \phi}{1000} [=] \text{ KW}$$

E = TENSION ENTRE TERMINALES (VOLTS)

I = CORRIENTE MAXIMA (AMPERES)

$\cos \phi$ = FACTOR DE POTENCIA.

Voltaje:
$$E = \frac{4.44 \phi F N K}{10^8} [=] \text{ VOLTS}$$

ϕ = FLUJO MAGNETICO EN CADA POLO (WEBERS)

$\phi = A \cdot B$

A = AREA DEL POLO EN CM^2

B = DENSIDAD MAGNETICA SEGUN LAMINACION,
VARIA DE 10 A 15 TESLAS / CM^2

N = Nº DE CONDUCTORES EN SERIE ENTRE TERMS.

K = 0.75

Velocidad y Frecuencia:

$$n = \frac{120f}{P} [=] \text{RPM}$$

f = FRECUENCIA

P = NUMERO DE POLOS.

n	f	P
1000	50	6
1200	60	6
1500	50	4
1800	60	4

Dimensiones principales:

$$KVA = \pi D^2 L / 10^6$$

$$KW = 1.25 \pi D^2 L / 10^6$$

D = DIAMETRO DE LA ARMADURA EN CM.

L = LONGITUD DE LA ARMADURA EN CM.

n = RPM

INSTALACION DE LA PLANTA DE EMERGENCIA.

Hay varios factores que deben considerarse para localizar el sitio idóneo en el cual se instale la planta. Algunos de éstos factores serían la proximidad al centro de carga eléctrico, el fácil abastecimiento de combustible, accesibilidad de mantenimiento, ventilación, desalojo de gases y el evitar que el ruido y las vibraciones perturben las áreas de trabajo, ya que éste es un inconveniente difícil de erradicar.

Con respecto a éstos factores existen especificaciones que aclaran todos los puntos necesarios para una instalación adecuada. Tales especificaciones son por ejemplo, diámetros de tubos

de escape, características de la cimentación ó la ventilación del local.

CONTROL DE TRANSFERENCIA.

La función del control de transferencia consiste en mantener siempre la carga alimentada, ya sea mediante la red pública y en caso de falla, con la planta de emergencia. Esta función la realiza de una manera automática, rápida y confiable.

Para que el control pueda cumplir con su objetivo debe ser capaz de mantenerse en comunicación con el motor, contadores y con los circuitos detectores de voltaje ya que se encargará de controlarlos completamente.

La figura 1.4 muestra como está comunicado el control de transferencia con la planta de emergencia:

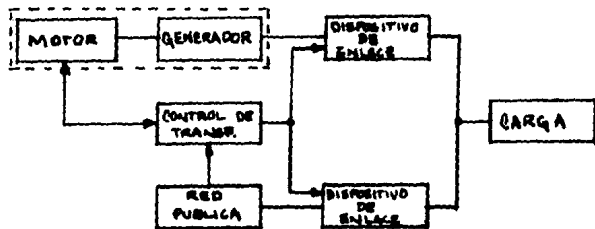


FIGURA 1.4

ELECCION DE LA PLANTA DE EMERGENCIA.

El punto básico para la elección de la planta es indiscutiblemente la capacidad de la carga que se quiera alimentar. Unido a la potencia requerida hay que considerar también el tipo de carga que se alimentará, porque no es de esperarse que la carga sea puramente resistiva.

Hay otros factores que deberán estudiarse también para la elección, como el régimen con que trabajará, ya sea continuo ó temporal; Puede haber sobrecargas momentaneas durante su operación ó al conectarse. También podemos considerar otros aspectos tales como las revoluciones del motor ó la altura sobre el nivel del mar.

Como podemos darnos cuenta, una planta de emergencia con un motor de combustión interna es un sistema hasta cierto punto complejo y costoso, por lo que necesita de un cerebro que permita sacar el mayor provecho del sistema y que lo cuide. Esta es la razón por la que las plantas de emergencia usan un cerebro que es le conoce como control de transferencia.

CAPITULO II:

ESTUDIO DE LAS CONFIGURACIONES MAS EMPLEADAS EN LOS
CONTROLES DE TRANSFERENCIA.

Hemos estudiado ya cuales son las partes de que está formada una planta de emergencia, y hemos visto también que lugar ocupa el control de transferencia. A continuación veremos entonces de una manera más amplia el funcionamiento de dicho control, además de estudiar las condiciones que pueden existir en diferentes casos.

El hecho de considerar una fuente de energía alterna para cuando existan fallos de alimentación, surge de la necesidad de que una carga permanezca energizada aún en éstas circunstancias. Esta situación se puede apreciar clara con la figura 2.1.

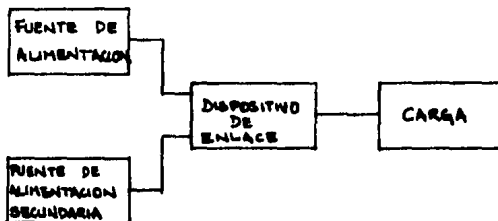


FIGURA 2.1

Tal como lo muestra la figura 2.1, la carga tiene dos opciones para ser alimentada. Normalmente recibirá la energía que consume de la fuente de alimentación, pero para el caso en que ésta faltara, cuenta con la fuente de alimentación secundaria.

TRANSFERENCIA Y RETRANSFERENCIA

Al evento de que la alimentación de la carga se esté llevando a cabo por medio de una fuente, y que luego ocurra un cambio de ésta fuente por la segunda, lo llamaremos transferencia; y al proceso inverso de regresar el control a la primer fuente lo llamaremos retransferencia.

El nombre de control de transferencia surge precisamente de éstos dos eventos, ya que su propósito es básicamente el regular la transferencia y retransferencia de manera que la carga se mantenga alimentada en forma constante, sin importar si tal alimentación proviene de una fuente ó de otra.

NATURALEZA DE UN CONTROL DE TRANSFERENCIA.

En éste momento vale la pena pensar un poco en que tan necesario puede ser un control de transferencia. La respuesta a ésta pregunta no puede ser absoluta, y se debe a que hay muchas circunstancias que considerar para justificar el control.

Consideremos como primer caso que no sea crítico el que la carga se quede sin alimentación. En éstas circunstancias la transferencia y retransferencia pueden ser controladas manualmente, y lo más adecuado resulta un arreglo de interruptores.

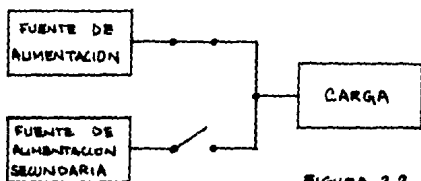


FIGURA 2.2

Un segundo caso es aquel en el que es hasta cierto punto crítico el que la carga quede sin alimentación, por lo que se usa el que la transferencia se realice mediante algún dispositivo y la retransferencia sea ejecutada manualmente. En éste caso estaríamos ya hablando de un control de transferencia con un funcionamiento semiautomático.

Por último, consideremos el caso de cargas cuya alimentación sea crítica. En éste momento ya se justifica algún dispositivo que se encargue de que la transferencia y retransferencia se ejecute de un modo preciso y automático.

FUENTES DE ALIMENTACION SECUNDARIA

Hasta ahora hemos estudiado como funciona en su forma básica un dispositivo de control de transferencia, considerando solamente si su funcionamiento es automático ó manual. Veamos ahora las características del control dependiendo del tipo de fuente secundaria.

a) Fuente de Baterías.

Cuando la energía eléctrica es producida a partir de baterías, la fuente secundaria es usada para alimentar cargas que requieren que la transferencia se realice en tiempos muy cortos. Aunque éstas fuentes tienen un tiempo de respuesta muy rápido, económicamente no son muy adecuadas para alimentar cargas grandes por mucho tiempo.

Considerando éstas características, las baterías son muy convenientes para los equipos en los que es importante conservar información de memorias, por lo que son muy usados como respaldo de sistemas computarizados.

Para los sistemas de baterías, el control debe ser capaz de realizar la transferencia en milisegundos. El control, por lo tanto, funciona detectando el voltaje de alimentación y efectuando la transferencia al encontrar cualquier eventualidad.

El caso más sencillo de éstos dispositivos se muestra en la figura 2.3.

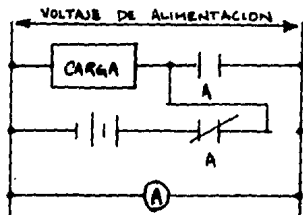


FIGURA 2.5

La bobina del relevador A se conecta con el voltaje de alimentación, de manera que cuando hay condiciones normales, el contacto normalmente abierto se cierra alimentando la carga. Al desaparecer el voltaje, la carga se alimenta de la batería a través del contacto normalmente cerrado.

Con ésta configuración, la carga permanecerá alimentada constantemente, transcurriendo solamente unos milisegundos por transferencia.

Usando la misma idea, se puede ahorrar el tiempo en que se realiza el movimiento del relevador. Esto se lograría utilizando tiristores, los cuales tienen un tiempo de respuesta mucho más rápido que los relevadores.

b) Plantas Generadoras.

Existe además otra gran familia de fuentes de alimentación, ésta familia es la que obtiene la energía eléctrica del movimiento de un generador. Este fué el caso que nos ocupó en el capítulo anterior por lo que ahora solo cabe recalcar que éstas

fuentes pueden alimentar cargas grandes por lapsos de tiempo prolongados.

Considerando ahora las funciones que viene realizando un control de transferencia en éstas plantas, vemos que tales funciones transferencia y retransferencia conservan los mismos matices básicos, conservando también las características de funcionamiento manual y automático.

DISPOSITIVOS DE ENLACE.

Entrando ya en forma concreta a las funciones básicas, hay que hacer hincapié en un punto importante. Cuando tenemos un cableado en que la carga puede estar alimentada por dos fuentes, hay que pensar en algún dispositivo de enlace que conecte solamente una fuente a la carga. Esto es con el objeto de que la energía que se pudiera producir por dos fuentes no converja en el mismo punto al mismo tiempo.

Tal posibilidad se evita mediante dos posibles configuraciones ampliamente usadas como dispositivos de enlace.

La primera funciona mediante un arreglo de dos contactores, donde el objetivo del control de transferencia es el alimentar las bobinas de modo que se accione uno u otro. La figura 2.4 nos muestra dicha configuración.

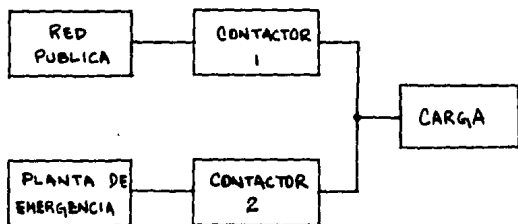


FIGURA 2.4

Para manejar a los contactores, el control de transferencia usa los contactos de un relevador, uno normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Con el primero se alimenta la bobina del contactor uno y con el segundo la del contactor dos. Con ésto se obtiene que el contactor uno esté alimentado en condiciones normales, efectuandose la transferencia al excitar el relevador, teniendo como consecuencia que se active el contactor dos y desactivandose el primero.

Los contactores tienen interruptores para señales de control, los cuales pueden colocarse en serie con los del relevador, obteniendose así una doble seguridad.

La figura 2.5 muestra como están distribuidos los contactos y las bobinas para controlar éste dispositivo de enlace.

Cabe aclarar que los contactos C1 y C2 mostrados en la figura 2.5 no son los interruptores principales de los contactores. Estos solamente se usan para manejar señales de control, y en éste caso, para evitar que ambos contactores puedan activarse al mismo tiempo.

Existe otro tipo de dispositivo de enlace que se conoce con el nombre de "Change-matic". La idea de su funcionamiento es la misma que para el arreglo de contactores, pero el mecanismo que usa es diferente.

El "Change-matic" es un arreglo de contactos dispuestos en el perímetro de una circunferencia. Cada que el círculo gira media vuelta, conecta la carga a una fuente distinta de modo que siempre que el "Change-matic" detecta un cambio de estado a través de un relevador, el motor gira, pero solamente media vuelta gracias a un arreglo interno. La figura 2.6 muestra un esquema de éste dispositivo.

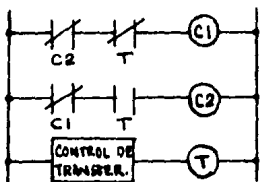


FIGURA 2.5

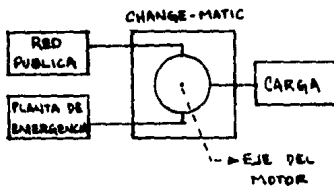


FIGURA 2.6

Después de haber estudiado los dos tipos de dispositivos de enlace más usados, vale la pena remarcar el hecho de que el control de transferencia solamente debe manejar un relevador, el cual puede manejar de una manera adecuada las funciones básicas de transferencia y retransferencia.

ARRANQUE DEL MOTOR.

Ahora consideremos otro aspecto de los controles de transferencia, tal aspecto es el arranque del motor.

Aquí podemos pensar en que existe un problema si consideramos que una marcha puede tener demandas instantáneas de corriente de varias decenas de Amperes, por lo que el control debe manejar algún dispositivo muy robusto y quizá complicado, pero no es así. Esto se debe al hecho de que el control necesita alimentar una pequeña bobina del solenoide de la marcha, no tiene que alimentar directamente a la marcha. Esto lo podemos observar en la figura 2.7.

