

32  
2 ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**  
**"CUAUTITLÁN"**

**SISTEMAS ININTERRUMPIBLES DE  
ENERGÍA**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**  
**P R E S E N T A :**  
**JOSE GUADALUPE MORENO CAMARGO**  
**DIRECTOR DE TESIS:**  
**M. EN C. JUAN ANTONIO NAVARRO MARTINEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1984**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

SISTEMAS  
ININTERRUMPIBLES  
DE  
ENERGIA

# I N D I C E

|   | página |
|---|--------|
| PROLOGO   | 1      |
| INTRODUCCION  | 8      |
| CAPITULO I  |        |
| 1).- Definición de un SFI                               | 13     |
| 2).- Clasificación                                      | 14     |
| 3).- Elementos que los integran                         | 16     |
| SUBDIVISION   |        |
| 4).- Rotatorios   | 20     |
| 5).- Rotatorios con volante                             | 23     |
| 6).- Rotatorios con electrónica                         | 24     |
| CAPITULO II   |        |
| 1).- Subdivisión de SFI estáticos                       | 26     |
| 2).- Rectificadores electrónicos a válvulas             | 31     |
| 3).- Inversores del tipo mecánico                       | 32     |
| 4).- Inversores electrónicos a válvulas                 | 35     |
| 5).- Rectificadores electrónicos con semiconductores    | 37     |
| 6).- Inversores transistorizados excitados externamente | 40     |
| CLASIFICACION PRACTICA DE LOS S F I                     |        |
| 7).- Rectificador controlado por fase                   | 45     |
| 8).- Rectificador Ferrosonante                          | 47     |
| 9).- Diferencias entre:                                 | 50     |
| Rectificador controlado por Fase y Ferrosonante         | 58     |



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



|   |     |
|---|-----|
| <b>DIVERSIDAD DE INVERSORES</b>   |     |
| 10) - Inversores conmutados por capacitor en paralelo                         | 60  |
| 11) - Inversores conmutados por capacitor en serie                            | 64  |
| 12) - Inversores conmutados Armonicamente                                     | 70  |
| 13) - Inversores conmutados por impulso                                       | 79  |
| 14) - Comparación entre Inversores:<br>Ferrosonantes y de Onda Cuasi Cuadrada | 92  |
| 15) - Limitaciones de los SFI más comunes                                     | 94  |
| <b>CAPITULO III</b>   |     |
| <b>ANALISIS DE UN SFI INTERACTUADO</b>  |     |
| 1) - Especificaciones   |     |
| 2) - Rectificador   | 103 |
| 3) - Inversor   | 105 |
| 4) - Mantenimiento  | 113 |
| 5) - Instalación  | 133 |
| 6) - Factores o parametros a considerar en la selección<br>de un SFI          | 143 |
| <b>ANALISIS ECONOMICO</b>   | 150 |
| <b>CONCLUSION</b>   | 151 |
| <b>BIBLIOGRAFIA</b>   | 165 |
|   | 166 |

P R O L O G O



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Sabemos que un sistema de energía eléctrica está constituido por una gran diversidad de cargas eléctricas repartidas y que para satisfacer su demanda de consumo contamos con fuentes de energía eléctrica:

- 1).- Hidráulicas
  - A).- Aprovechando las caídas de agua
  - B).- Usando la energía pluvial
- 2).- Termoeléctricas
  - A).- De combustibles fósiles
    - Petróleo
    - Gas natural
    - Carbon
  - B).- Fisión nuclear

Y estamos de acuerdo en que el suministro de energía eléctrica debe realizarse con una calidad adecuada; para que los aparatos que la utilizan funcionen correctamente.

Así pues la calidad de un suministro eléctrico de energía queda definida por los siguientes factores, los cuales son considerados como requisitos básicos que debe reunir un sistema de energía eléctrica.

- 1).- Continuidad de servicio
- 2).- Regulación del voltaje
- 3).- Control de la frecuencia.

Para asegurar la continuidad del servicio existen ciertas medidas preventivas por parte de la compañía suministradora de energía eléctrica; denominada también red o línea comercial, las cuales son:

- a).- Disponer de la reserva de generación adecuada para hacer frente a la indisponibilidad de cierta cantidad de generación de energía eléctrica, por puesta fuera de servicio o condiciones anormales del equipo.



- b) - Disponer de un sistema de protección automático; que permita eliminar con la rapidez adecuada y necesaria, a cualquier elemento del sistema que se requiera aislar.
- c) - Diseñar el sistema o red de suministro de energía eléctrica comercial de tal manera que en caso de falla, la desconexión de un elemento tenga la menor repercusión sobre el resto del sistema.
- d) - Disponer de los circuitos de alimentación de energía para hacer frente a una falla en la alimentación o suministro de la red comercial.
- e) - Disponer de los medios adecuados para un restablecimiento rápido del servicio, disminuyendo así la duración de las interrupciones, cuando estas no pueden evitarse por salirse fuera de lo previsto considerándose un caso extremo.

Como auxilio a lo referente al diseño del sistema se tienen los siguientes arreglos más comunes :

- Radial
- Anillo
- Red

Dado que los aparatos que funcionan con energía eléctrica están diseñados para operar a un voltaje determinado; su funcionamiento será satisfactorio siempre y cuando el voltaje aplicado no varíe más allá de ciertos límites, de acuerdo al tipo de carga que este represente y el uso que se le este asignando.

Para hacer notar la importancia de este factor citaremos algunos casos de diferentes tipos de cargas de uso común y como son afectadas por la variación de su voltaje:

- a) - Lámparas incandescentes:

Quando estas son sometidas a un voltaje menor del nominal se obtiene una notoria reducción de su flujo luminoso. Una reducción del 10% de voltaje causa una reducción del 30% del flujo luminoso con un consumo de energía de la lámpara del 85%.

3

Cuando se le aplica a este tipo de cargas un voltaje mayor que el nominal, se acorta su vida útil; así pues con un porcentaje igual al anterior de incremento se provoca una reducción de la vida de la lámpara un 30% de lo establecido por el fabricante.

b). - Lámparas Fluorescentes

En estas la variación del flujo luminoso es ligeramente menor que en la incandescente. Sin embargo el bajo voltaje afecta el arranque y encendido de la misma de tal manera que si el voltaje es menor al 90% del nominal, esta no enciende y si es mayor provoca excesivo calentamiento de la balastra mas, en ambos casos redunda en el acortamiento de la vida útil de la lámpara.

c). - Aparatos de calefacción

En estos la energía consumida es proporcional al cuadrado del voltaje aplicado por lo que se ve en forma directa que una reducción del voltaje disminuye considerablemente el calor suministrado por el aparato en cuestión y que un valor excesivo de este acorta la vida del aparato.

d). - Motores de inducción

En este tipo de máquinas el par de arranque es proporcional al cuadrado del voltaje aplicado por lo que si este disminuye el par es reducido notablemente con un incremento de corriente de plena carga, lo que provoca un calentamiento excesivo de los devanados; con la correspondiente degradación del aislante y por lo mismo acortamiento de la vida de el motor.

e). - Equipo Electrónico

Normalmente están diseñados para trabajar dentro de un rango de variación de voltaje más estrecho y por ende más específico.

Ya que la vida de estos equipos se reduce notablemente al funcionar o ser operados a voltajes fuera de los rangos establecidos tanto en porcentaje como en tiempo de variación del mismo debido al hecho de estar constituidos parcial o totalmente por componentes de circuitos integrados; los cuales son energizados por corriente directa (D.C.) através de transformadores reductores incorporados a fuentes regula-

4

das y preajustables, cuyo rango de control muchas veces por la preselección de ese preajuste no esta a salvo o no alcanza a compensar los efectos de las variaciones de voltaje siendo que lo requieren bastante estable.

Un aumento de voltaje aún dentro de los límites de operación de los circuitos integrados provoca un incremento de temperatura la cual afecta el promedio de vida del mismo apesar de la existencia de ambiente acondicionado el cual por un lado no es inmediatamente compensado y por otro la topología y ubicación de los mismos reduce la eficiencia real del aire acondicionado, presentandose así un efecto de degradación paulatina de estos dispositivos, dando lugar a errores lo cual redundan en la confiabilidad del equipo ( ver tabla 1 ).

En lo que respecta a la frecuencia en general; tenemos que las cargas resistivas son las unicas insensibles a las variaciones de esta no así las capacitivas e inductivas, las cuales varían el valor de su impedancia en estrecha relación con la frecuencia.

Su efecto en el equipo electrónico es tal que debe controlarse su rango de variación dentro del  $\pm 1\%$ .

Dentro de esta característica cabe hacer notar la importancia que tiene la pureza de la forma de onda o distorsión armónica, la cual debe ser mínima; ya que esto afecta la conformación senoidal de la tensión. Y la existencia de esas armónicas en determinadas etapas de un equipo electrónico como son en ocasiones los transformadores, afectan notablemente su funcionamiento ya que sus circuitos magnéticos son diseñados especialmente para manejar una onda senoidal y de no cumplirse esto pueden llegar a provocar inestabilidad del voltaje acoplado por el secundario.

Visto de otra forma la presencia de armónicas dentro de la forma de onda fundamental causa pérdidas adicionales; y puede afectar incluso el funcionamiento de cierto tipo de elementos provocando efectos de resonancia física, afectando en forma directa o indirecta por las vibraciones excesivas o los efectos producidos ( falsos contactos, efectos nocivos a las personas ).



TABLA COMPARATIVA DE SENSIBILIDAD ENTRE EQUIPOS DE COMPUTO Y COMUNICACIONES

| AMP. TRANS. % | DURACION ( SEGS ) | CONSECUENCIAS O RESULTADOS<br>COMPUTADORAS | COMUNICACIONES         |
|---------------|-------------------|--|------------------------|
| 0 - 10        | CUALQUIERA        | NINGUNO                                    | NINGUNO                |
| 10 - 20       | 0.1 - 0.5         | ERRORES                                    | INTERRUPCION           |
|               | 0.05 - 0.5        | ERRORES                                    | INTERRUPCION           |
|               | 0.01 - 0.1        | ERRORES                                    | NINGUNO                |
|               | 0.001 - 0.05      | ERRORES                                    | NINGUNO                |
|               | 0.001 - 0.01      | ERRORES                                    | NINGUNO                |
| 20 - 60       | 0.1 - 0.5         | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | APAG VIOLENTO REPETIDO |
|               | 0.05 - 0.5        | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | APAG VIOLENTO REPETIDO |
|               | 0.01 - 0.1        | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | INTERRUPCION           |
|               | 0.01 - 0.05       | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | INTERRUPCION           |
|               | 0.001 - 0.01      | ERRORES                                    | NINGUNO                |
| 60 O MAS      | 0.1 - 0.5         | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | APAG VIOLENTO REPETIDO |
|               | 0.05 - 0.5        | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | APAG VIOLENTO REPETIDO |
|               | 0.01 - 0.05       | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | INTERRUPCION           |
|               | 0.005 - 0.05      | ERRORES/APAG VIOLENTO                      | INTERRUPCION           |
|               | 0.001 - 0.01      | ERRORES                                    | NINGUNO                |
|               | 0.001 - 0.005     | ERRORES                                    | NINGUNO                |

TABLA I



La energía eléctrica generada como corriente alterna ( CA ) a nivel industrial y doméstico es de buena calidad; más la vida cotidiana nos ha demostrado que existen factores que influyen y afectan esta calidad ocasionando que la continuidad de la energía no sea constante de acuerdo al lugar y las condiciones inherentes, las cuales causan que el suministro de la energía eléctrica comercial sea eventual o periódicamente no del todo satisfactoria.

Estos factores están comprendidos en dos grandes grupos y son considerados como:

- 1) - Factores Internos
- 2) - Factores Externos

Dentro del primer grupo se encuentran las variaciones de voltaje inherentes del sistema y la apertura y cierre de contactos ( switch ), arranque de grandes cargas y variaciones de frecuencia por desajuste en los generadores.

Cuando se efectúa la conexión y/o desconexión de los tableros de distribución se llegan a tener transitorios de interrupción de 6 hasta 20 ciclos los cuales ningún sistema, aparatos o dispositivo eléctrico son capaces de compensar, afectando su funcionamiento.

En el caso de arranque de sistemas de cargas muy grandes conectadas a una misma red de distribución causan altas y bajas de tensión las cuales muchas veces quedan fuera de los límites tolerables para los equipos electrónicos de procesamiento de datos; que como se aprecia en la tabla I su sensibilidad es mucho mayor que los de comunicaciones. Provocando errores dentro del procesamiento de datos, mientras que en los equipos de comunicación humana lo más fatal en cierta forma son los apogados repetitivos; haciendo intermitente la comunicación o en caso extremo que no se disponga del servicio durante un lapso considerable.

Aunque raro, en algunas ocasiones esto también puede ser causado indirectamente por no haber considerado un factor de crecimiento y/o seguridad; tanto por parte de los contratantes como de los suministradores en los equipos instalados.

Por último, las variaciones de frecuencia debido a los desajustes en los compensadores de velocidad de los generadores de energía eléctrica, aún a pesar de la inercia establecida por el resto del sistema; lo cual causa estragos en la calidad del suministro de energía, aunque en grado menor a los anteriores.

En el segundo grupo mencionado, se encuentran comprendidas las fallas de las líneas eléctricas ya sea por falla entre ellas o a tierra, ocasionadas accidentalmente, por descargas atmosféricas (rayos) o accidentes no eléctricos que los provocan; causando disturbios, interrupciones e incluso la suspensión total del servicio. Ya sea por daño físico o como consecuencia del disparo de las protecciones contra estas fallas y su tiempo de reactivación por protección del sistema.

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





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



C A P I T U L O I

CLASIFICACION DE LOS S F J



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

La energía eléctrica ha adquirido bastante importancia hoy en día de tal manera que la interrupción de la misma causa trastornos y pérdidas económicas, muchas veces insoportables; ya sea por su duración o su frecuencia, tanto a la industria privada como a las estatales y de servicios.

El gran desarrollo de nuestra moderna sociedad en base a la energía eléctrica requiere entonces de una mayor exigencia de la calidad de esta, facilitando así la elaboración de bienes y servicios por el uso diario de equipos de:

- 1).- Telecomunicaciones
- 2).- Propulsión de vehículos o dispositivos eléctricos
- 3).- Arranque de Maquinas de combustión interna
- 4).- Alimentación de tableros de control en CA o CD
- 5).- Disparo de interruptores eléctricos
- 6).- Iluminación de emergencia
- 7).- Equipos bio-médicos
- 8).- Equipos de procesamiento de datos.

Existen diferentes soluciones a nivel Ingeniería las cuales nos permitan prever, compensar o incluso eliminar desde el punto de vista técnico las interrupciones de energía eléctrica de CA hasta cierto punto normales y cuya selección esta en función de las exigencias inherentes del "sistema" a proteger y/o de las limitaciones económicas que se tenga en cada caso.

Estas pueden ser:

- (I) - Generadores de emergencia
- (II) - Bancos de baterías con convertidor
- (III) - Sistemas de fuerza ininterrumpibles.



Para el primer caso se tendrían algunas limitaciones tales como:

- a) - Tiempo de arranque del equipo, independientemente del de senseo y habilitación
- b) - Tiempo de estabilización tanto de frecuencia como de voltaje en el arranque
- c) - Tiempo de acoplamiento a la carga previa sincronización sin considerar la estabilización posterior al acoplamiento

Esta solución sería ventajosa en aquellos casos en los cuales la carga que energizan no es tan sensible a tiempos de interrupción alto respecto a los aparatos electrónicos, como son: calentadores, hornos, alumbrado incandescente y algunos equipos de CD cuyas variaciones de voltaje no afecten demasiado la función que desarrollan. Su mejor y principal ventaja es que posterior a su arranque, estabilización, sincronía y acoplamiento con la carga, su tiempo de trabajo solo es limitado por la cantidad de combustible disponible o utilización del equipo.

Un hecho que lo hace antieconómico es el de pretender mantenerlo funcionando siempre, para acortar los tiempos de suministro de energía a la carga inmediatamente posterior a una condición anormal. A causa de la relación precio del combustible / costo de kilowatt generado.

En el segundo caso se tendrían un poco más de limitaciones como:

- a) - El tiempo de descarga del banco de baterías como limitación principal, lo cual implica que entre más tiempo de falla se desea cubrir mayor será el tamaño y la cantidad del banco de baterías, lo que incrementa el costo del mismo, a tal grado que puede llegar a hacerlo antieconómico. Tanto por su tamaño físico, costo de recarga, mantenimiento y reposición de celdas de placas, solo tomando en cuenta que el costo de adquisición se incrementa con el tiempo como para efectuar una adquisición considerable de estas, por haberlas trabajado en rangos no especificados como tolerables.

En el caso de que el banco de baterías sea cargado en el sitio de

uso deberá contar con un equipo para tal efecto y a menos que se efectuara el recargado durante el tiempo de falla si esta se prolongara demasiado, se limitaría su uso para interrupciones cortas y esporádicas, con un mínimo de tiempo (igual al de descarga del banco de baterías, sin llegarles a provocar daño o agotamiento excesivo (tanto físico como eléctrico) que posteriormente no permita su recarga.

Su principal ventaja podría verse reflejada en la obtención de un voltaje constante en el momento de acoplamiento con la carga así como un valor de corriente disponible alto; quedando solo el tiempo de inicio en función del equipo de conmutación en cuestión.

Por último el caso de un sistema de fuerza ininterrumpible el cual es una combinación de los dos anteriores teniendo con ello un sistema de protección mucho más ventajoso y con un campo de aplicación mucho más amplio; lográndose también períodos de operación bastante considerables aún cuando el sistema se mantiene en continua operación. Ya que el banco de baterías puede ser cargado simultáneamente sirviendo además como un regulador de voltaje.

En caso de omitirse el generador el tiempo de operación del sistema de protección queda en función del banco de baterías, pero con la ventaja de tener integrado un convertidor de CA-CD estático o rotativo, que permite la carga parcial de las baterías en caso de tener en la línea comercial bajo voltaje o pérdidas momentáneas de este.

La principal ventaja sobre el banco de baterías es que puede ser usado tanto en aplicaciones de CA como de CD.

A tal grado es confiable, satisfactorio y eficiente este tipo de sistemas de protección que hoy en día tiene como principal aplicación la protección y suministro de CA en casos de falla o irregularidades de la red para sistemas de computación y/o procesamiento de datos, por lo que orientamos más su enfoque dentro de este campo.