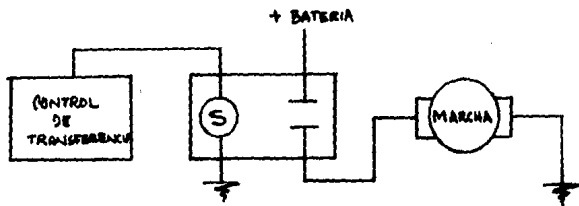


FIGURA 2.7

El contacto del solenoide tiene la capacidad necesaria para satisfacer la demanda de corriente de la marcha.

El solenoide de la marcha demanda solamente una pequeña corriente de 1 a 2 Amperes, por lo que el dispositivo más común para alimentarselos es un relevador que es manejado por el control de transferencia. Al mismo tiempo el uso de éste dispositivo permite que se pueda activar y desactivar la marcha a voluntad teniendo así el control total del arranque.

El poder controlar la marcha es de gran utilidad si consideramos que la marcha puede dañarse si se deja activada por 15 ó 20 segundos, ya que es un motor capaz de proporcionar un par muy grande pero por lo mismo se quemaría si trabaja por períodos de tiempo prolongados.

Los controles de transferencia regulan la acción de la marcha de manera que se active solamente por tiempos de 10 segundos y dejando tiempos en que se desactive. Lo más comercial en éste aspecto es que el control maneje 3 intentos de arranque, intercalando espacios en que se desactive la marcha, aunque también se manejan 5 ó 6 intentos de arranque.

TIPOS DE MOTOR.

Lo que ahora concierne estudiar son las características que tiene el control de transferencia según el tipo de motor de la planta de emergencia.

Según el tipo de motor, el control puede hacerse complicado ó sencillo, ya que en éste campo ocurre lo mismo que po-

demos observar en otras áreas de la tecnología, en que cada fabricante crea sus productos para un mercado determinado ó para un medio en que hay que cumplir con ciertas normas. La complejidad del control está por lo tanto muy relacionada con el motor empleado.

Para el desarrollo de éste punto, hablaremos de dos grupos de motores, dentro de los cuales enmarcaremos motores con ciertas similitudes. Un grupo lo llamaré el de los motores tipo Cummins y el otro de los motores tipo Perkins, tomando éstas marcas por ser de gran aceptación en el mercado nacional.

El primer grupo será el de los motores tipo Cummins. Dentro de éste grupo puedo mencionar otras marcas como General Motors, Rolls-Royce y Ford, siendo todos éstos motores diesel, y para pequeña capacidad se llega a usar también el motor Volkswagen de gasolina.

Ahora bien, hemos visto como activa el control de transferencia la marcha del motor, pero como la desactiva? Para éste grupo de motores hay dos opciones, la más utilizada es una señal de voltaje producida por el alternador del motor al llegar a ciertas revoluciones. Cuando el control de transferencia detecta éste voltaje, desactiva la marcha para dejar al motor en funcionamiento.

La segunda opción depende también de las revoluciones del motor, pero en éste caso lo que se tiene es un interruptor centrífugo, con el cual se puede enviar al control una señal de

voltaje ó de tierra para que se desactive la marcha.

Ya se ha tocado el punto del arranque del motor, pero el control también debe de tenerlo. Para conseguir ésto lo más usado es el alimentar la bobina del motor a través de un relevador manejado por el control. Dicha bobina debe estar alimentada con el voltaje de batería para poder arrancar, y si dicha alimentación se retira, el motor se detiene. Al alimentar la bobina a través del contacto del relevador, el control tiene el mando total del arranque y el paro del motor.

Otro aspecto es que los controles de transferencia protegen también al motor contra ciertas fallas durante su funcionamiento. Las fallas que se protejan dependen del tipo de motor, ya que de éste dependen las señales que pueda mandar al control. Las protecciones más comunes son: Baja temperatura, baja presión de aceite, sobrevelocidad y alta temperatura.

La función del control de transferencia es detener el motor e indicar que existe alguna falla cuando ésta sea detectada.

Las señales de falla consisten físicamente en tierras que el control interpreta según sea el caso.

Ahora consideremos el grupo de los motores tipo Perkins. Aquí no existe tanta variedad de fabricantes pero si tiene una buena parte del mercado.

La diferencia con el primer grupo está en las señales para desactivar la marcha y para detener el motor, y ésto ocurre

porque éstos motores tienen una válvula solenoide que regula el paso de combustible al motor, por lo que la acción del control de transferencia es directamente sobre ésta. Figura 2.8.

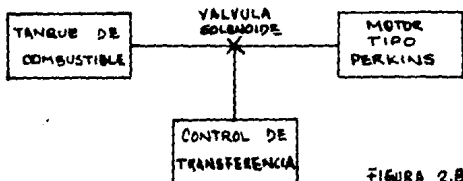


FIGURA 2.8

La válvula está normalmente abierta, y cierra con una señal de voltaje. Esto permite detener el motor cuando el control envía una señal de voltaje durante 15 ó 20 segundos, pero el problema será entonces la señal con que se desactive la marcha.

Estos motores usan un concepto distinto aquí, y la señal que indica el arranque se obtiene de la presión de aceite del motor. Cuando el motor está apagado, la presión de aceite es baja, por lo que el control debe ignorar ésta falla en un principio, pero al arrancar el motor empieza a subir la presión, hasta llegar a un punto en el que se desaparece la señal de baja presión, indicando que el motor arrancó, y por consiguiente, la marcha se desactiva.

Las fallas que se protegen del motor son básicamente las mismas que en el primer grupo, también dependiendo de las ca-

racterísticas propias de cada motor.

DETECCION DE VOLTAJE Y CARGA DE BATERIA.

Por último, hay dos elementos del control de transferencia que pueden pertenecer a él ó ser acondicionados en forma externa, dependiendo ésto del fabricante.

El primer elemento es el detector de voltaje, el cual es el responsable de reportar al control de transferencia las condiciones de la red, ya que dependiendo de la señal que éste envía, el control efectuará sus funciones.

Los detectores de voltaje perciven alzas ó bajas de voltaje entre fases ó perturbaciones individuales en cada fase. Además, los rangos de operación pueden ser ajustados según las necesidades del cliente. Los voltajes de trabajo para éstos detectores es de 220 ó 440 Volts.

El segundo elemento es un mantenedor de carga para la batería, cuya función es que ésta se conserve en condiciones de alimentar a la marcha siempre que ésta deba arrancar a la planta. Cabe anotar que la planta carga a la batería cuando está trabajando, por lo que el no se requiere de que éste dispositivo maneje corrientes muy elevadas.

Con ésto terminamos el análisis de las configuraciones usadas por los controles de transferencia, y se puede observar

facilmente que hay muchas opciones que se pueden seguir y por lo tanto, distintas necesidades que cubrir. Esto es algo que debo remarcar por ser un punto importante para la elaboración de ésta tesis.

CAPITULO III:

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y FIJACION DE RESTRICCIONES.

En éste momento se ha llegado al punto en que se debe dar forma al diseño propuesto por ésta tesis. Esto me lleva a enmarcar las condiciones que pretendo cumplir, y a explicar las consideraciones que se pusieron en la balanza.

El punto de partida en éste trabajo es que el control de transferencia puede tener varias opciones de funcionamiento, es decir que debe ser suficientemente versátil como para cumplir con las diferentes condiciones requeridas. Con ésta base, se consideró que el dispositivo electrónico más versátil actualmente es el microprocesador, el cual ha venido revolucionando el mercado durante los últimos años.

El objetivo primordial de ésta tesis es estudiar las posibilidades de aplicación que puede tener el microprocesador en el campo de los controles de transferencia, para lo cual se usará el kit AIM 65 de Rockwell, con un microprocesador 6502. Con éste equipo se limitarán las funciones que deberá realizar el control de manera que se pueda tener una idea significativa del uso de los microprocesadores para los controles de transferencia.

Con el objeto de que las funciones a desarrollar queden

perfectamente claras, se han dividido como se indica a continuación, con el objeto de que se puedan estudiar y definir por separado:

- Detección de voltaje.
- Transferencia y retransferencia de líneas.
- Arranque del motor.
- Monitoreo de fallas.
- Paro del motor.
- Carga de batería.

A continuación se especificarán las condiciones concretas con las que deberá cumplir el control de transferencia para cada punto, limitando de ésta manera los alcances de la presente tesis.

DETECCION DE VOLTAJE.

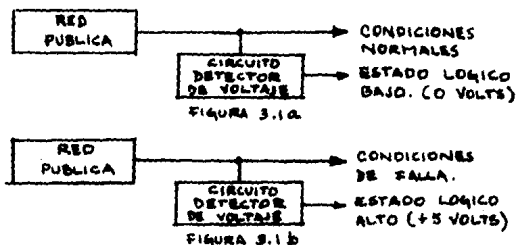
El control aquí propuesto no deberá utilizar un detector de voltaje externo, sino que tendrá un circuito que se encargue de sensar las condiciones de la red, y de enviar al microprocesador una señal indicando si dichas condiciones son normales ó de falla.

Tomando en cuenta lo anterior, el circuito estará conectado a la red pública para sensar las condiciones, y tendrá una

sola salida con dos estados lógicos: Tierra y +5 Volts.

En otras palabras ésto significa que tendremos un bit con un estado lógico alto y otro bajo, el cual puede ser conectado directamente a un puerto del microprocesador.

Se tomará la convención de que el estado alto significa condiciones normales, y el estado bajo condiciones de falla. La figura 3.1 muestra el comportamiento antes mencionado.



Se ha definido ya la salida del circuito detector, por lo que ahora nos concierne definir que condiciones de la red serán consideradas como falla.

Primordialmente podemos decir que el mayor problema se daría cuando alguna eventualidad en la red corta por completo la alimentación a la carga, pero es también un problema el

que ocurran variaciones en el voltaje, porque el que suba ó baje el voltaje más allá de ciertos límites provocaría daños a equipos delicados. Estas variaciones de voltaje pueden ser peligrosas si ocurren en una fase ó en las tres, por lo que la protección deberá ser individual.

El circuito considerará como falla en la red las siguientes condiciones:

- a) Pérdida total de alimentación en cualquier fase.
- b) Alto voltaje de alimentación en cualquier fase.
- c) Bajo voltaje de alimentación en cualquier fase.

Se tomará una consideración muy útil para evitar que la salida oscile con transitorios una vez que se ha detectado bajo voltaje, y ésto es que reestablezca el estado lógico de condiciones normales después de pasar el umbral de bajo voltaje, es decir que exista un valor de voltaje de reestablecimiento luego de ocurrir una condición de falla por bajo voltaje. Esto se puede apreciar claramente en el ejemplo mostrado en la figura 3.2.

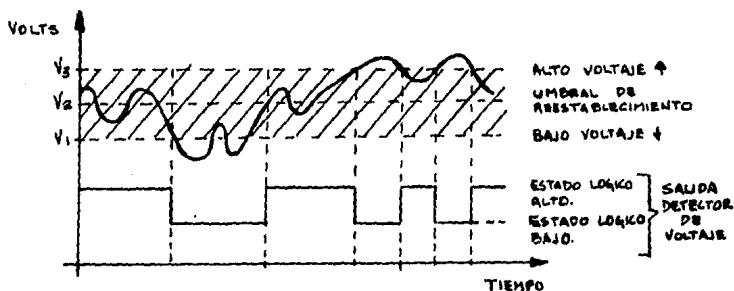


FIGURA 3.2

El circuito deberá permitir que el usuario tenga acceso a establecer sus condiciones a partir de las cuales se detecte alto y bajo voltaje, quedando dentro de un cierto rango que a continuación se indica:

Bajo voltaje.- 75 a 95% del valor nominal.

Alto voltaje.- 105 a 125% del valor nominal.

Considerando como valores nominales 220 y 440 Volts según sea el caso.

TRANSFERENCIA Y RETRANFERENCIA DE LINEAS.

El que ocurra cualquiera de las dos funciones dependerá de la información que envíe la salida del circuito detector de voltaje; Y la transferencia y retransferencia será controlada por medio de un relevador conectado a la salida del microprocesador.

Tal relevador necesitará cumplir con la característica de ofrecer dos contactos, uno normalmente abierto y otro normalmente cerrado, con lo cual se podrá manejar como dispositivo de enlace un arreglo de contactores ó un "Change-matic" en forma indiferente.

La primer consideración será con la transferencia de líneas. Aunque en éste momento considero conveniente refrescar los conceptos de transferencia y retransferencia de líneas. El primero se refiere al cambio de alimentación de la carga por la red pública a la planta de emergencia, y el segundo es el proceso inverso. Figura 3.3

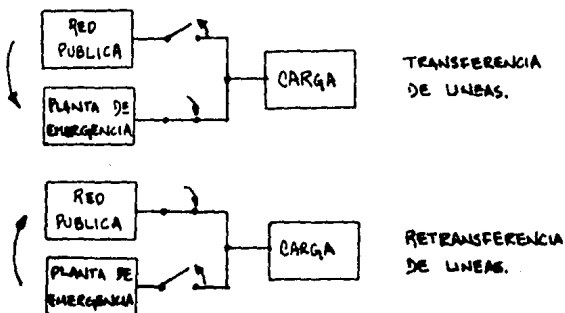


FIGURA 3.3

Para el caso de este control, la transferencia de líneas debe ocurrir una vez que se ha detectado que el motor de la planta arrancó, para que la carga reciba la alimentación correctamente.