El continuo progreso económico, esta forzando a nuestra moderna - sociedad a depender del uso de las computadoras; ya que estas, en las transacciones bancarias, mercantiles, control de inventarios, tiempos reales en procesos de manufactura, la enseñanza o investigación y operaciones de transportación aérea han incrementado la productividad en diferentes aspectos lo cual considerando a una computadora y su tiempo de operación como parte real del tiempo de producción hace hasta cierto grado costable el uso y/o adquisición de un equipo el cual nos permita seguir haciendo "producir" a este tipo de dispositivos a pesar de las variaciones ya aún en ausencia del suministro de energía eléctrica comercial normal.

Esto es justificable ya que debido a la sensibilidad que tienen las computadoras ante la fluctuación de energía eléctrica provocan que el sistema o sus dispositivos periféricos se apaguen; en el mejor de los casos ya que lo peor que puede ocurrir tanto económica como en función de tiempo y confiabilidad del equipo es que existan en casos como el mencionado, cambios o alteración de información ya sea en su procesamiento, almacenamiento u obtención final.

Esta es una de las razones más poderosas por las cuales el hombre se ha venido preocupando intensamente en esta era de desarrollo de los sistemas de computación; tanto como productor como consumidor de los mismos, tratando de aislar los sistemas críticos de carga como son los sistemas de procesamiento de datos; de los suministros de energía eléctrica de irregular calidad. Introduciendo equipos capaces de compensar o contrarrestar las interrupciones, variaciones y transitorios inherentes a esa red de distribución comercial.

Como resultado de esto se han desarrollado una gran variedad de aparatos y equipos que hacen permisible aislar los sistemas de información de las variaciones o percances a que esta sujeta la red comercial, los cuales genéricamente se conocen como sistemas de fuerza (interrumpibles).

SIENDO MEJOR CONOCIDOS BAJO LAS SIGLAS:

- 1) - U.P.S. ( UNINTERRUPTED POWER SUPPLY )
- 2) - S.F.I. ( SISTEMA DE FUEZA ININTERRUPTIDA )
- 3) - O BAJO EL NOMBRE DE " NO-BRAKE "

SU PRIMER ANTECEDENTE HISTORICO FUE DEBIDO AL HECHO DE " EVITAR " INTERRUPTIONES EN EL SUMINISTRO DE CORRIENTE ALTERNA DURANTE LAS PRIMERAS FASES DE LA TELEFONIA URBANA.

DISERANDOSE Y PRODUCIENDOSE A PARTIR DE 1939.

S E R I E

E S T A D I C O S

T E R C E R A

G E N E R A C I O N



D E F I N I C I O N

DE UN

SISTEMA DE FUERZA " ININTERRUMPIBLE "

Un SISTEMA DE FUERZA ININTERRUMPIBLE es un sistema de protección para una carga considerada como crítica.

Su principal FINALIDAD es:

1). - PROPORCIONAR ENERGIA eléctrica "por algunos minutos u horas" o en FORMA INDEFINIDA en caso de ocurrir una FALLA "total, parcial o esporádica". En la línea de SUMINISTRO COMERCIAL; PERMITIENDO en el caso de una computadora, TERMINAR un proceso o PROGRAMAR su APAGADO; PROTEGIENDO así la ELABORACION DE LA INFORMACION.

En el caso de otros dispositivos de funcionamiento delicado, su APAGADO EN SECUENCIA o su CONTINUO FUNCIONAMIENTO, hasta la RESTAURACION del servicio de la red comercial con los requerimientos necesarios.

2). - AISLARLA contra los TRANSITORIOS o DISTORSIONES de voltaje de la línea comercial provocados por SWITCHEOS, DESCARGAS ATMOSFERICAS o FALLAS EXTERNAS, através de circuitos de senseo para tal fin dentro de un lapso de tiempo no CRITICO para la carga, dando lugar a la eliminación de la red comercial y el suministro simultáneo de energía através de ellos.

3). - De una forma particular e individual: REGULAR LA CALIDAD, CONTINUIDAD Y CARACTERISTICAS de la energía eléctrica que se proporciona a la carga.

La forma en la cual desarrolla su función depende de diferentes factores tales como el fabricante, el metodo y tecnología usados, tanto de construcción como de diseño.

Se considera que en el año de 1939 queda marcado el surgimiento de estos equipos de protección, aunque para fines telefónicos, y que por lo mismo de su época de surgimiento, antes de llegar a tener la confiabilidad de que gozan hoy en día, fueron evolucionando de máquinas básicas, que no necesariamente tienen una correspondencia uno a uno en cuanto a funcionalidad respecto a los actuales; ya que se reconocen varias generaciones de estos sistemas.

Realmente se consideran dos grandes divisiones dentro de la evolución de estos sistemas, cuyas diferencias más marcadas se establecen a continuación.

1) - SISTEMAS DE ENERGIA ININTERRUMPIBLES ROTATORIOS

Reciben este nombre debido a que como parte principal de estos la constituye una o más máquinas rotatorias con características bien específicas a una función.

2) - SISTEMAS DE ENERGIA ININTERRUMPIBLE ESTATICOS

Como es de suponerse este grupo ya no hace uso de máquinas rotativas como parte esencial del sistema sino de dispositivos eléctricos y electrónicos en su mayoría; tanto de tubos al vacío, transformadores y semiconductores como de circuitos integrados, para la conversión de CA a CD (rectificación) como de CD a CA (inversión).

AMBOS GRUPOS CON SUS RESPECTIVAS LIMITACIONES Y VENTAJAS.



De acuerdo a la anterior división; dentro de estos dos grandes grupos se enmarcan cuatro etapas de evolución o generaciones de los SFI.

1).- ROTATIVOS

Por medio de máquinas puramente rotativas dentro de sus etapas principales.

2).- ELECTRONICOS

Los cuales hacían uso de válvulas al vacío en las etapas de control, rectificación e inversión.

3).- DE ESTADO SOLIDO

Mediante rectificadores de estado sólido y transistores dentro de todas sus etapas.

4).- DE CIRCUITOS INTEGRADOS

Denominados así por efectuar el control mediante estos, las diferentes etapas del SFI de estado sólido.

Como puede apreciarse de esta clasificación, su evolución esta en función del avance tecnológico y de este reciben su apelativo nominal.

Nos avocaremos a analizar un poco más detenidamente los correspondientes a la tercera y cuarta generación debido a su mayor uso, importancia actual y confiabilidad eléctrica.

En cambio los correspondientes a la primera y segunda generaciones solo usaremos diagramas de bloques con una breve y somera explicación global de su funcionamiento.

ELEMENTOS  
QUE LOS  
INTEGRAN

Respetando el orden de clasificación global de estos equipos:

1).- Un sistema ininterrumpible rotatorio básico consiste de las etapas mostradas en la figura 1 y son:

1).- PRIMOTOR DE CA/CD

Es una máquina rotatoria, la cual convierte la energía alterna de la línea comercial o corriente directa del banco de baterías; en movimiento, para entregarlo a un alternador.

Así como proporcionar la energía de CD al banco de baterías en presencia de CA normal.

2).- ALTERNADOR

Es el encargado de producir la energía alterna requerida con una frecuencia predeterminada bajo diseño, para suministrarla a la carga.

3).- BANCO DE BATERIAS

El cual tiene como función principal el suministro de CD, en casos de ausencia de CA a los devanados de CD del primotor en cuestión.

4).- "BY PASS"

No es sino un dispositivo de desviación de la trayectoria eléctrica por motivos de seguridad y funcionalidad para efectuar el suministro de energía constantemente a la carga y provee la posibilidad de mantenimiento de las máquinas rotatorias, el sistema en su totalidad o la eliminación del mismo.

5).- SERIALIZACION

Proporciona al usuario la indicación visual acerca del estado funcional del sistema por medio de un panel luminoso que normalmente contiene el diagrama unifilar del sistema.

6).- TRANSFERENCIA

Es la etapa encargada de efectuar la conmutación de la fuente de energía ( en este caso el SFI o la línea comercial ); mediante interruptores mecánicos o electromecánicos.



C L A S I F I C A C I O N

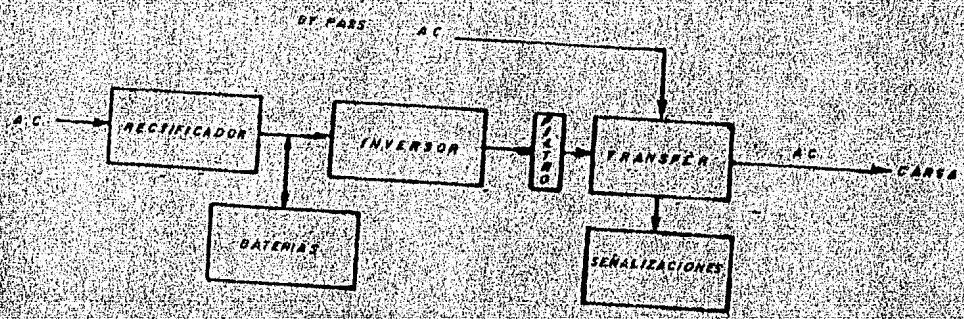


FIG. 2. - DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SPFI ESTÁTICO

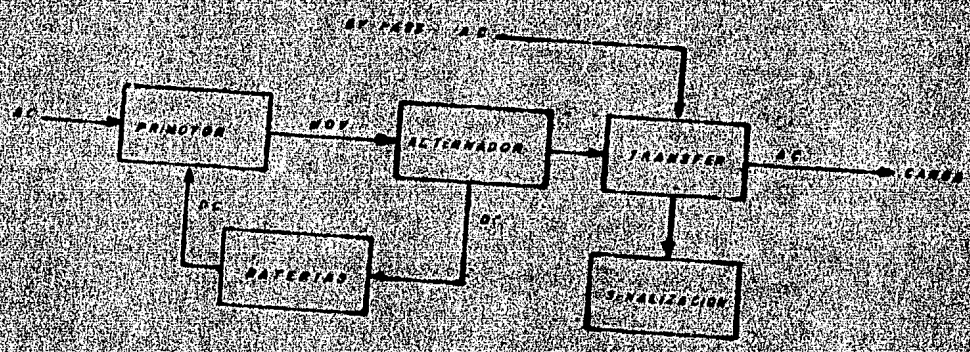


FIG. 1. - DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SPFI ROTATIVO

11).- Un sistema de energía ininterrumpible electrónico consiste básicamente de los módulos mostrados en la figura 2 de los cuales algunos son considerados como pequeños sistemas dada su mayor complejidad respecto a los rotatorios.