La retransferencia por otro lado, no se llevará a cabo inmediatamente que se detecten condiciones normales, haciéndose esto con el fin de que sea una condición transitoria. Esto se deberá lograr provocando un retardo de 3 minutos a la acción después de haber detectado ya las condiciones normales.

Hay que recordar que durante estos tres minutos la carga permanecerá alimentada por la planta de emergencia, por lo que no se está quedando sin alimentación como en el caso de la transferencia.

ARRANQUE DEL MOTOR.

Las condiciones de arranque que serán consideradas son las del grupo de motores tipo Cummins, es decir, que se necesitará alimentar la bobina del motor además de la marcha.

La alimentación de estas dos partes del motor será realizada a través de los contactos de dos relevadores, los cuales serán controlados mediante el puerto de salida del microprocesador. Las salidas que controlen a estos dispositivos mantendrán un nivel lógico bajo siempre que los relevadores deban estar deseñcitados y un nivel alto cuando deban excitarse.

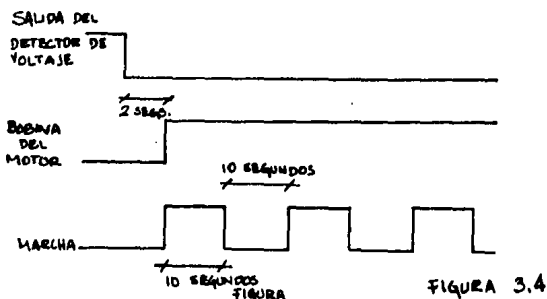
La acción de arranque se llevará a cabo cuando el circuito detector de voltaje envíe una señal de falla en la red, pero tal acción será retrasada por dos segundos y luego confirmada con el fin de evitar que se accione la marcha por alguna falla transitoria.

Una vez transcurridos los dos segundos, el relevador de bobina y el relevador de marcha serán excitados, alimentandose así la bobina y accionandose la marcha.

El relevador de bobina permanecerá ya excitado mientras que deba funcionar el motor y la marcha tendrá otras características de funcionamiento que se explicarán a continuación.

La marcha permanecerá accionada hasta que se reciba una señal del motor confirmando el arranque. Hay que recordar que éstos motores envían una señal de voltaje ó una señal de un interruptor centrífugo. Ya recibida la señal, la marcha se desactivará dejando al motor funcionando.

Un motor en buenas condiciones debe arrancar después de tres ó cuatro segundos de accionada la marcha, pero si no arrancara, el control mantendrá trabajando la marcha por 10 segs. permitiendo hasta tres intentos de arranque, intercalando tiempos de inactividad también de 10 segundos. La figura 3.4 relaciona las funciones que deberá realizar la marcha y la bobina.



MONITOREO DE FALLAS.

Cuando el motor arranca, la función del control de transferencia toma un nuevo giro, debido a que su trabajo será cuidar que el motor funcione correctamente.

El control deberá vigilar de cuatro condiciones que son las que a continuación se indican:

- a) Presión de aceite.
- b) Temperatura del motor.
- c) Velocidad del motor.
- d) Condiciones en la red.

La presión de aceite indica si el motor está lubricado correctamente, y con ésto hay que tomar una consideración muy

importante, y es que cuando el motor está apagado, la presión de aceite será baja, entonces hay que tomar medidas para que la señal de baja presión sea considerada como falla 20 segundos después de que arrancó el motor.

La protección de temperatura actúa cuando el motor detecta alta temperatura con un termopar ó algún dispositivo similar.

El cuidar de la velocidad del motor tiene como fin el que las revoluciones del motor sean las adecuadas para que el generador se mantenga en la frecuencia requerida. La señal que recibe el control sale de interruptores centrifugos colocados en el eje del motor.

Para estos tres casos indicados anteriormente, las señales son enviadas por dispositivos que el fabricante del motor coloca en él, lo que se tomará como falla en cualquier caso es una señal de tierra (nivel lógico bajo), y la acción a seguir será detener el motor e indicar con un led que falla ocurrió. Para que la planta vuelva a funcionar se necesitará que un operador repare el problema y luego dé una señal de restablecimiento al control.

Las condiciones de la red, como ya se dijo anteriormente, son el motivo de funcionamiento de todo el proceso, razón por la cual el control deberá estar leyendo continuamente el bit que indica el estado en la red.

Esta función se deberá efectuar siempre, sin importar

en que parte del proceso se encuentre la planta, y el trabajo que se efectuará será también diferente para cada caso.

PARO DEL MOTOR.

Como se ha tomado la opción de que éste control funcione para motores tipo Cummins, para detener el motor habrá que cortar la alimentación a la bobina.

Recordemos que el control envía una señal de uno lógico al relevador de bobina, y mantiene ésta condición todo el tiempo que funcione el motor. Cuando queremos detener el motor, solamente hay que cambiar el uno por cero lógico desactivando el relevador.

Una vez efectuada la retransferencia de líneas, el motor permanecerá funcionando durante tres minutos en vacío con el fin de que se pueda enfriar. Al concluir éste lapso de tiempo, el control desactivará el relevador de bobina deteniendo así el motor.

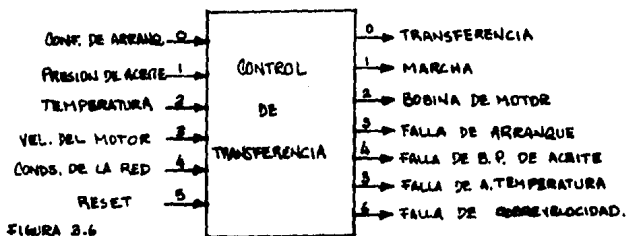
CARGA DE BATERIA.

El control de transferencia propuesto aquí considera un circuito que se encargue de mantener a la batería en buenas condiciones. Esto es de vital importancia, ya que si la batería fallara, la marcha no podría accionarse impidiéndose el arranque de la planta.

Los motores de las plantas tienen un alternador que carga a la batería mientras que ésta funciona, por lo que el cargador del control solamente deberá mantener en flotación a la batería, por lo que será suficiente que suministre una corriente máxima de 2.5 Amperes.

Las anteriores han sido las funciones completas que deberá cumplir el control de transferencia, pero con el objeto de que la idea permanezca clara, a continuación se muestra un diagrama de flujo con las funciones que deberá cumplir el diseño. Ver figura 3.5

Las entradas y salidas del control se muestran resumidas en la figura 3.6



Físicamente, las señales de entrada y salida al control de transferencia quedan resumidas en la tabla 1.

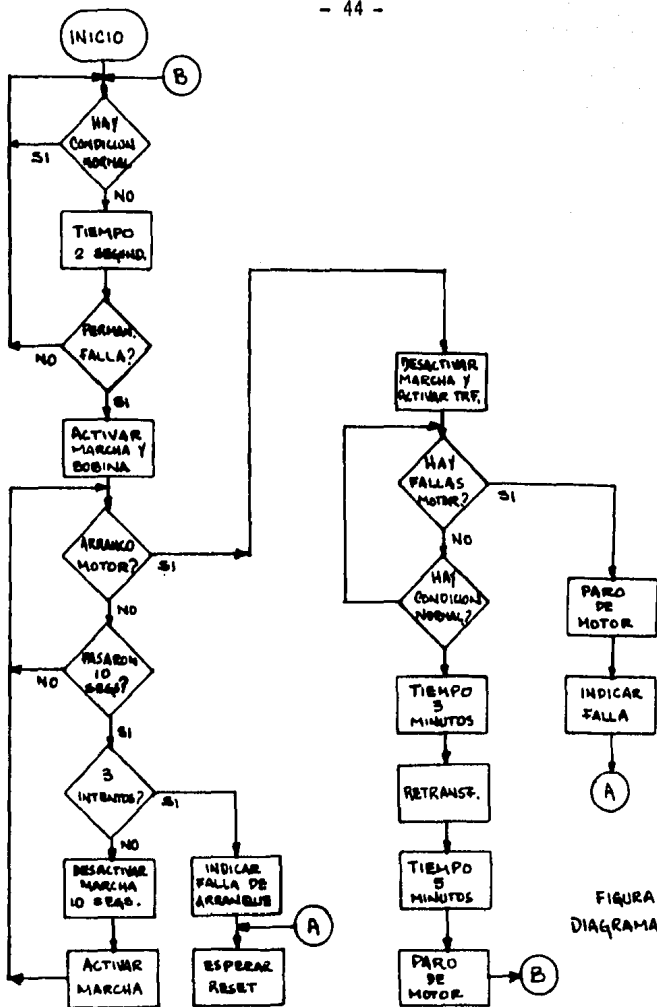


FIGURA 3.5
DIAGRAMA FUNCIONAL

	ENTRADAS	SALIDAS
0	0 → +5V	0 → +5V
1	+5 → 0V	0 → +5V
2	+5 → 0V	0 → +5V
3	+5 → 0V	0 → +5V
4	+5 → 0V	0 → +5V
5	+5 → 0V	0 → +5V
6	—	0 → +5V

TABLA 1

Al concluir este capítulo han quedado perfectamente limitadas las fronteras de esta tesis por lo que ahora nos ocupará plasmar todas estas ideas en la realidad física de las corrientes eléctricas.

CAPITULO IV:

DISEÑO DEL CONTROL.

Hemos visto que el control presentado aquí se puede dividir en partes bien diferenciadas entre sí, y es por ésta razón por lo que en éste capítulo se irán considerando las partes del control por separado, uniendolas todas al final.

Las tres partes básicas en que estará dividido éste capítulo son entonces las siguientes:

- a) Cargador de baterías.
- b) Detector de voltaje.
- c) Programa del microprocesador.

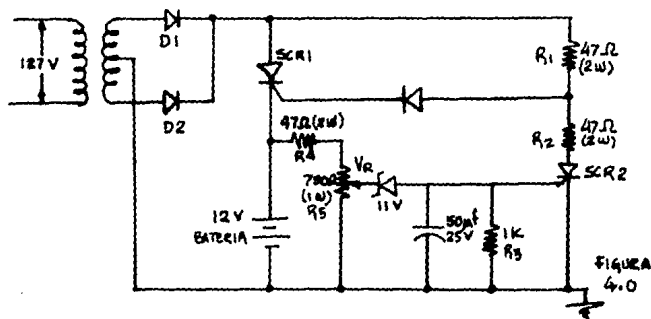
De éste modo, el final del capítulo deberá dedicarse a la conjunción de las tres partes para que el control pueda funcionar completamente.

CARGADOR DE BATERIAS.

Para el cargador de baterías se requiere una corriente baja que sea capaz solamente de mantener a la batería en flgación mientras que no se use la planta.

En éste caso se utilizará una configuración basada en SCR'S, de manera que el circuito pueda detectar el voltaje de

la batería y alimentarla en forma automática, en caso de que sea necesario. Tal configuración se muestra en la figura 4.0.



Ahora estudiaremos el funcionamiento de este circuito empezando por los diodos D1 y D2. Dichos diodos cumplen con la función de rectificar la señal alterna del transformador, obteniendo así la señal adecuada para alimentar la batería.

A través de SCR1 circulará la corriente que pasa por la batería, y SCR2 desempeñará una función de control sobre SCR1.

Cuando la batería se descarga, el voltaje nominal de la batería es más bajo de lo normal, por lo tanto SCR2 estará desactivado por la razón de que el zener no conducirá alimentando una corriente a la compuerta.

Por otro lado, la señal rectificada estará llegando a R1,

alimentando una corriente a la compuerta de SCR1 y provocando con ésto el que conduzca una corriente a través de la batería.

Al cargarse la batería, aumentará su voltaje reflejandose en el cátodo del diodo zenner. Cuando éste voltaje llega al voltaje de zenner, éste conducirá provocando que SCR2 empiece a conducir. Con éste hecho se provoca que el voltaje en la compuerta de SCR1 sea demasiado pequeño para que siga conduciendo y así deja de cargar a la batería.

Hay también un capacitor de 50 uf, el cual tiene por objeto que SCR2 se llegue a disparar por algún transitorio de voltaje.

DETECTOR DE VOLTAJE.

En el capítulo anterior se limitaron perfectamente las funciones que debe realizar el detector, así que entonces veremos como lograr tales objetivos.

Para la detección de voltaje disponemos de una herramienta muy útil que es el amplificador operacional. Usando dos configuraciones de éste lograremos detectar alto y bajo voltaje.

La primera parte de éste circuito tiene que ser la interfase con la red pública, y necesariamente será a través de transformadores. Esto se debe a que por un lado debemos reducir el voltaje de la red y a que es conveniente también aislar al circuito.

El primer punto para determinar las características del transformador es que no estará alimentando a una carga, éste simplemente alimentará un voltaje de referencia a la entrada de un amplificador operacional. La configuración en una forma simplificada quedará así como se muestra en la figura 4.1.

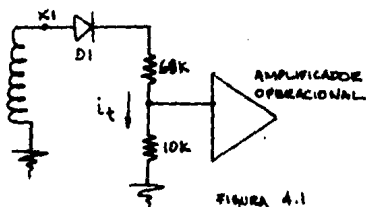


FIGURA 4.1

La entrada del amplificador operacional demandará una pequeñísima corriente de algunos nanoamperes, por lo que la corriente quedará determinada por el valor de las resistencias.

Para el caso en que las condiciones de la red sean normales, en X1 deberá haber 15 Volts, para un valor del 125% de las condiciones normales deberá haber 18.75 Volts y para un 75% habrá 11.25 Volts. Con esto el valor de i_t será como sigue.

$$100\% - i_t = \frac{15V}{78k\Omega} \approx 0.2 \text{ mA}$$

$$125\% - i_t = \frac{18.75V}{78k\Omega} \approx 0.2 \text{ mA}$$

$$75\% - i_t = \frac{11.25V}{78k\Omega} \approx 0.2 \text{ mA}$$

Para un caso práctico, no es muy normal que un transformador tenga una corriente tan baja en el secundario, por lo que se tomará un transformador con una corriente en el secundario de 100 mA, lo cual es más común y hasta más barato.

Ahora bien, el circuito detectará el voltaje en tres fases, por lo que se usarán tres configuraciones como la mostrada en la figura 4.1.

Se podría pensar en que un transformador trifásico sería la solución a la entrada del circuito, pero por la pequeña potencia requerida resulta mejor el usar tres pequeños transformadores monofásicos como se muestra en la figura 4.2.

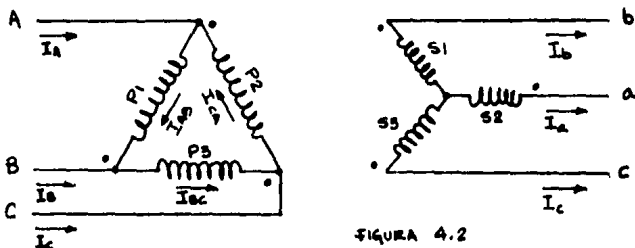


FIGURA 4.2

VOLTAJE PRIM. ENTRE FASES (%)	VOLTAJE SEC. DE LINEA (V)
75	11.25
95	14.25
100	15
105	15.75
125	18.75

TABLA 4.1

Tomando en cuenta la tabla 4.1, el voltaje en los transformadores deberá ser como sigue:

$$\text{SI } V_{AB} = V_{BC} = V_{CA} = 220 \text{ V}$$

$$\text{ENTONCES } V_{ba} = V_{bc} = V_{ac} = 25.98 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{bn} = V_{an} = V_{cn} = 25.98 / \sqrt{3} = 15 \text{ V}$$

Cada transformador monofásico deberá tener las siguientes características:

Voltaje primario: 220 ó 440 Volts.

Voltaje secundario: 15 Volts.

Corriente secundario: 100 mA.

El circuito de entrada para el detector de voltaje quedará como lo muestra la figura 4.3.

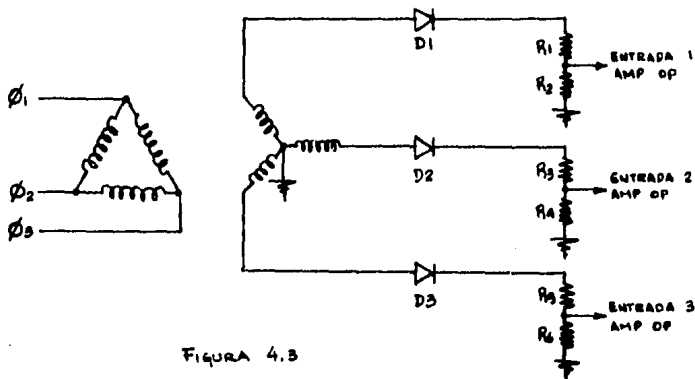
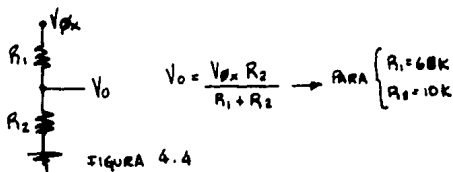


FIGURA 4.3

Los diodo D1, D2 y D3 son iguales, y cumplen con la función de rectificar la señal alterna, de modo que el circuito recibe una señal rectificada de media onda.

Los puentes divisores son iguales, por lo que las resistencias $R1=R2=R3=68K$, y $R4=R5=R6=10K$. Estos tienen por objeto el mover las variaciones de voltaje a un rango pequeño entre 0 y 15 Volts, que es el voltaje con que se alimentan los amplificadores operacionales. Tales valores se muestran en la tabla 4.2, y la figura 4.4 muestra la fuente de donde surgen.



V_{max}	11.25	14.25	15	15.75	18.75
V_o	1.44	1.82	1.93	2.02	2.4

TABLA 4.2

Una vez definida la entrada, nos ocuparemos primero de la detección de alto voltaje. Para tal fin, se usará una configuración del amplificador operacional como comparador, y por lo tanto vamos a necesitar de un amplificador por fase

para cumplir con el objetivo de que la falla se pueda detectar en cualquier fase.

La configuración del amplificador operacional como comparador se muestra en la figura 4.5.

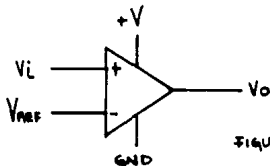


FIGURA 4.5

Cuando v_i es menor que V_{ref} , el valor de v_o será de casi cero Volts. Si aumenta el valor de v_i de modo que sobrepase el de V_{ref} , el valor de v_o cambiará y será casi el de $+V$. De ésta manera se detecta fácilmente cuando hay alto voltaje en la red.

El valor de v_i será el que sale de los puentes divisores que vimos anteriormente, por lo que nos ocupará ahora solo el voltaje de referencia. Tal voltaje es importante porque permitirá la variación a la que se pueda fijar el alto Voltaje.

Lo que básicamente se necesita, es que pueda mover el voltaje entre 2.02 y 2.4 Volts, ya que éstos serán los valores en la entrada para los cuales se cumple el 105 y el 125% del Voltaje normal, así de ésta manera, el voltaje de

referencia se obtendrá con un puente divisor variable como el que se muestra en la figura 4.6.

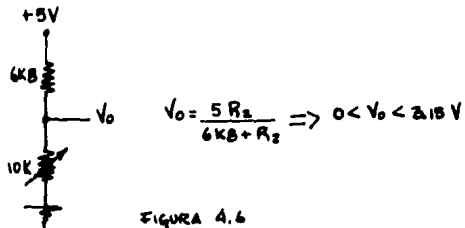
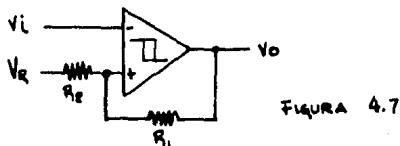


FIGURA 4.6

La detección de bajo voltaje deberá utilizar una configuración diferente, por el hecho de que necesitamos de un voltaje de reestablecimiento que sea mayor al de bajo voltaje. Para tal fin, usaremos la configuración del comparador con histéresis según se muestra en la figura 4.7.



El comportamiento de ésta configuración se muestra en la figura 4.8.

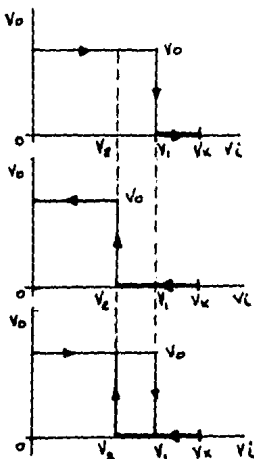


FIGURA 4.8

El valor de V_x es el que existirá a la entrada del comparador, y en condiciones normales, es mayor que V_2 . De ésta manera, la salida está siempre en cero, cambiando a uno lógico cuando el voltaje disminuye del valor V_2 . Se puede apreciar también que si el voltaje de entrada aumenta, se restablece la condición de cero hasta que se sobrepase el valor

V₁, lograndose así el objetivo de que vuelvan las condiciones normales a un valor mayor del que señala falla.

Para determinar entonces los valores V₁ y V₂ usaremos las siguientes expresiones:

$$V_1 = \frac{R_1 V_a}{R_1 + R_2} + \frac{R_2 V_o}{R_1 + R_2} \quad \text{--- ①}$$

$$V_2 = \frac{R_1 V_a}{R_1 + R_2} - \frac{R_2 V_o}{R_1 + R_2} \quad \text{--- ②}$$

En el caso de la expresión dos, el segundo término es igual a cero, debido a que el amplificador operacional está alimentado con cero y +5 V, y por lo tanto $-V_o=0$. De este modo la expresión dos queda convertida en la expresión tres.

$$V_2 = \frac{R_1 V_a}{R_1 + R_2}$$

Ahora bien, si tomamos en cuenta el rango dentro del cual podrá estar variando el voltaje de referencia, se puede estudiar el comportamiento de V₁ y V₂ para distintas condiciones. Tomando en cuenta además valores de resistencias en que R₁ sea mayor a R₂. Viendo esto se obtienen las siguientes expresiones que cumplen con todos los requerimientos del circuito:

$$R_1 = 1M5$$

$$R_2 = 56K$$

$$V_R = 1.5V$$

$$V_1 = \frac{1M5(1.5)}{1M5+56K} + \frac{56K(5)}{1M5+56K}$$
$$V_1 = 1.446 + 0.1799 = 1.626V$$

LUEGO

$$V_2 = \frac{1M5(1.5)}{1M5+56K}$$
$$V_2 = 1.446V$$

SI AHORA SE CAMBIA $V_R = 1.9V$

$$V_1 = \frac{1M5(1.9)}{1M5+56K} + \frac{56K(5)}{1M5+56K}$$
$$V_1 = 1.8316 + 0.1799 = 2.011V$$

$$V_2 = \frac{1M5(1.9)}{1M5+56K}$$
$$V_2 = 1.8316$$

De las expresiones anteriores sacamos en claro que si varía el voltaje de referencia entre 1.5 y 1.9 Volts, el comparador responderá al bajo Voltaje y al reestablecimiento dentro de las características deseadas. Por ésta razón, usaremos un puente divisor como referencia, con las propiedades mostradas en la figura 4.9.

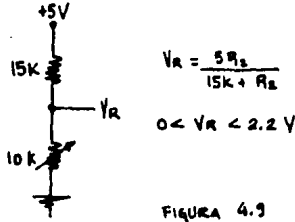


FIGURA 4.9

Con las dos configuraciones anteriores queda determinada la forma como se detectará el voltaje para cada fase. Hay que recordar que se usarán tres amplificadores operacionales para detectar bajo Voltaje, y tres para el alto Voltaje, de manera que se escogió el circuito integrado LM 324, que contiene cuatro amplificadores. De ésta manera se usarán solamente dos circuitos integrados.

Hay que recordar que el objetivo de todo éste circuito de detección de voltaje es el mantener a la salida uno lógico mientras existan condiciones normales, y cambiar a cero en caso de falla. Viendo así el problema, el siguiente paso será hacer una compuerta OR con las salidas de los operacionales, e invertir la lógica con un transistor. La configuración de salida se muestra en la figura 4.10.

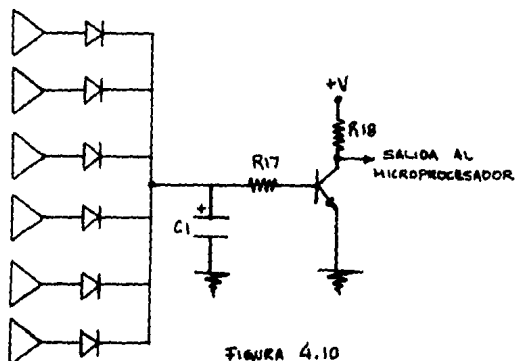


FIGURA 4.10

La compuerta OR queda formada con los diodos, y el transistor cumplirá la función de conectar al circuito con el microprocesador. Por otro lado, el capacitor C1 cumple con la función de hacer continua la señal de entrada al transistor. Esto viene a ser necesario porque a la entrada de los operacionales hay una señal rectificada a media onda, y por consiguiente la señal de salida es de corriente directa pero discontinua, lo cual resulta inadecuado para el microprocesador.

Tomando por separado al transistor, el circuito que tenemos queda como lo muestra la figura 4.11.

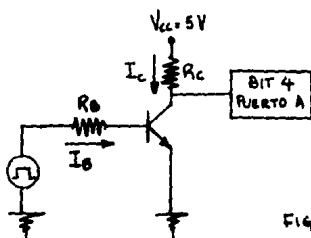


FIGURA 4.11

Para el cálculo de las resistencias consideramos la siguiente expresión y las características del transistor 2A99:

$$V_{cc} = I_c R_c - V_{ce\text{ sat}} \quad \text{--- (4)}$$

$$I_c = 5 \text{ mA}$$

$$V_{ce\text{ sat}} = 0.2 \text{ V}$$

$$\beta = 120$$

DE (4) QUEDA:

$$R_c = \frac{V_{cc} + V_{ce\text{ sat}}}{I_c} = \frac{5 + 0.2}{0.005}$$

$$R_c = 1040 \Omega \rightarrow \text{VALOR COMERCIAL } 1K$$

$$\text{DE LA EXPRESION } \beta = \frac{I_c}{I_b}$$

$$\text{OBTENEMOS } I_b = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0.005}{120}$$

$$I_b = 41.6 \mu\text{A}$$

Para hallar el valor de R_B hay que considerar el voltaje que existirá cuando se satura el transistor. Tal voltaje será el que tendremos a la salida de la compuerta OR, siendo éste del orden de 4 Volts.