#### 1).- SISTEMA RECTIFICADOR

Este convierte la energía de CA en CD la cual es usada con dos fines:

- a) - Alimentar al inversor con la totalidad de su energía rectificada.
- b) - Restaurar la energía agotada del banco de baterías ya sea en forma independiente o conjunta del funcionamiento del SFI dependiendo del arreglo y desarrollo tecnológico en cuestión.

#### 2) - BANCO DE BATERIAS

El cual tiene como función:

- a) - Almacenar la energía de CD para posteriormente proporcionarla al inversor.
- b) - Regular el voltaje de entrada al inversor, actuando como recortador/regulador.

#### 3) - SISTEMA INVERSOR

Tiene como función principal convertir la corriente directa suministrada por las etapas anteriores a CI en corriente alterna de ahí su nombre ya que actúa a la "inversa" de un rectificador y que en función de su diseño pueda operar desarrollando una u otra función.

#### 4) - FILTRO

Tiene como función la de mejorar, determinar o conformar la forma de onda obtenida en el inversor. Por lo general es una forma de onda senoidal independientemente de la frecuencia a la que trabaje la carga en particular.

#### 5) - SISTEMA DE TRANSFERENCIA

Su función primordial es la de conmutar la energía, en este caso CA, de tal manera que la carga siempre este alimentada por este tipo de energía previa sincronización de la línea comercial y el inversor evitando tiempos prolongados de switcheo o efectos indeseables de estos.



Esto se lleva a cabo mediante interruptores del tipo:

- a).- Termomagnéticos :- Controlados eléctricamente, como relevadores o contactores, ambos de alta velocidad de conmutación.
- b).- Estáticos :- Controlados electrónicamente, normalmente dispositivos semiconductores de estado sólido, de la familia de los tiristores ( Ver apéndice ).

En ambos casos la transferencia puede efectuarse manual o automáticamente; con el fin de proporcionar energía a la carga por cualesquiera de los sistemas, con la consecuente eliminación de uno de ellos.

#### 6).- SISTEMA DE SERIALIZACION.

Proporciona la señalización correspondiente al estado de operación de las diferentes etapas del SFI a dos niveles:

- a).- Mantenimiento preventivo/correctivo
- b).- Informativo para el usuario o cliente.

Llevándolo a cabo mediante sensores y o transductores, los cuales además de proporcionar las señales de activación de los circuitos de protección, en algunos casos nos permiten simular casos de falla, permitiendo así efectuarse las acciones preventivas automáticas y las indicaciones luminosas en los tableros correspondientes, graficando así el sistema y brindando información de su estado operativo. Ayudando así a la solución de fallas o condiciones anormales de funcionamiento.

Las etapas de mayor importancia se consideran la de inversión y la de rectificación, dependiendo de estas el grado de funcionalidad del sistema.

Como se mencionó anteriormente, los SFI rotativos prácticamente están constituidos por máquinas rotatorias en su totalidad, a excepción de las áreas de control, por lo que necesariamente las convierte en equipos sumamente voluminosos, ruidosos y con un índice de disipación de calor muy alto; todo esto en forma directamente proporcional con la capacidad de la carga a manejar, sin olvidar su alto grado como fuentes generadoras de vibración hacia las construcciones y por ello, requerimientos de cimentación especial. Más a pesar de esto poseen un grado bastante aceptable de funcionalidad.

Ahora bien, fuerón estos a los que les toco iniciar la apertura de un campo nuevo dentro de la protección de cargas, en cuanto a suministro de energía.

Dentro de estos sistemas rotatorios tenemos una subdivisión que conforma tres grupos que son:

- 1).- EXCLUSIVAMENTE ROTATORIOS
- 2).- ROTATORIOS CON VOLANTE
- 3).- ROTATORIOS CON ELECTRONICA.

#### SFI EXCLUSIVAMENTE ROTATORIOS.

Dentro de este primer grupo se considera como típico el arreglo de la figura 3. En la cual actúa como primotor una máquina con doble devanado de campos magnéticos, uno para CA y otro para CD, acoplado mecánicamente en forma directa al generador de CA.

Básicamente la línea comercial era normalmente conectada al devanado de CA de este primotor, proporcionando así la fuerza motriz necesaria para que el alternador llevara a cabo su función.

En caso de ausencia de CA, los devanados de CD serán conmutados automáticamente al banco de baterías, proporcionando un régimen de trabajo casi continuo; salvo por la pérdida de inercia del primotor en el momento de conmutación, operando hasta la descarga del banco de baterías.

Como dispositivo de conmutación se hacía uso de un contactor, energizado por CA de la línea comercial; el cual en presencia de esta mantenía abierta la trayectoria del circuito de alimentación a los devanados de CD, completándose esta en su ausencia, logrando así la protección de la carga.

Las desventajas de este sistema eran :

- Mala regulación del voltaje de salida
- Tiempos excesivamente grandes de conmutación en ausencia de CA, causados principalmente por la inercia mecánica, robustez y magnetismo remanente del contactor.
- Algunas veces, variación de frecuencia a la salida, por las mismas variaciones de la línea comercial que la inercia del primotor no lograba compensar.
- Alto costo de mantenimiento correctivo.

Como puede apreciarse se tenía un grado considerable de ineficiencia, ya que el equipo estaba diseñado para operar únicamente en caso de ausencia de CA, dando lugar solo a una menos mala calidad de suministro eléctrico a la carga a proteger.

Cuando la CA retornaba y el primotor operaba bajo la línea comercial, proporcionaba CD al banco de baterías, lo cual era limitado por un relé operado manualmente.



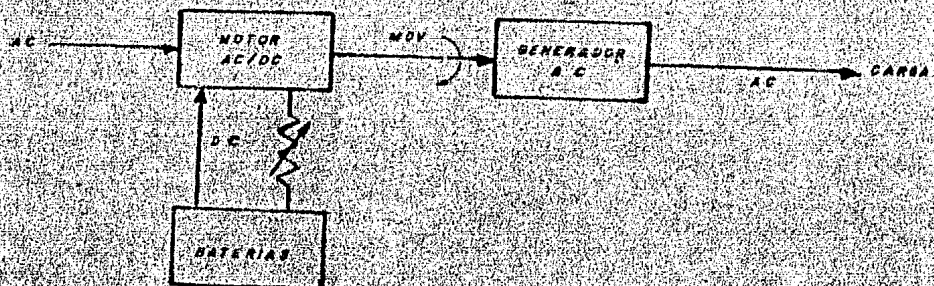


FIG. 1 - DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SISTEMA ROTATIVO

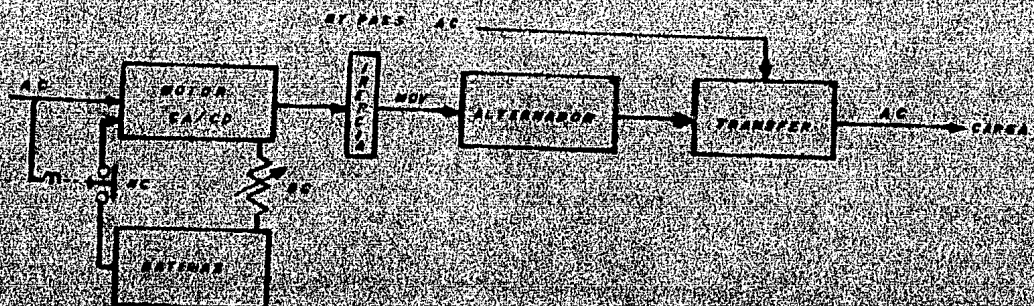


FIG. 2 - SFI ROTATIVO CON VOLANTE DE INERCIA

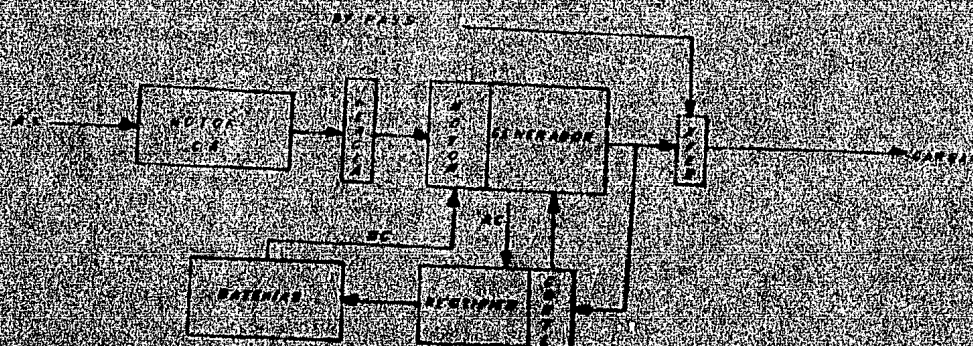


FIG. 3 - DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SFI ROTATIVO CON GENERADOR

Básicamente, este sistema es el mismo al anterior físicamente, ya que presenta dos modificaciones. Una modificación mecánica, que consiste en un volante de inercia entre el acoplamiento mecánico del primotor y el alternador. Cuyo peso y dimensiones variaban de acuerdo a las potencias de las cargas a manejar y de las cuales era característico los valores de 1000 y 3500 Kgs de masa de inercia.