Veamos también que en R_B tendremos una caída de tensión igual a 4 Volts menos 0.7 Volts, que es el voltaje del diodo formado por la base y el emisor. Con todo esto, el valor de R_B lo obtenemos de la ley de Ohm:

$$R_B = \frac{4 - 0.7}{41.6 \mu A}$$

$$R_B = 79927 \Omega \rightarrow \text{VALOR COMERCIAL } R_B = 82K$$

Para concluir, todos los diodos usados aquí manejarán corrientes muy pequeñas. Por ésta razón se escogió usar simplemente un diodo comercial e igual para todos los casos. En éste caso el diodo escogido fué el 1N4001, el cual podría manejar corrientes hasta de un Ampere.

Lo único que nos restaría ahora para concluir con éste punto es ver un esquema del circuito completo, para lo cual pasemos a la figura 4.12.

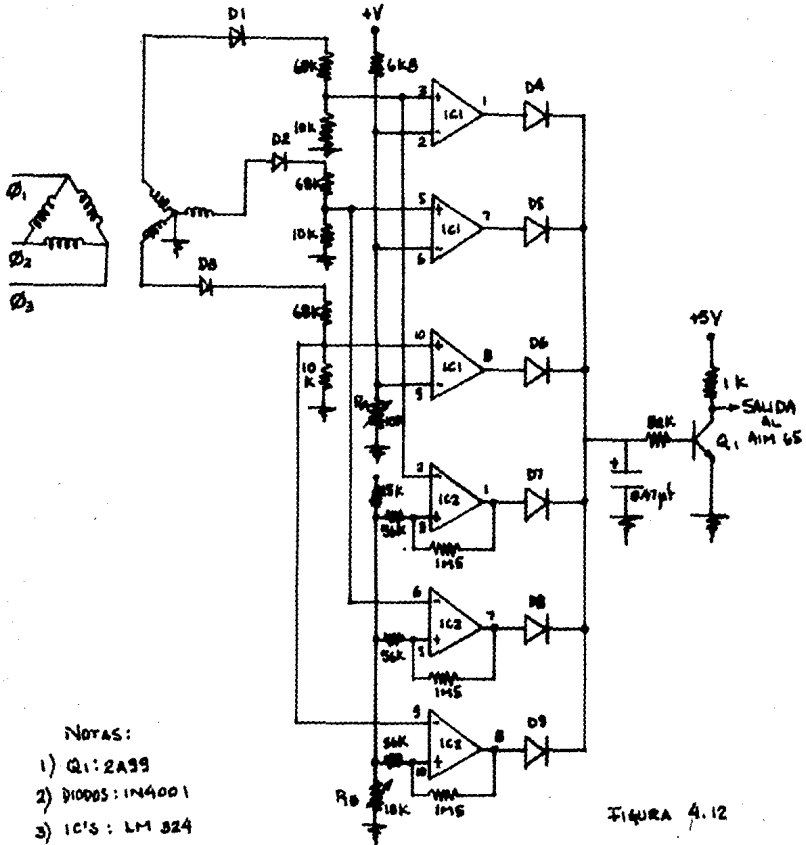


FIGURA 4.12

PROGRAMA DEL MICROPROCESADOR

Con el objeto de poder entender las consideraciones que se tomaron en el presente diseño del programa, resultaría conveniente ver la arquitectura del AIM 65 y de su microprocesador 6502.

El AIM 65 consta de dos módulos, el módulo maestro y el módulo de teclado. El módulo maestro contiene una impresora, un display y los componentes de la microcomputadora. La figura 4.13 muestra un diagrama de bloques del sistema.

El corazón del AIM 65 es el microprocesador de 8 bits 6502. Para el caso de éste equipo opera a 1 MHz., con lo que se logra un tiempo mínimo de ejecución por instrucción de dos microsegundos. Cuenta con 56 intrucciones y 13 modos de direccionamiento, logrando direccionar 4 Kbytes de memoria RAM y 20 Kbytes de memoria ROM en el módulo maestro, además de 40 Kbytes adicionales de memoria externa para el usuario.

Otras partes incluidas dentro del AIM 65 son las siguientes:

Un puerto de entrada y salida R6522 VIA (Versatile Interface Adapter), una memoria RAM para entrada y salida R6532, memoria ROM R2332 y memoria RAM R2114.

Tiene también un display que permite la retroalimentación visual durante las operaciones con el teclado. El display tiene espacio para 20 caracteres, que son también los que puede manejar la impresora.

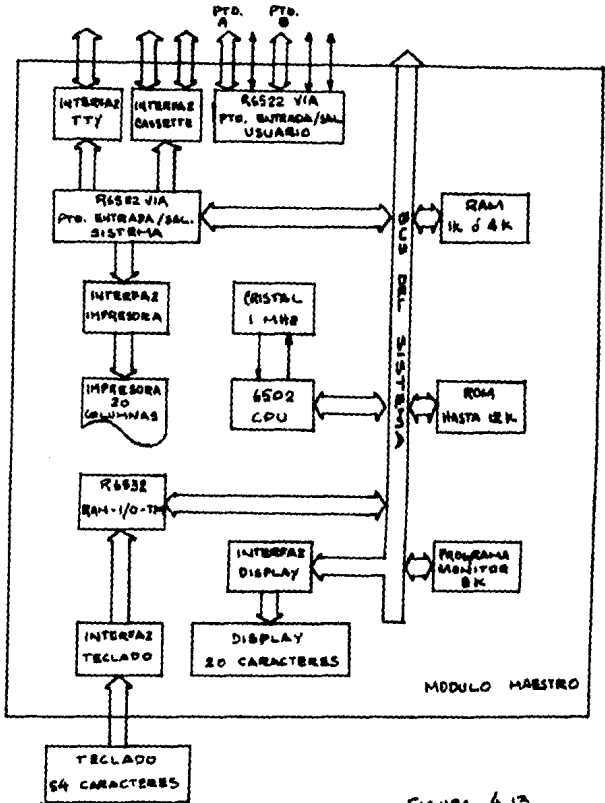


FIGURA 4.13
AIM 65 DE ROCKWELL

El funcionamiento del AIM 65 está controlado por un programa monitor de 8 K residente en memoria ROM, el cual permite trabajar con un conjunto de instrucciones fáciles de usar. Este programa simplifica en buena medida el uso del CPU, la memoria y los dispositivos de entrada y salida, permitiendo así concentrarse en el desarrollo del software de un diseño.

En el caso del hardware, el AIM 65 está dividido en las siguientes áreas funcionales:

- 1) Distribución de fuerza.
- 2) Tiempo de reloj y control.
- 3) Chip select.
- 4) RAM.
- 5) ROM.
- 6) Interfaz para impresora.
- 7) Interfaz para display.
- 8) Interfaz para teclado.
- 9) Interfaz R6522 para usuario.
- 10) Interfaz para cassette.
- 11) Interfaz serie y para teleimpresor.

En cuanto al software, el AIM 65 está dividido como sigue:

- 1) Programa monitor de 8 K.
- 2) Assembler 4 K.
- 3) Basic 8K.

Hemos visto ya un panorama general de las partes que conforman al AIM 65, por lo que ahora viene al caso estudiar de una forma más concreta las facilidades que se usarán con el control de transferencia.

Lo primero que necesitaremos entender es como están constituidos los puertos de entrada y salida que permitirán manejar el proceso. Como se ha mencionado ya anteriormente, el AIM 65 utiliza un R6522 (Versatile Interface Adapter), el cual es un dispositivo de entrada y salida muy completo diseñado para trabajar en condiciones muy diversas que puedan ser controladas por programa. Las facilidades con que cuenta éste circuito integrado son las siguientes:

- 1) Dos puertos de 8 bits (A y B). Cada pin puede ser seleccionado en forma individual para ser de entrada ó de salida.
- 2) Dos líneas de estado y de control (dos asociadas con cada puerto).
- 3) Dos timer/controladores de 16 bits que pueden utilizarse para contar ó generar pulsos.
- 4) Un registro de corrimiento de 8 bits capaz de realizar conversiones de datos en las formas serie y paralelo.
- 5) Lógica de interrupción.

El R6522 ocupa 16 localidades de memoria, los cuales quedan distribuidos tal como se muestra en la tabla 4.2.

DIRECCION	FUNCION
A000	PORT B OUTPUT DATA REGISTER (ORB)
A001	PORT A OUTPUT DATA REGISTER (ORA)
A002	PORT B DATA DIRECTION REGISTER (DDRB)
A003	PORT A DATA DIRECTION REGISTER (DDRA)
A004	TIMER 1
A005	TIMER 1
A006	TIMER 1
A007	TIMER 1
A008	TIMER 2
A009	TIMER 2
A00A	SHIFT REGISTER (SR)
A00B	AUXILIARY CONTROL REGISTER (ACR)
A00C	PERIPHERAL CONTROL REGISTER (PCR)
A00D	INTERRUPT FLAG REGISTER (IFR)
A00E	INTERRUPT ENABLE REGISTER (IER)
A00F	PORT A OUTPUT DATA REGISTER (ORA)

Con el diagrama de bloques mostrado en la figura 4.14 se puede apreciar como está constituido en forma interna el R6522.

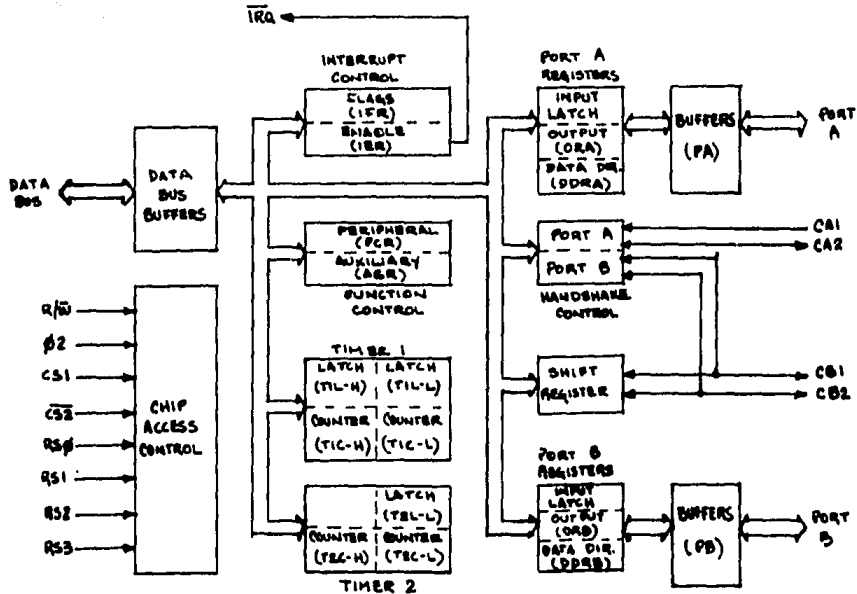


FIGURA 4.14
 DIAGRAMA DE BLOQUES R6522

Considerando ahora el caso particular del control de transferencia veremos como primer caso el definir las necesidades que tendremos. Dicho en otras palabras, vamos a definir como quedará cada pin de los puertos de entrada y salida.

Para empezar vamos a tomar en cuenta que entre el puerto A y el puerto B existe una diferencia, la cual consiste en que el puerto B puede proporcionar una corriente de 5mA que puede manejar un darlington directamente, permitiendo así el manejo de un relevador. Por ésta razón, se ha tomado el puerto A como entrada y el B como salida. Las señales que maneja rá cada pin quedarán determinadas como se indica en las tablas 4.3 y 4.4.

PUERTO A, ENTRADAS

BIT	ESTADO LOGICO		ORIGEN DE SEÑAL
	CONDICION NORMAL	CONDICION ACTIVA	
0	0	1	CONDICION DE ARRANQUE
1	1	0	PRESION DE ACEITE
2	1	0	TEMPERATURA DE MOTOR
3	1	0	VELOCIDAD DE MOTOR
4	1	0	CONDICIONES DE RED
5	1	0	RESET
6	—	—	NU
7	—	—	NU

TABLA 4.5

PUERTO B, SALIDAS

BIT	ESTADO LOGICO		ORIGEN DE SEÑAL
	CONDICION NORMAL	CONDICION ACTIVA	
0	0	1	RELE. DE TRANSFERENCIA
1	0	1	RELE. DE MARCHA
2	0	1	RELE. DE BOBINA
3	0	1	LED FALLA DE ARRANQUE
4	0	1	LED FALLA B.P. DE ACEITE
5	0	1	LED FALLA A. TEMP.
6	0	1	LED FALLA SOBREVEL.
7	—	—	NU

TABLA 4.4

El programa fué desarrollado en assembler, por considerarse éste el lenguaje más apropiado para trabajar en el campo. La tabla 4.5 muestra las instrucciones que usa el mi croprocesador.