La otra innovación consistía de una etapa de transferencia entre la línea comercial y el SFI, ( ver fig 4 ).

Gracias a la energía de inercia desarrollada por el volante, se mantenía constante la velocidad después del arranque, permitiendo en caso de ausencia de CA; mientras se efectuaba la conmutación de alimentación a los devanados de CD, obtener lapsos de tiempo hasta de incluso varios segundos, sin variación en la velocidad del alternador. Lo cual redundaba en la obtención de una mejor calidad de servicio eléctrico en cuanto a variaciones de voltaje y frecuencia durante la conmutación, eliminando el inconveniente de conmutación y cubriendo más necesidades.

Como era de esperarse, esta innovación fue bastante bien acogida por los fabricantes y/o usuarios de equipo electrónico, principalmente el destinado al procesamiento de datos, los cuales por conveniencia tanto de diseño como por razones político-económica de los fabricantes se adoptaban valores de frecuencia fuera de los comerciales. Usando entonces un primotor de 60 Hz y un alternador que hacía las veces de convertidor de frecuencia de hasta 115 ciclos.

Se erguía que era para disminuir el factor de rizo al rectificar, mayor inducción del voltaje y al dar exclusividad a sus diseños de equipo, haciéndolos más confiables de acuerdo a lo anterior.



## SFI ROTATIVO CON ELECTRONICA.

Se marco el inicio de la era electrónica, gracias al desarrollo de interruptores y demás dispositivos mediante valvulas al vacío. Las cuales hicieron posible la conversión de corrientes alternas a directas sin necesidad de máquinas rotativas para tal efecto.

La principal aplicación ventajosa de esto fué en la rectificación de grandes valores de corriente a mucho menor costo y la consiguiente reducción en volumen, obteniendose además un sistema híbrido, mecánico-electrónico. Usando esta última para controlar las máquinas rotatorias en su modalidad de generadores ( figura 5 ).

Básicamente, este sistema consta de un motor de CA y de un moto-generador, acoplados por un volante de inercia con su respectivo banco de baterías; una unidad electrónica de rectificación y otra de control frecuencia-voltaje.

La circuitería de conmutación es similar a las anteriores, salvo el uso de valvulas al vacío, para controlar la calidad del servicio eléctrico.

En el caso de existir CA comercial, el moto-generador alimentará tanto a la carga como al banco de baterías, mediante el rectificador de tubos al vacío; con diferentes valores de corriente, uno para restablecer solo las pérdidas internas de la batería y la otra para reponer la descarga del banco de baterías por uso bajo falla.

Recuerdese que la frecuencia debía controlarse muy estrechamente, ya que algunos equipos electrónicos requerían de una frecuencia mayor a los 60 Hz; lo cual demuestra en cierta forma la mayor funcionalidad del control por tubos al vacío. Ya que debían controlar la aceleración, frenado, disminución o aumento de la excitación del generador o del primotor incorporado.

La aplicación de estos sistemas fué muy relevante en la conversión de energía eléctrica de CA a CD especialmente en altos voltajes.



Más como era de esperarse, de algo que inicia una nueva era tecnológica, tenía algunas desventajas como:

- Alto grado de disipación de calor por la calefacción inherente de las valvulas y tamaño de estas.
- Regular control de frecuencia y voltaje
- Alto costo de mantenimiento preventivo de la área electrónica, por requerir de personal más capacitado en esta especialidad.

Como puede apreciarse; los arreglos básicos iniciales, su implementación y funcionamiento a pesar de su "sofisticación" fueron muy rudimentarios y se les han encontrado hoy en día más desventajas en la forma de llevar a cabo su cometido.

Al mencionar el término sofisticado es solo para indicar que se pretendía un funcionamiento modular y sobre todo, permitir al usuario el manejarlo en forma más automáticamente.

Todo esto ha dado lugar a diferentes arreglos tanto físicos como topológicos en estos sistemas de los cuales algunos de ellos aún en nuestros modernos días siguen trabajando "satisfactoriamente" gracias a que se les han hecho adaptaciones híbridas de tecnología, prevaleciendo, por ejemplo las máquinas rotativas.

C A P I T U L O I I  
S E I E S T A T I C O S



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Como quedo establecido en la clasificación de los diversos tipos de SFI dentro de su evolución tecnológica toca ahora el turno a los ESTATICOS los cuales a su vez se subdividen en:

- I) - ELECTRONICOS
- I(I) - DE ESTADO SOLIDO
- I(II) - DE CIRCUITOS INTEGRADOS

A manera explicativa de el término electrónicos de la primera subdivisión de este grupo cabe aclarar, que se usa para especificar exclusivamente el uso de valvulas electrónicas al vacfo como componentes principales dentro de lo que debe considerarse las etapas principales del SFI que siguen siendo los sistemas de rectificación e Inversión así como la circuiteria de control; a proposito de la que no se obtiene mucha información dada la "protección" buscada por los fabricantes por medio de patentes o secreto profesional tanto de la o las casas matrices como de los empleados y técnicos profesionales. Razón por la cual se hará solo incapié en las áreas antes mencionadas lo más ampliamente posible sin intentar llegar a análisis o explicaciones metamáticas las cuales dependan de consideraciones algunas veces especiales que van de acuerdo a la función del arreglo o técnicas usadas para lograr la adecuada funcionalidad de estas etapas.

Como era de esperarse en este grupo también se dieron mezclas de tecnologías es decir que no fué puramente la valvula al vacfo si no que se tuvieron dispositivos rectificadores:

- De valvulas electrónicas
- Rectificadores de selenio
- Rectificadores semiconductores de estado solido.

En cambio la etapa de Inversión se implementó mediante:

- Dispositivos mecánicos
- Valvulas al vacfo
- Transistores
- Rectificadores semiconductores de estado sólido controlados

Y que en su conjunto obedecen a arreglos como el mostrado en la siguiente figura.

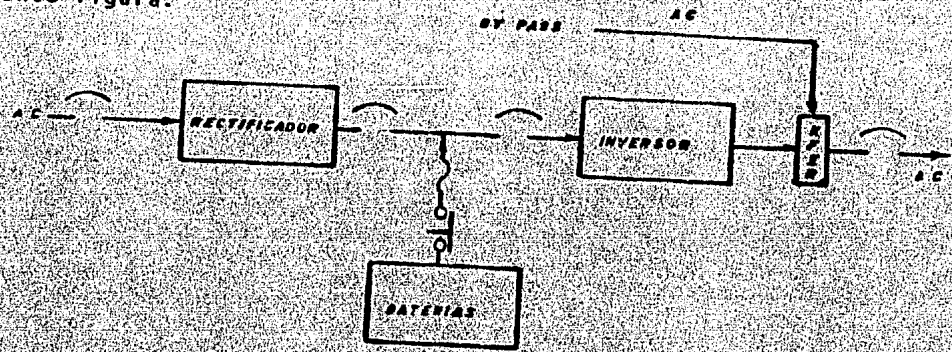


FIG. 6 - DIAGRAMA A BLOQUES DE UN R.P.U. TÍPICO DE LA SEGUNDA GENERACION

A continuación se verán algunos ejemplos típicos y básicos, en forma individual de estas secciones. Como nota adicional diremos que mientras que en un circuito rectificador, la transferencia de corriente de una válvula o dispositivo rectificador ocurre en forma natural y automáticamente debido a la alternancia inherente de la red comercial tomada como alimentación a esta etapa; en el proceso de inversión esta transferencia de corriente viene a ser uno de los principales problemas para llevar a cabo ésta satisfactoria y prácticamente.

El término conmutación es usado para designar la transferencia de conducción de corriente de una válvula a otra, tanto en rectificación como en inversión.

Un ciclo de conmutación implica varios eventos entre los cuales los más relevantes a enmarcar y que son incluso requeridos son:

- a). - La reducción de la corriente a cero.
- b). - Tiempo de reaplicación de voltaje a la válvula o dispositivo en cuestión, para alcanzar el valor del voltaje de bloqueo directo.
- c). - Tiempo de inicio de conducción de corriente, el cual también está en función del dispositivo en uso.

Todo esto se resume en dos términos muy conocidos a nivel parámetro en el uso de dispositivos de switcheo que son el tiempo de encendido y apagado, y de como llevarla a cabo.

Dado que normalmente en ambos tipos de circuitos de conmutación se usan mínimo dos válvulas o dispositivos semiconductores; a excepción de el mecánico, la transferencia puede efectuarse simultánea ó secuencial y ordenadamente, haciendo uso de esta última y a través de diferentes técnicas de control para llevarla a cabo.

Se dice que en circuitos inversores de baja frecuencia prácticamente el tiempo requerido para una conmutación completa está determinado por las constantes de tiempo del circuito de control, mientras que para inversores de alta frecuencia las características de los elementos usados son los que vienen a establecer y en cierta forma a limitar el tiempo para un ciclo de conmutación.