Con el objeto de simplificar el desarrollo del programa, este se dividió en 7 partes, cada una de las cuales define una etapa del proceso. Aquí veremos cada una de éstas partes por separado, y a cada parte se le llamará subprograma.

En éste momento cabe un pequeño paréntesis para mencionar lo siguiente. Hemos visto que en el proceso a controlar se necesitará de varias bases de tiempo, y hemos visto también que el puerto de entrada/salida R6522 puede generar pulsos, y por lo tanto puede trabajar como monoestable. Esto es muy útil,

ADC	ADD MEM. TO ACCUM.	LOA	LOAD ACCUM. W/MEM.
AND	AND MEM. W/ ACCUM.	LDX	LOAD IX W/MEM.
ASL	SHIFT LEFT ONE BIT	LDY	LOAD IY W/MEM.
		LSR	SHIFT RIGHT ONE BIT
BCC	BRANCH ON CARRY CLR.	NOP	NO OPERATION
BCS	BRANCH ON CARRY SET		
BEQ	BRANCH ON RESULT ZERO	ORA	OR MEM. W/ACCUM.
BIT	TEST BITS IN MEM. WITH ACCUMULATOR	PHA	PUSH ACCUM. ON STACK
BMI	BRANCH ON RESULT MINUS	PHP	PUSH PROCESSOR STATUS ON STACK
BNE	BRANCH ON R. NOT ZERO	PLA	PULL ACCUM. FROM STACK
BPL	BRANCH ON R. PLUS	PLP	PULL PROC. STATUS FROM STACK
BRK	FORCE BREAK		
BVC	BRANCH ON OVERFLOW CLR.		
BVS	BRANCH ON OVERFLOW SET		
CLC	CLEAR CARRY FLAG	ROL	ROTATE ONE BIT LEFT
CLD	CLEAR DECIMAL MODE	ROR	ROTATE ONE BIT RIGHT
CLI	CLR. INTERRUPT DISABLE BIT	RTI	RETURN FROM INTERRUPT
CLV	CLR. OVERFLOW FLAG	RTS	RETURN FROM SUBROUTINE
CMC	COMPARE MEM. AND ACCUM.		
CPX	COMPARE MEM. AND IX	SBC	SUBTRACT MEM. FROM ACCUM.
CPY	COMPARE MEM. AND IY	SEC	SET CARRY FLAG
		SED	SET DECIMAL MODE
EOR	EXCLUSIVE-OR MEM WITH ACCUMULATOR	SEI	SET INTERRUPT DISABLE STATUS
		STA	STORE ACCUM. IN MEM.
		STX	STORE IX IN MEM.
		STY	STORE IY IN MEM.
INC	INCREMENT MEM BY ONE	TAX	TRANSFER ACCUM. TO IX
INX	INCREMENT IX BY ONE	TAY	TRANSFER ACCUM. TO IY
INY	INCREMENT IY BY ONE	TBX	TRANS. STACK POINTER TO IX
		TXA	TRANSFER IX TO ACCUM.
JMP	JUMP TO NEW LOCATION	TXS	TRANSF. IX TO STACK POINTER
JSR	JUMP TO NEW LOCATION SAVING RETURN ADDRESS	TYA	TRANSFER IY TO ACCUM.

TABLE 4.5
INSTRUCCIONES.

porque mediante el uso de una subrutina podemos manejar bases de tiempo de la duración que se quiera.

El timer 2 puede funcionar como monoestable ó contando pulsos en PB6. Para que trabaje como monoestable, el bit 5 del Registro de Control Auxiliar deberá estar en condición de uno lógico. (Ver tabla 4.2).

Este es un timer de 16 bits que ocupa dos localidades de memoria. La primera dirección (A008) se usa para leer ó escribir los 8 bits menos significativos; leer ésta dirección también borra la bandera de interrupción para el timer 2. La segunda dirección (A009) se usa para leer los 8 bits más significativos; al escribir en ésta dirección se cargan los contadores, se borra la bandera de interrupción del timer 2 y principia su operación. Al concluir ésta, se activa nuevamente la bandera de interrupción.

Como podemos apreciar, el número más grande que podemos usar será FFFF (65535), lo cual significa que la máxima duración del pulso será de 65535 pulsos de reloj, recordando que éste trabaja a un MHz.

A continuación se muestra lo que llamaré "Subrutina de Retardo", considerando que el pulso del monoestable tenga una duración máxima.

Haciendo que ésta subrutina se ejecute varias veces, se podrá lograr que las bases de tiempo tengan una duración adecuada.

RETRARDO

LOA #FF
STA AppB
STA AppC
LOA #2B
① BIT AppD
BEQ ①
LOA AppB
RTS

Subprograma 1.

Detección de Falla Trifásica.

La primer función será la de habilitar los puertos y registros con las condiciones iniciales.

- 1) Registro de Dirección de Información, Puerto B (A002).
Salida.
- 2) Registro de Dirección de Información, Puerto A (A003).
Entrada.
- 3) Registro de Control de Periféricos (A00C). Deshabilitado.
- 4) Registro de Habilidadación de Interrupciones (A00E).
Deshabilitado.
- 5) Registro de Control Auxiliar (A00B). Habilita T2 como monoestable.
- 6) Puerto B habilitado con todas las salidas en cero.

Luego se encargará de que se estén leyendo las condiciones de la red cada dos segundos, y en caso de que se detecte una falla, retardará dos segundos más el que se tome acción para arrancar la planta, tratando de evitar así que se arranque con transitorios.

La figura 4.15 muestra el diagrama de flujo del subprograma uno:

El programa queda como se muestra a continuación.

```
INICIO LDA #FF
        STA A002
        LDA #00
        STA A003
        STA A00C
        STA A00E
        STA A00B
        STA A000
        ② LDX #1E
        ① JSR RETARDO
        DEX
        BNE ①
        LDA #10
        STA FAS
        BNE ②
        LDX #1E
        ③ JSR RETARDO
        DEX
        BNE ③
        LDA A001
        AND FAS
        BNE ②
        LDA #04
        STA A000
```

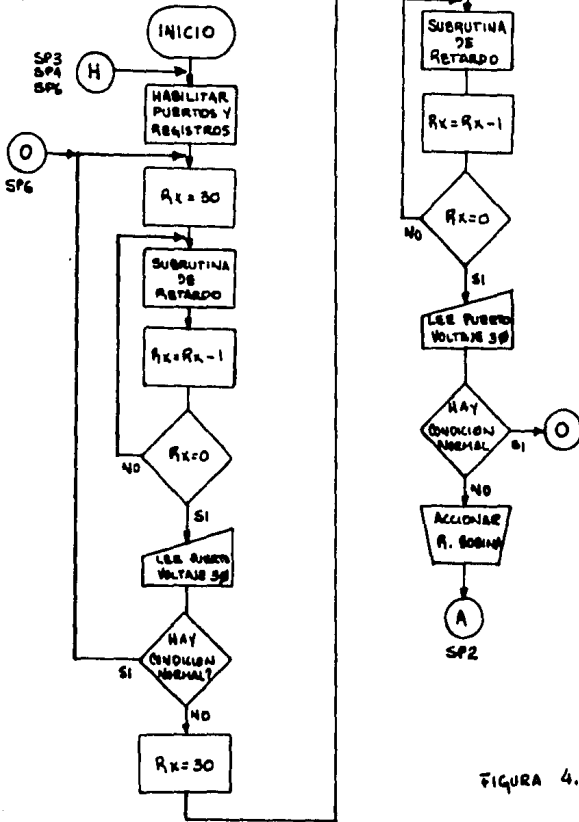


FIGURA 4.15

Subprograma 2.

Acción de Marcha y Detección de Arranque.

En éste subprograma se accionará la marcha en caso de ser necesario, se ejecutarán tres intentos de arranque dejando sus respectivos espacios sin actividad. Aquí también se estará vigilando si arranca el motor y si vuelven las condiciones normales de la red.

En la figura 4.16 podemos observar el diagrama de flujo para éste subprograma.

El programa quedó codificado como sigue:

SPI	(A)	LDA	#05	STA	A000
		STA	FA0	DEC	FA0
	(B)	LDA	#06	BEQ	(C) SP5
		STA	A000	DEC	FA1
		LDA	#01	SEQ	(D)
		STA	FA1	JMP	(E)
	(4)	LDY	#05		
	(8)	LDX	#2A		
	(1)	JSR	<u>RETARDO</u>		
		DEX			
		BNE	(1)		
		LDA	#01		
		STA	FA2		
		LDA	A001		
		AND	FA2		
		BNE	(E) SP5		
		LDA	A001		
		AND	FA3		
		BNE	(F) SP4		
		DEY			
		BNE	(2)		
		LDA	#04		

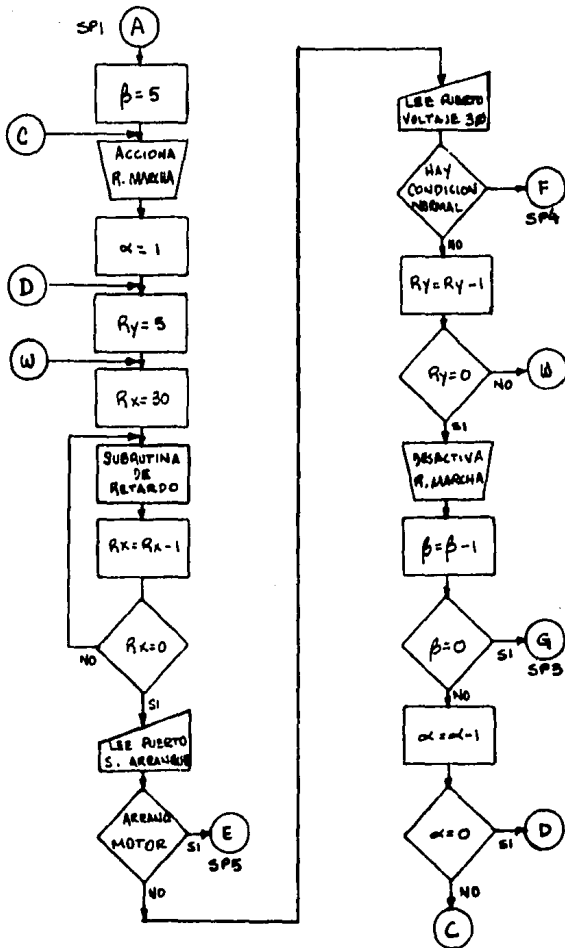


FIGURA 4.16

Subprograma 3.

Falla de Arranque y señal de Reset.

Cuando se cumplan tres intentos de marcha sin que arranque el motor, el flujo del programa vendrá a dar aquí, se desactivará la bobina del motor, se encenderá la señal de falla y permanecerá en tal condición hasta recibir la señal de reset. La figura 4.17 muestra el diagrama de flujo.



FIGURA 4.17

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Subprograma 3:

```

SP2 (G)   LDA  #PB
          STA  APB
          LDX  #IB
          STX  FAB
          LDA  APB1
          AND  FAB
          BNE  INICIO

```

Subprograma 4.

Desactivación de marcha en Condiciones Normales.

Aunque éste no es en sí un programa, se aisló por la función diferente que desempeña. La función aquí es solamente desactivar la marcha cuando se detecte que se han reestablecido las condiciones normales.

La parte correspondiente al diagrama de flujo se muestra en la figura 4.18 y a continuación se muestra también el programa.

```

SP2 (E)   LDA  #PB
          STA  APB
          JMP  INICIO

```



FIGURA 4.18

Subprograma 5.

Transferencia de Líneas y Monitoreo de Motor y Red.

Este subprograma empezaría su función cuando se detecta el arranque del motor, entonces desactiva la marcha y activa la transferencia.

Su siguiente función será la de mantenerse monitoreando las condiciones del motor y la red de manera que se pueda tomar la acción correspondiente para cada caso. El monitoreo se efectúa un minuto después de desactivada la marcha para evitar la detección errónea de la baja presión de aceite.

En la figura 4.19 se muestra el diagrama de flujo.

El programa es el siguiente.

SP2	(5)	LDA	#05	BEQ	(K)	SP6
		STA	APP0	LDX	#08	
	(3)	LDY	#04	STX	FA0	
	(2)	LDX	#FE	LDA	APP1	
	(1)	JSR	RETARDO	AND	FA0	
		DEX		BEQ	(L)	SP6
		BNE	(1)	AND	FA3	
		DEY		BNE	(M)	SP7
		BNE	(3)	JMP	(2)	
		LDX	#02			
		STX	FA0			
		LDA	APP1			
		AND	FA0			
		LDA	APP1			
		AND	FA0			
		BEQ	(1)	SP6		
		LOX	#04			
		STX	FA0			
		LDA	APP1			
		AND	FA0			

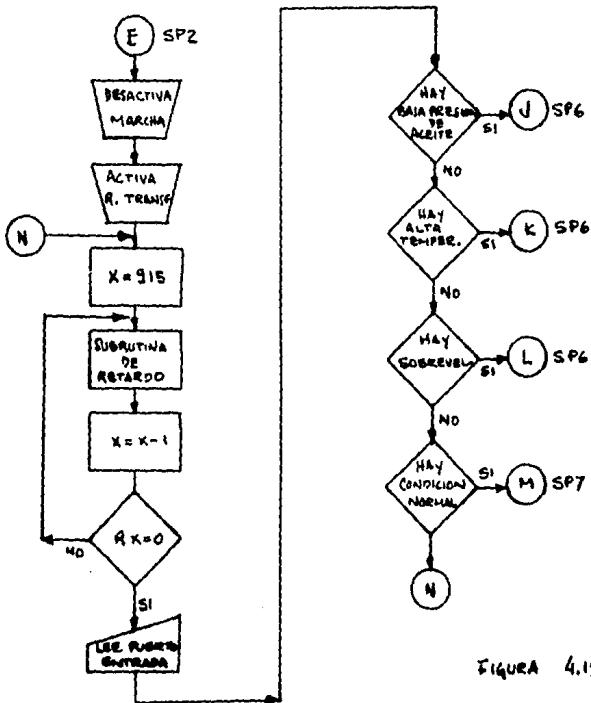


FIGURA 4.19

Subprograma 6.