Por otro lado la técnica usada (no en función de la construcción de los componentes sino de la forma en sí de llevar a cabo algo) en cada arreglo en forma particular para reducir la corriente a cero y eliminar su voltaje de polarización directa hasta lograr el valor de bloqueo o apagado es la principal variante en los diferentes circuitos inversores diseñados.

Los equipos inversores son divididos en dos tipos que son:

- 1).- AUTOEXCITADOS
- 2).- EXCITACION INDEPENDIENTE O SEPARADA

En el primer caso el circuito es auto oscilante.

En el segundo caso quedan comprendidos aquellos en los cuales se usa un circuito oscilador previo al de potencia.

En los autoexcitados se regula generalmente de un transistoro inicial de arranque mientras que los otros dependen de la posición o situación del ciclo del oscilador impulsor cuando la corriente directa le es aplicada.

El inversor más sencillo dentro de los de excitación independiente o separada es el de válvulas las cuales interrumpen la conducción de corriente como respuesta a una señal externa; suministrada por switches mecánicos, motores o arreglos de tubos al vacio o transistores.

Se reconocen también dos métodos básicos para llevar a cabo la conmutación en inversores:

Aquellos en los cuales las válvulas son gradualmente conmutadas de encendido "ON" a apagado "OFF" (conducción y corte de energía a través de ellas respectivamente).

Y aquellos en los cuales la conmutación es abrupta es decir trabajan en forma o modo de switcheo.

Para este último caso se requieren de dispositivos que permitan este tipo de trabajo en forma "natural" o que lo logran a través de

circuitos auxiliares de control o circuitos auxiliares de baja impedancia para derivar la corriente a través de ellos y lograr su bloqueo para prevenir efectos transitorios elevados, especialmente cuando se manejan cargas de gran inductancia.



## RECTIFICADORES ELECTRONICOS DE VALVULAS

Como mencionamos anteriormente el desarrollo de las valvulas al vacío o bulbos traen consigo un gran avance tecnológico y en este caso nos permite la total eliminación de las máquinas rotativas incorporadas en el SFI a excepción de cuando se hace uso de generadores auxiliares como otra opción de suministro de energía eléctrica en lugar de la línea comercial, en caso crítico o como indispensable dada la configuración de SFI.

Un ejemplo típico es la figura B que muestra la etapa de rectificación de un SFI de esta generación el cual hace uso de un transformador cuyo devanado secundario es simétrico y hace uso de una derivación central como neutro, teniéndose entonces el mismo valor de tensión en ambos devanados.

La valvula rectificadora solo permite la circulación de electrones a través del "vacío" practicado en ella bajo una condición de polarización directa; ánodo o placa positiva respecto a cátodo, por lo que en nuestro caso al estar sujetas a una corriente alterna su condición sera de la misma naturaleza, para cada medio ciclo. Logrando entonces una rectificación de onda completa, la cual opcionalmente puede ser filtrada y aplicada tanto al banco de baterías como al inductor o a ambos, viéndose en cualquiera de los casos afectado el tamaño y capacidad del transformador, así como la circuitería auxiliar para lograr conjuntar estas opciones y opere satisfactoriamente.

Debido a su factor de desempeño práctico y confiable la configuración de este tipo de rectificador es usada normalmente en esta etapa, salvo pequeñas variantes que afectan más a la circuitería auxiliar y en menor proporción al transformador.



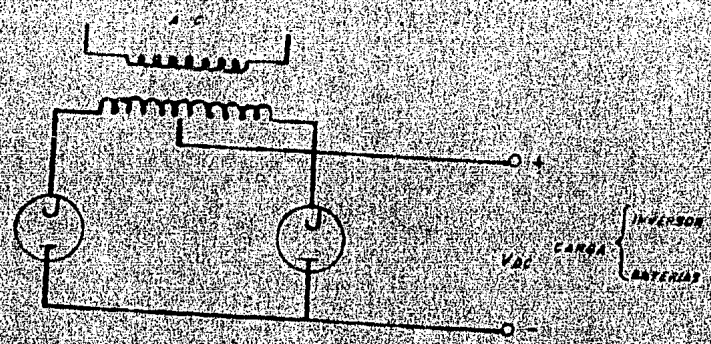


FIG. 2 - CIRCUITO RECTIFICADOR DE VALVULAS AL VACIO

## INVERSORES DEL TIPO MECANICO

Se considera que este tipo de inversores es muy práctico y considerablemente de alta eficiencia, ya que no se tienen pérdidas de energía en el switcheo el cual es efectuado abruptamente y cuya supresión de transitorios son eliminados por medio de sendos circuitos RC ( Resistencia y Capacitor , en serie ) conectados en paralelo a los contactos de switcheo.

Un circuito básico de este tipo de Inversores se muestra en la figura y así como las formas de onda durante su operación. Como puede verse consiste de un banco de baterías, un transformador con derivación central y un oscilador mecánico al cual se controla (la apertura y cierre de sus contactos) magnéticamente, permitiendo el paso de CD del banco de baterías a través de la derivación central del transformador hacia una u otra rama del devanado primario induciendo así una CA en el devanado secundario con una forma de onda bastante aceptable aún sin el uso de filtro.

Como puede apreciarse la tensión en el contacto opuesto al de conducción en ese preciso momento es del doble del valor suministrado por el banco de baterías lo cual los hace muy susceptibles al flameo lo cual podría en un momento dado causar ruido o aparición de un alto contenido armónico indeseable.

Este arreglo fue inicialmente usado con valvulas al vacío tan solo para suministrar carga lenta a la batería, ya que de lo contrario se hacía incosteable su uso dado el tamaño y costo de un tubo rectificador que alcanzara a proporcionar la cantidad de corriente requerida en caso contrario.

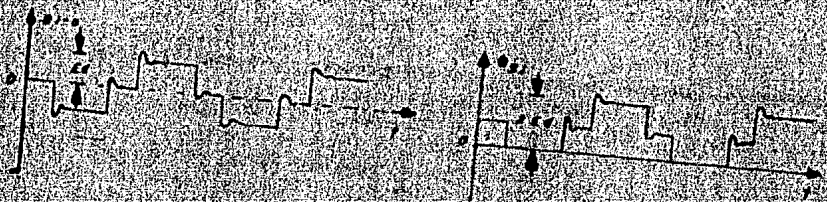
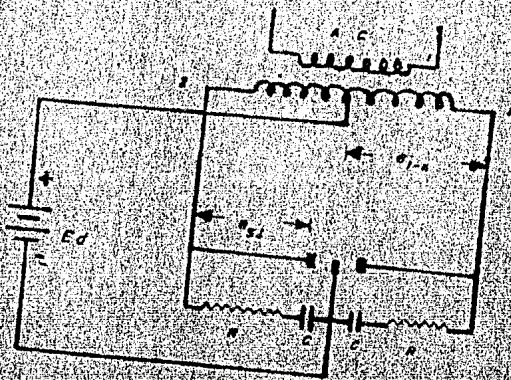


FIG. 7 - INVERSOR DEL TIPO MECANICO Y FORMAS DE ONDA



## INVERSORES ELECTRONICOS DE VALVULAS

En cuanto a circuitos inversores surgidos en este periodo tecnológico los arreglos más notorios por funcionalidad, confiabilidad fueron los implementados con:

AMPLIFICADORES DE CLASE "A"

AMPLIFICADORES DE CLASE "C"

Aún cuando en ambos casos las fuentes de excitación usadas nos permitían la obtención de una onda senoidal, cuadrada, cuasi-cuadrada o diente de sierra; recibiendo de ello su nombre, las fuentes de excitación eran independientes.

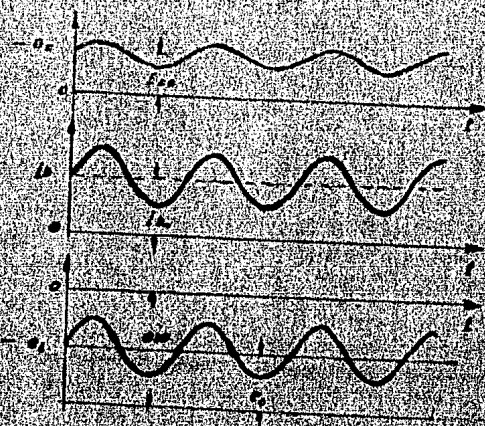
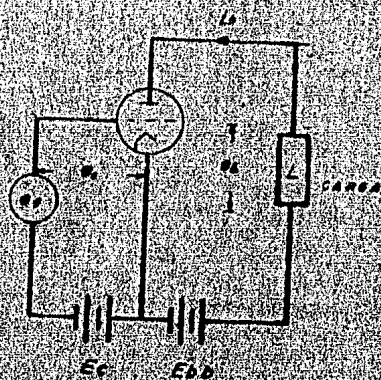


FIG. 1. CIRCUITO INVERSOR MEDIANTE AMPLIFICADOR CLASE "A"

La principal ventaja de este circuito es el manejo (o amplificación si así se desea) de una forma de onda dentro de  $360^\circ$  eléctricos, lo cual lo hace óptimo para el manejo de cargas que requieren un mínimo de distorsión en su forma de onda; ya en la amplia región de trabajo que se le puede asignar no distorsiona la forma de onda en sus ejes de simetría o pasos de referencia cero.

Su desventaja respecto al otro grupo de amplificadores usados como inversores es la cantidad enorme de energía desperdiciada para solo polarizarlo lo cual lleva consigo una alta generación de calor.

### INVERSOR DE VALVULAS TIPO AMPLIFICADOR CLASE "C" (Figura 10)

Este tipo de Inversor puede verse como una modificación del tipo "A" con la única diferencia de amplificar solo el 40% de la forma de onda alterna positiva; ya que su nivel de polarización es menor por su componente de CD lo cual sitúa al transistor a operar más cercano a la región de corte. Actuando como un circuito recortador y compensando sus efectos en la carga mediante el uso de un circuito resonante LC en el cual se almacena la energía eléctrica en los lapsos de conducción "administrandola" de tal forma que se obtiene la "conformación" de una onda senoidal.

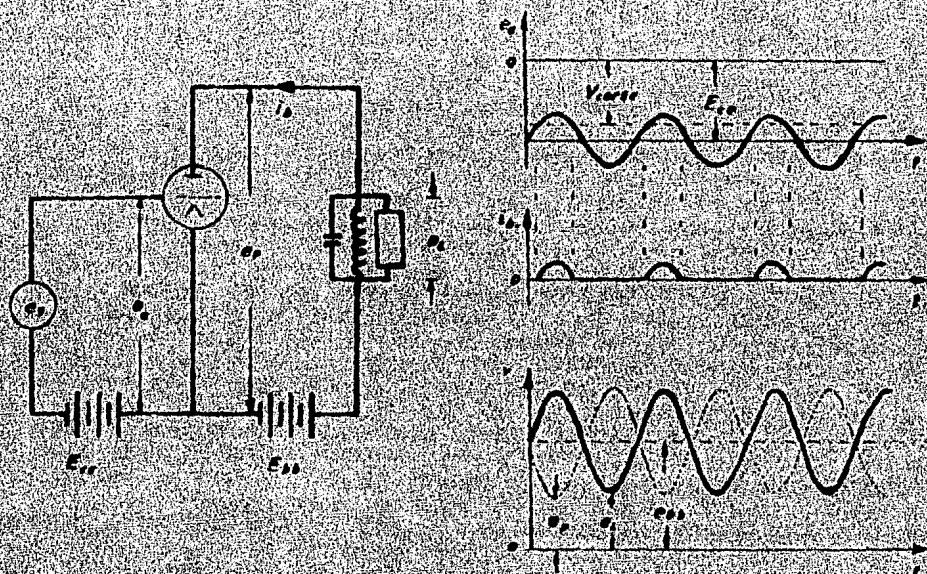


FIG. 10 - CIRCUITO INVERSOR POR AMPLIFICADOR CLASE "C"

Este circuito permite un desarrollo de eficiencia hasta de un 80% siendo interactuado en el 5FI como en el caso anterior, con un rectificador de bulbos o selonio lograndose una reducción considerable de temperatura por parte de la valvula al vacío y los valores de voltaje y corriente de polarización.



Dentro del avance de la tecnología tenemos el logro de un nuevo paso con la aparición del diodo de estado sólido el cual desplaza ventajosamente en varios aspectos dentro de la aplicación de potencia a las válvulas electrónicas tanto física, térmica, electrónica y eficientemente. Debido a menores pérdidas por polarización excepto el manejo de menores valores de voltaje de polarización inversa, aunque en la actualidad ya se han superado estas pequeñas desventajas.

Posterior a este maravilloso descubrimiento en el área de los semiconductores tenemos un nuevo dispositivo denominado transistor; (TRANS-Transformador ISTOR-Resistor) que a su inicio presenta ciertas limitaciones en el manejo de grandes corrientes respecto a las válvulas electrónicas amplificadoras y que junto con el diodo semiconductor desplazan la tecnología de válvulas al vacío. Dando lugar a un amplio desarrollo dentro de la electrónica de los semiconductores y con esto una gran diversidad de diseños de SFI que tienden a reemplazar, emular y aventajar funcionalmente a los arreglos anteriores.

Como podrá apreciarse en todos los arreglos que vamos a ilustrar, tanto en circuitos inversores como rectificadores se hace uso "indispensable" del transformador.

La figura 11 ilustra un circuito rectificador básico mediante diodos semiconductores de estado sólido el cual viene a sustituir al rectificador electrónico de válvulas al vacío con correspondencia uno a uno de sus componentes y funciones por lo que no se entrará a mayores detalles.

En este arreglo se tiene una mayor ganancia en cuanto a espacio, disipación térmica e incluso estético sobre el de válvulas además de la inherente confiabilidad de trabajo y resistencia física.

En el arreglo de la figura 12 la cual incluye una inductancia como filtro y amortiguador, permiten proporcionar a la carga un voltaje más constante y uniforme y redundan también en beneficio de los diodos los cuales conducirán un valor eficaz de corriente menor con la única diferencia de ser cambios abruptos lo cual implica el uso de diodos dentro de un rango mucho mayor al de trabajo para compen-



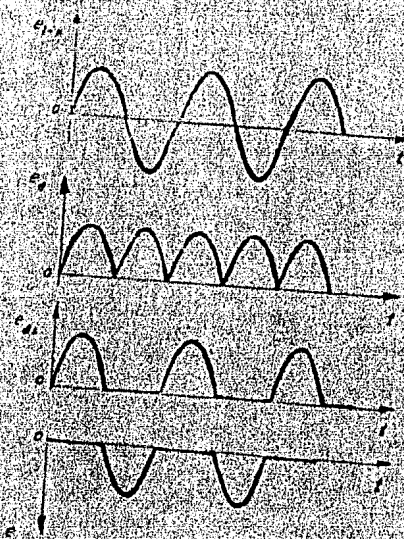
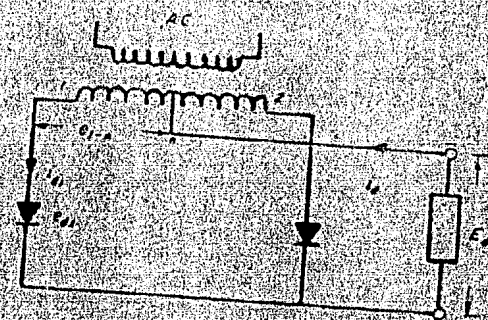


FIG. 11 - CIRCUITO RECTIFICADOR DE ESTADO SOLIDO

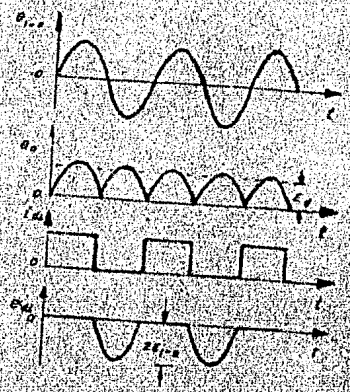
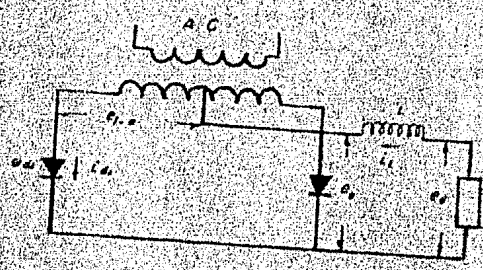


FIG 12 - RECTIFICADORA CON FILTRO INDUCTIVO

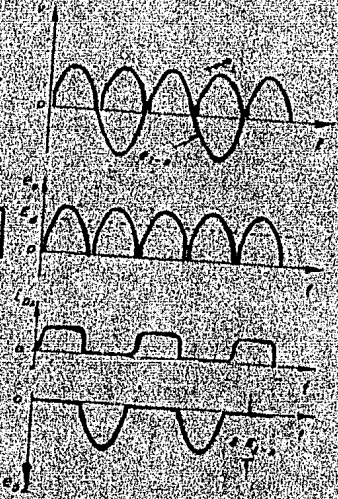
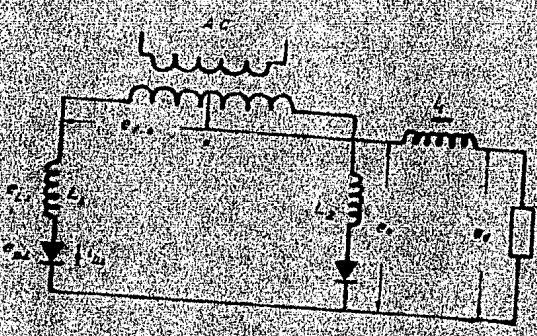


FIG 13 - RECTIFICADORA CON INDUCTANCIAS EN SERIE

sar esos cambios durante la alternancia de conducción. Para contrarrestar esta deficiencia se anexaron al anterior circuito las denominadas reactancias de retardo ( Figura 13 ), (  $L_1$  y  $L_2$  ).

Las reactancias en serie con los diodos hacen imposible la transferencia instantánea de la corriente de carga de un diodo a otro. Además inmediatamente después de que el voltaje alterno alcanza su valor cero la corriente empieza a ser gradualmente transferida de un rectificador a otro como se aprecia en la forma de onda de corriente de los diodos.

La inductancia de filtración debe ser muy grande ya que otro de los efectos que producen estas reactancias es que durante el periodo de conmutación ambos diodos conducen siendo entonces cortocircuitado el secundario del transformador, formando solo una espira a través de estas inductancias obteniendo un valor de tensión en ese momento idéntico al de los catodos por lo que la inductancia de filtración deberá proveer de corriente constante a la carga.

Ahora bien la magnitud del retraso depende de varios factores como son los valores de las reactancias de atraso, el voltaje a manejar y la reactancia de filtración. (  $L_1$  )

Se aprecia de las formas de onda que necesariamente se reduce el valor eficaz del voltaje suministrado a la carga pero se gana un margen de seguridad en la operación de los rectificadores ya que se atenua su manejo de corriente.