Señalización de falla y paro del motor.

Cuando se ha detectado alguna falla, el control encenderá la señal correspondiente y detendrá al motor quitando la alimentación a la bobina.

Permanecerá en espera de que se reciba una señal de reset, con lo que volverá el flujo al inicio del programa, pero además estará monitoreando las condiciones de la red, de modo que si se reestablecieran las condiciones normales, se efectuaría la retransferencia, pero remaneciendo las señales de falla.

Veamos a continuación el programa y el diagrama de flujo en la figura 4.20.

SP5 (J)	LDA #11	STX FAS
	STA A000	LOA A001
	JMP (1)	AND FAS
SP5 (K)	LDA #21	BNE INICIO
	STA A000	LOA A001
	JMP (1)	AND FAS
SP5 (L)	LDA #41	BEQ (1)
	STA A000	LOA #FB
(1)	LDX #0F	AND A000
(2)	JSR RETARDO	STA A000
	DEX	JMP (1)
	BNE (2)	
	LDX #10	

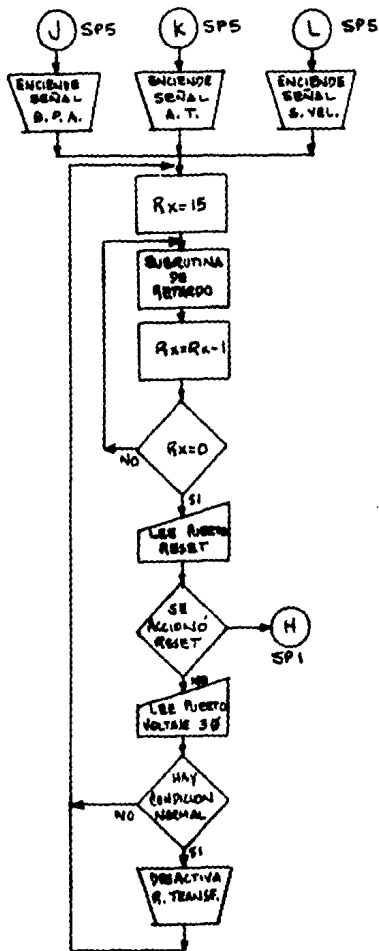


FIGURA 4.20

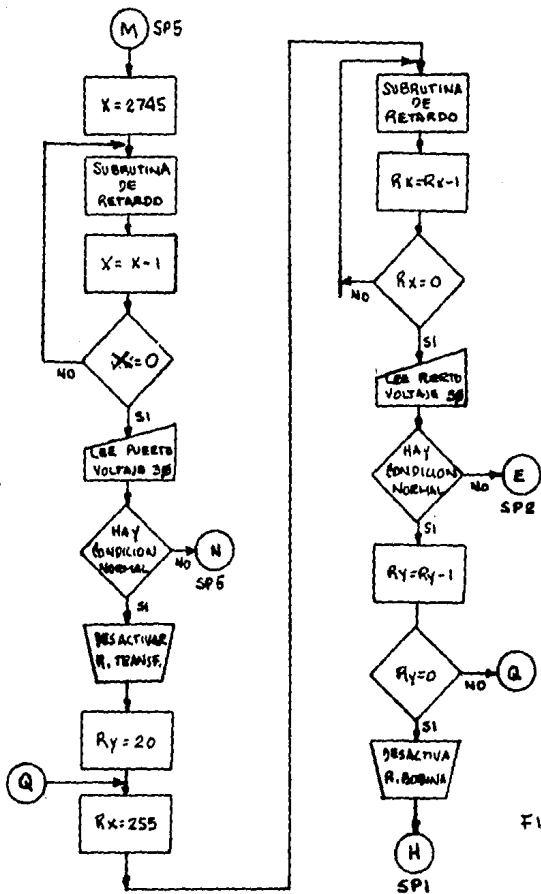


FIGURA 4.21

Ahora ya podemos apreciar que los siete subprogramas se conjuntan para formar uno solo junto con la subrutina de retardo, con lo que así ha quedado concluida la parte de programación.

El último punto que ahora deberemos considerar para concluir con la parte de diseño es el enlace de las señales de entrada y salida del AIM 65 con el mundo exterior. Tomaremos primero en cuenta las señales de entrada.

Hemos visto ya en éste capítulo que para el bit 4 del puerto A no necesitamos hacer ninguna adaptación, porque el circuito detector de voltaje la ha considerado ya.

Para las demás entradas si vamos a utilizar algún dispositivo de enlace, y se consideró que lo mejor para éste caso sería un optoacoplador, ya que éste realizaría la doble función de aislar al AIM 65 del medio exterior y de proveer una señal adecuada.

El optoacoplador escogido es el MOC5004 de Motorola, el cual está diseñado para entregar a la salida una señal compatible con circuitos digitales.

Consideremos ahora como se configuró la entrada. Para el caso de la presión de aceite, la temperatura y la velocidad del motor se recibirá una señal flotante, y en caso de alguna falla con éstos parámetros se recibirá una tierra. Con éstas tres entradas tendremos la configuración mostrada en la figura 4.22.

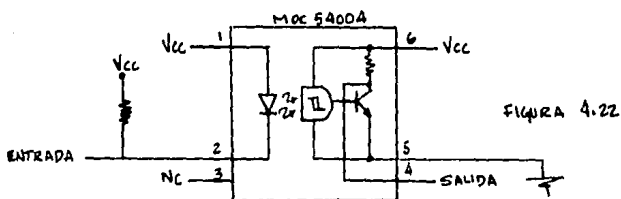


FIGURA 4.22

La entrada de confirmación de arranque será una señal de 12 Volts, para tal caso se usará la siguiente configuración. 4.23.

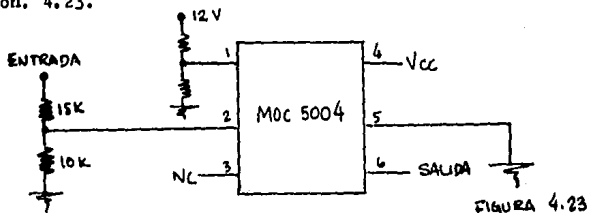


FIGURA 4.23

La única entrada pendiente aquí será la de Reset. Esta se originará de un push-bottom normalmente abierto, por lo que se usará la configuración mostrada en 4.24.

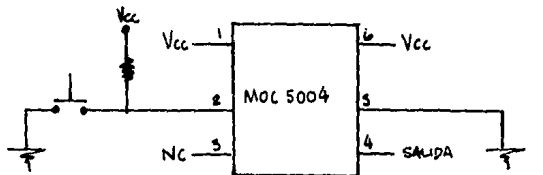


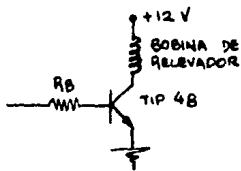
FIGURA 4.24

Una vez consideradas las entradas, queda por ver las salidas. Hay tres relevadores, los cuales no pueden ser controlados directamente por el puerto de salida del R6522, así que entonces se usarán transistores como drivers.

El relevador que se use deberá ser robusto y manejar alrededor de 10 Amperes en sus contactos, de ahí que se consideró un relevador Schrack de 10 Amperes, y con una bobina a 12 Volts y 120 miliAmperes.

Para manejar tal bobina, necesitaremos de un transistor Tip 48, el cual puede proporcionar 300 miliAmperes de corriente de colector.

La configuración que maneje a los tres relevadores requeridos será la mostrada en la figura 4.25.



$$I_c = 120 \text{ mA}$$

$$\beta = 150$$

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0.120}{150}$$

$$I_B = 800 \mu\text{A}$$

$$R_B = \frac{5 - 0.7}{800 \mu\text{A}}$$

$$R_B = 5375 \Omega \rightarrow R_B = 5K6$$

FIGURA 4.25

Las otras cuatro salidas que tenemos deberán manejar un LED con un consumo de 15 mA, así que la figura 4.26 muestra la configuración empleada para tal fin. En éste caso necesitamos de un transistor más pequeño, por lo que nuevamente se tomó el 2A99.

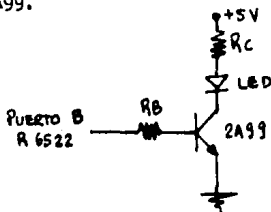


FIGURA 4.26

$$I_c = 15 \text{ mA}$$

$$V_{ce \text{ SAT}} = 0.2 \text{ V}$$

$$\beta = 120$$

$$R_c = \frac{V_{cc} + V_{ce \text{ SAT}}}{I_c} = \frac{5 + 0.2}{0.015}$$

$$R_c = 346.66 \Omega \rightarrow R_c = 350 \Omega$$

$$I_B = \frac{I_c}{\beta} = \frac{0.015}{120}$$

$$I_B = 100 \mu\text{A}$$

$$R_B = \frac{5 + 0.7}{100 \mu\text{A}}$$

$$R_B = 43000 \Omega \rightarrow R_B = 47 \text{ K}$$

Con ésto hemos terminado con el diseño del control habiendo recorrido todas las partes que conforman al sistema de transferencia. Para concluir con éste capítulo, se puede apreciar en una forma esquemática como ha quedado configurado el control en 4.27.

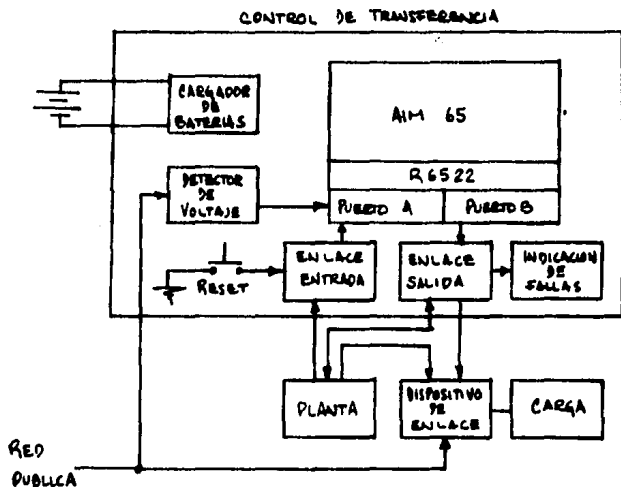


FIGURA 4.27

CAPITULO V.

METODOLOGIA PARA PRUEBA DEL SISTEMA.

En éste capítulo resultará conveniente seguir con la misma filosofía del capítulo anterior, ésto en lo que respecta a considerar al control de transferencia dividido en tres partes básicas. Así de ésta manera se obtendrán mayores resultados.

El sistema necesitará del ajuste de tres puntos, uno en el cargador de baterías y dos más en el circuito detector de voltaje. Para tales ajustes, el circuito utilizará pre-sets, y se especificará la metodología a seguir en el momento adecuado.

En el caso del programa tenemos bases de tiempo que quizá se pensará en modificar. Aquí no se habla de ajuste debido a que la duración de las bases de tiempo será bastante precisa por ser controlada vía microprocesador.

El presente trabajo se limitará a concretar la metodología de prueba, por lo que no se especificará ningún resultado, ya que ese es precisamente el objetivo del próximo capítulo.

CARGADOR DE BATERIAS.

Será conveniente que para éste punto se vuelva la vis-

ta al capítulo cuarto ya que la figura 4.0 muestra el diagrama del circuito cargador de baterías.

Recordemos que el objetivo de éste circuito es el de cargar la batería en forma automática. Si el voltaje es bajo, SCR1 conducirá permaneciendo SCR2 abierto. Al llegar el voltaje de la batería a 12 V se disparará el zenner provocando la conducción de SCR2 y la aperturá de SCR1.

Para éste circuito resumiremos entonces dos puntos que hay que considerar para la prueba del sistema:

- 1) El voltaje de tierra al ánodo de SCR1 deberá ser de 14 ó 15 volts, es decir de un valor algo mayor que el de la batería completamente cargada para permitir la circulación de corriente.
- 2) Habrá que ajustar el voltaje al que se dispare el zenner. Para lograr eso se podría hacer de dos maneras, la primera sería con una fuente de poder colocada en el lugar de la batería y ajustar el preset R5 de manera que a 12 volts se tengan 11 volts en VR.

La segunda opción, y la más práctica en el campo sería usar una batería nueva ó cargada y ajustar R5 en el punto en que SCR2 empieza a conducir y SCR1 no conduce.

DETECTOR DE VOLTAJE.

Veamos también en el capítulo cuarto el circuito detector de voltaje representado por la figura 4.12.

Para la prueba de éste circuito necesitaremos de alimentar tres fases a la entrada, pero una de ellas la vamos a ir cambiando con la ayuda de un variac. De esta manera podremos verificar el comportamiento para cada fase y además ajustar los valores a los que se quiera detectar bajo y alto voltaje.

La figura 5.1 muestra la configuración que se utilizará para realizar las pruebas.

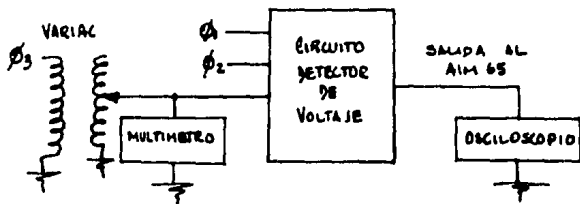


FIGURA 5.1

- 1) El primer paso consistirá en ajustar el variac de manera que a la entrada del circuito detector de voltaje tenga

- 220 volts entre fases. Habrá que ajustar Ra y Rb de modo que no tenga alarma de falla en la red.
- 2) El segundo paso será ajustar el punto al que se requiere activar alarma por alto voltaje. Esto se logrará aumentando el voltaje por medio de la variación del variac hasta obtener la señal de alarma a la salida. Moviendo el preset Ra y viendo el multímetro se podrá llegar al punto buscado.
 - 3) Para el caso de bajo voltaje se hará el proceso inverso, es decir que se irá bajando el voltaje con el variac hasta que se encienda a la salida la alarma. En este caso se ajustará al punto buscado con Rb. Aquí habrá que confirmar también que las condiciones normales se reestablecen con un voltaje superior al considerado como de bajo voltaje.
 - 4) Una vez ajustado el circuito, habrá que alimentar las fases restantes con el variac confirmando el funcionamiento al ajuste previsto.

PROGRAMA DEL MICROPROCESADOR.

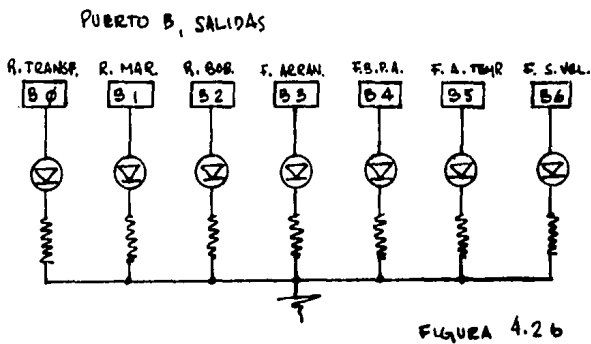
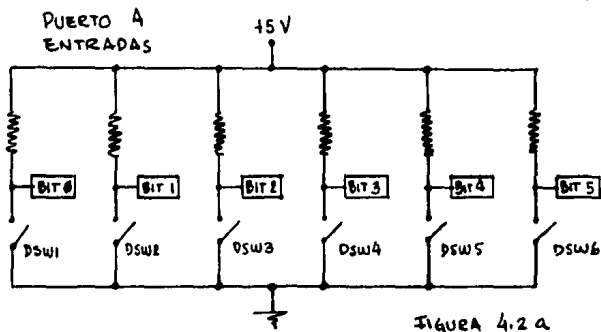
Es muy conveniente el probar por separado el buen funcionamiento del programa. Con tal fin se utilizará la configuración mostrada en la figura 4.2, la cual permitirá alimentar las señales de entrada y de un modo visual, verificar las

señales de salida.

Para armar ésta configuración se requiere de algunas resistencias, siete LED'S y un juego de Dip-switches.

Con objeto de seguir una secuencia de prueba tomaremos como base el diagrama funcional que se muestra en el capítulo tercero.

- 1) Lo primero será establecer las condiciones iniciales, y ésto implica el dejar abiertos todos los Dip-switches con excepción de DSW1. A la salida se verificará que to dos los LED'S permanezcan apagados.
- 2) Se cerrará DSW4 simulando una detección de falla en la red, con lo que se verificará que se encienden los LED'S 1 y 2 de marcha y bobina respectivamente.
- 3) Se dejará que la marcha efectúe sus tres intentos con ~~sus~~ respectivos descansos verificando que los tiempos de duración sean de 10 segundos cada uno.
Al concluir los tres intentos se encenderá el LED 3 in dicando falla de arranque. Después reestableceremos el reinicio del ciclo al cerrar y abrir de nuevo DSW5 de señal de Reset.
- 4) Una vez reiniciado el ciclo desactivaremos la marcha abriendo DSW1 que indicará la confirmación de arranque. Al momento que ésto ocurre, tendremos también que se en ciende el LED o indicando que se activa el relevador de



transferencia.

- 5) Lo siguiente será alimentar señales de falla en el motor, esto lo comprobaremos al cerrar uno por uno los DSW 1, 2 y 3 y observando que se detiene el motor al apagarse el LED indicador de bobina. Habrá que verificar también que al alimentar una falla se encienda también un LED correspondiente a ella.

Se establecerán las condiciones iniciales cerrando y abriendo DSW5 con señal Reset.

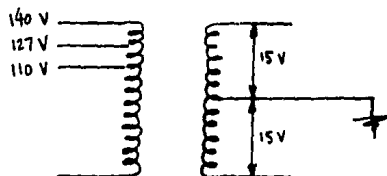
- 6) Por último, a partir de las condiciones del punto 4 se reestablecerán las condiciones normales de la red abriendo nuevamente DSW4. Comprobaremos como se ejecutará la retransferencia después de 3 minutos (LEDO) y como se detiene el motor 5 minutos después de la retransferencia (LED 2).
- 7) Aquí verificaremos que se han reestablecido las condiciones iniciales.

CAPITULO VI.

RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Con el presente capitulo llegamos a tocar la parte medular del trabajo, ya que saldrá a la luz el resultado de muchas consideraciones teóricas y conjeturas.

El primer punto que consideraremos es el transformador para el circuito cargador de baterías. Este fue pensado para conectarse a un voltaje de entrada de 127 V y tener una salida de 15 V, pero para prevenir que las variaciones en la línea modifiquen al voltaje de salida, se colocaron dos taps a la entrada para un valor superior y otro inferior al nominal. El resultado obtenido lo muestra la figura 6.1.



PRIMARIO	SECUNDARIO
140V	15V
127 V	15V
110 V	15V

FIGURA 6.1

Para el caso del ajuste, se colocó una batería cargada y se movió el voltaje de referencia hasta el punto en que el diodo zenner empezó a conducir, ocurriendo ésto para un valor $V_R = 11.3$ V.

Con éste circuito se pudo apreciar un punto muy importante. Se necesita que el cargador funcione solamente cuando la planta está apagada, y será de suma importancia que se desconecte de la batería cuando inicien los intentos de arranque. Esto se debe a que la marcha demanda corriente en gran escala, y puede ocurrir que tal corriente salga del cargador dañándolo.

Para desconectarlo, se hará pasar por un contacto normalmente cerrado de la bobina, pues recordemos que éste relevador tiene dos polos y solamente se utilizará uno. La figura 6.2 nos muestra el caso.

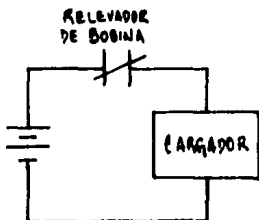


FIGURA 6.2

Para realizar las pruebas del circuito detector de voltaje se utilizó la configuración mostrada en la figura 5.1. Se colocó la alimentación trifásica a 220 V, y una de las fases fué alimentada con un Variac.

El preset cumplió con los parámetros propuestos para bajo voltaje en las siguientes condiciones:

PARA $V_R = 1.5 V$

BAJO VOLTAJE : 165 V

VOLTAJE DE
REESTABLECIMIENTO : 179 V

PARA $V_R = 1.9 V$

BAJO VOLTAJE : 205 V

VOLTAJE DE
REESTABLECIMIENTO : 220 V

La referencia para el bajo voltaje puede ser variada con el preset de un extremo al otro obteniendose los siguientes resultados:

DETECCION
DE FALLA

REESTABLECIMIENTO

0 V →

1 V

15.5 V →

17 V

Luego se consideró el alto voltaje, y se obtuvo que el circuito cumple con las necesidades de la siguiente manera:

PARA $V_R = 2 V$

ALTO VOLTAJE = 235 V

PARA $V_R = 2.4 V$

ALTO VOLTAJE = 278 V

Moviendo el preset hasta sus dos extremos, se encontró que en un lado nunca detectará alto voltaje, y moviendolo hasta el otro extremo lo puede detectar hasta llegar a un valor de 350 V.

Para la prueba del programa se usaron los dos circuitos mostrados en la figura 4.2. Tales circuitos sirvieron para representar las entradas y salidas del sistema.

Siguiendo paso a paso los puntos propuestos por el capítulo anterior, se logró comprobar que el programa cumple en un 100% con las funciones planteadas por los objetivos de diseño. Los puntos que podían haber presentado alguna variación como las bases de tiempo cumplieron perfectamente gracias a la precisión que se obtiene del oscilador de un megahertz.

El siguiente paso correspondiente al enlace de los puertos con los dispositivos de entrada y salida representados

por transistores y optoacopladores, funcionó en forma correcta.

Para las salidas hacia los transistores Tip 48 que manejan los relevadores se midió una corriente de colector de 140 mA cuando se satura. Por otro lado, se midió una corriente de base de 1.5 mA, con lo cual quedamos dentro de las condiciones admisibles para los componentes. Estando pues funcionando correctamente el punto más delicado en el aspecto entradas/salidas.

CONCLUSIONES.

Recordemos brevemente cual fué el objetivo planteado en un principio, éste fué el considerar la conveniencia del uso de un microprocesador en los controles de transferencia.

El caso concreto de éste trabajo fué el desarrollar un control completo para un cierto tipo de motores, y el resultado obtenido fué que conseguimos que las funciones requeridas se cumplieran en un 100%. Es importante anotar aquí que el programa realizado no tiene una complejidad muy grande en tamaño, pero es bastante justificable si consideramos la cantidad de componentes activos y pasivos que hubiera representado hacer el sistema de otro modo.

Es importante también considerar que un programa permite una gran flexibilidad, ya que con gran facilidad podemos variar bases de tiempo ó hasta suprimir y agregar funciones. De la misma manera, mediante el software se puede lograr un control de transferencia universal, es decir, que pueda servir para cualquier tipo de planta de emergencia. Se podría pensar en algún programa modular en el cual mediante habilitar y deshabilitar subrutinas se pueda cambiar la planta que se quiera utilizar.

En éste desarrollo se usó el sistema AIM 65 por las facilidades que se tuvieron para disponer de él, pero resulta claro que es un sistema demasiado sofisticado para nuestro objetivo.

Para el control de transferencia las necesidades son bastante concretas, y se puede pensar en diseñar un circuito impreso donde se alojen solamente los componentes necesarios reduciendo así en mucho la complejidad y el costo.

Del AIM 65 podemos reducir los componentes básicos a los siguientes: Microprocesador, memorias ROM y RAM y puertos de entrada y salida.

El microprocesador utilizado aquí fue como se recordará el 6502, el cual es uno de gran uso actualmente, pero el control podría utilizar quizá alguno más sencillo.

Ocurre algo similar con la capacidad de memoria, en que no necesitaríamos de una capacidad tan grande como la del AIM 65.

Por otro lado, es importante señalar que el control de transferencia es a final de cuentas un sistema que se encarga de controlar un proceso, por lo que viene a sentar la base de lo que sería solamente un controlador a base de un microprocesador.

Para concluir, solo quisiera mencionar que el circuito detector de voltaje tiene por sí solo otras aplicaciones muy independientes del control de transferencia. Tal vez solamente sería necesario hacer alguna modificación en su etapa de salida. Por ejemplo se me ocurre que es muy útil como protección de motores, ya que las variaciones en el voltaje pueden dañar gravemente sus devanados.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) 6502 Assembly Language Programing.
Fernández, Tabler, Ashley.
John Wiley and Sons, Inc.
1983.
- 2) AIM 65 Microcomputer User's Guide.
Rockwell International.
1982.
- 3) R6500 Microcomputer System Hardware Manual.
Rockwell International.
1982.
- 4) Integrated Electronics.
Millman, Halkias.
McGraw Hill.
1982.
- 5) Apple II Reference Manual.
Apple Computer Inc.
1981.
- 6) Electrónica. Teoría de Circuitos.
Boylestad, Nashelsky.
Prentice Hall.
1982.

- 7) Principles of Electricity Applied to Telephone & Telegraph Work.
AT&T.
1965.
- 8) Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia.
Stevenson.
McGraw Hill.
1975.
- 9) Digital Design with Standard MSI & LSI.
Blakeslee.
John Wiley and Sons, Inc.
1979.
- 10) Linear Databook.
National Semiconductor.
1978.
- 11) Optoelectronics Databook.
Motorola.
1980.
- 12) Circuitos Electrónicos y sus Aplicaciones.
Grob.
McGraw Hill.
1982.