Este circuito rectificador en cierta forma puede considerarse como un rectificador controlado por fase en una forma muy burda, siendo el posible inicio de un nuevo estilo de control en la etapa rectificadora de los SF1.

En lo que respecta a los inversores mediante semiconductores de estado sólido todo a los transistores el primer paso de desarrollo de esta etapa de los SF1 en el manejo de mediana y baja potencia debido a las limitaciones de manejo en grandes cantidades ( ver figuras 14 y 15 ).



Estos arreglos fueron contemplados para sustituir a los inversores de tipo mecánico más que a las válvulas e irónicamente tenían como excitador externo uno de este tipo.

Estos inversores de transistor switchado son similares en eficiencia con los mecánicos y mejores funcional y térmicamente con una confiabilidad superior por poseer una gran estabilidad cuando se pretende obtener mediante ellos formas de onda senoidal o cuasi-cuadrada.

Como en el caso de la figura 14 en la cual los transistores que están conformando el circuito deberán excitarse externamente en forma simétrica y complementariamente (a excepción de cuando se efectúa un control de frecuencia o voltaje y con ello de potencia en este circuito) tomando solo precauciones de no provocar en ellos flujos de corriente excesiva o conducción simultánea de los transistores.

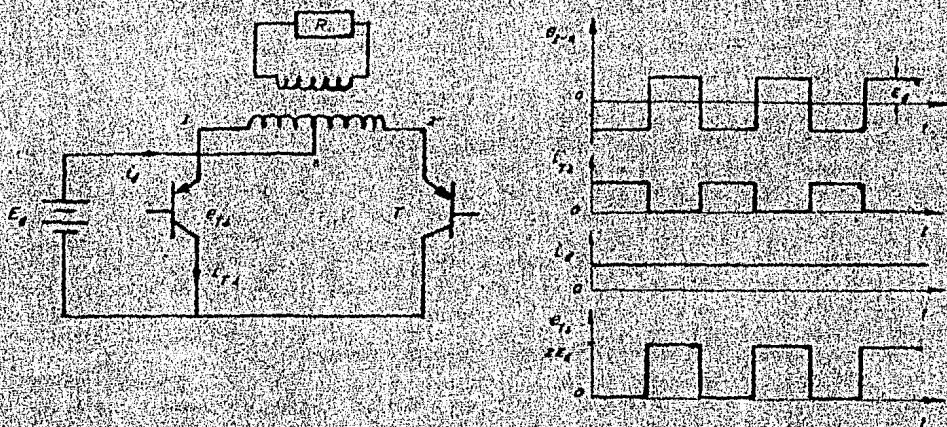


FIG. 14 - INVERSOR A TRANSISTORES CON EXCITADOR EXTERNO

Dado que en este arreglo los transistores manejan en su colector un valor de voltaje del doble del suministrado por el banco de baterías, esto es debido a que cuando un transistor conduce, el voltaje de ese devanado pasa a ser el de referencia pero de polaridad opuesta del mismo por la disposición de los devanados de tal manera que realmente tenemos el voltaje de los extremos del primario del transformador aplicado a cada uno de los transistores que no se encuentran en conducción.

Dado el caso de manejar carga inductiva (figura 15) se debe usar un elemento resistivo en paralelo con la carga para proporcionar un camino o trayectoria para que fluya la corriente durante el periodo de conmutación de los transistores al ser "cortados" ya que por la naturaleza de la carga la corriente no puede ser invertida instantáneamente, lo cual puede llegar a causar inducción de altos voltajes en el devanado primario del transformador y esto aunado al efecto anteriormente mencionado llega a provocar en los transistores una conducción en avalancha, causándole un daño irreparable.

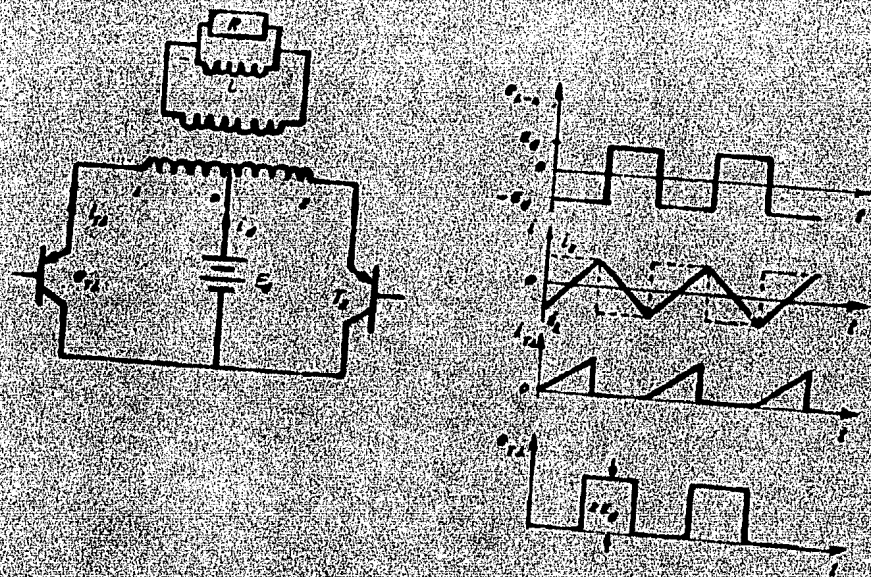


FIG 15 — OPERACIÓN DE TRANSISTORES CON CARGA INDUCTIVA

En la figura 15 se hace uso de un pequeño cargador de baterías el cual "no" aportará energía al Inversor sino que tendrá como única función proporcionar carga a la batería con un régimen determinado y cuya opción de suministro es la línea comercial o un generador portátil de CA independiente.

El diodo mostrado es denominado de aislamiento, esta es una parte de su función ya que permite trabajar al SFI independiente del banco de baterías cuando no existe falla de energía en la línea comercial, y en caso contrario le permite incorporarse al SFI, teniendo que manejar en este caso una gran cantidad de corriente en polarización directa y un voltaje inverso considerable cuando se controla salida de voltaje hacia la carga desde el rectificador, por fase o efecto ferrosónico.

Este tipo de arreglos nos permiten obtener muy buena regulación con tolerancias de variación en el voltaje de salida de  $\pm 5\%$  lo cual lo hace bastante confiable y satisfactorio.

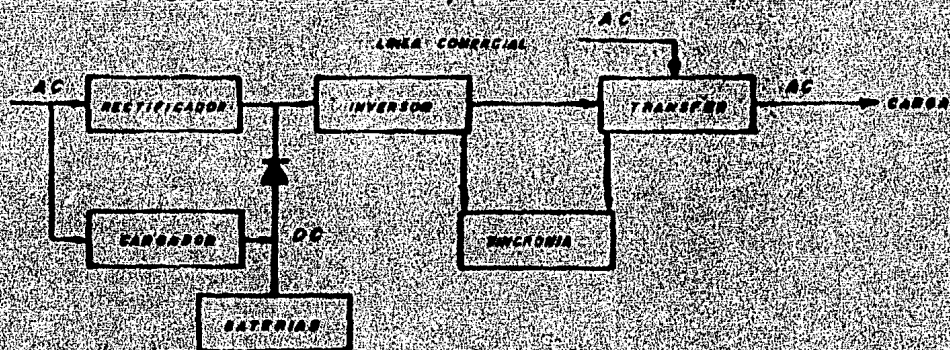


FIG. 15. — DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SFI CON RECTIFICADOR DE AISLAMIENTO.

La figura 16 nos muestra otro arreglo en el cual se elimina el cargador de baterías y el diodo de aislamiento se cambia por un interruptor estático para propósitos de dar mayor seguridad a su operación aunque otras veces es eliminado por cuestiones económicas.

Visto desde el punto de vista económico este arreglo es más recomendable dada su simplicidad tanto de componentes como de operación, en forma positiva tiene la ventaja de presentar un rango de regulación de hasta el 15% haciéndolo más flexible para el manejo de cargas con voltajes bastante variables en la línea comercial.



La investigación en el campo de la electrónica de los semiconductores dió como resultado en 1957 el descubrimiento del "SCR" (Silicio con Controlado Rectifier) o rectificador controlado de silicio, y su desarrollo subsecuente solucionó algunos de los problemas de poder controlar la Interrupción del flujo de energía en la etapa inversora del SFI.

En 1962 los SCR estuvieron disponibles en capacidades de conducción de 110 amperes efectivos con tiempos de conmutación de hasta 100 microsegundos, 500 volts. Con el desarrollo de SCR's para altas corrientes y tiempos de conmutación de hasta 50 microsegundos se desarrollan los primeros SFI electrónicos de gran potencia respecto a los anteriores y cuyos arreglos en forma general se muestra en la figura 15, cuya etapa rectificadora puede ser o no regulada o poseer un cargador auxiliar y como máximo distintivo su área de transferencia esta implementada por un interruptor estático de estado sólido lo cual lo hace más confiable y con tiempos de acoplamiento a la carga considerablemente pequeños.

La única restricción existente en el circuito de control de cualquiera de sus etapas es el uso de componentes discretos llegando incluso a agruparse estos por módulos perfectamente bien definidos y específicos a una función.

Debido a que en cierta forma esta tecnología de los semiconductores se encontraba en su inicio el costo de producción era elevada lo cual dió como resultado simplificaciones topológicas considerando como típico el arreglo de la figura 15 y 16.

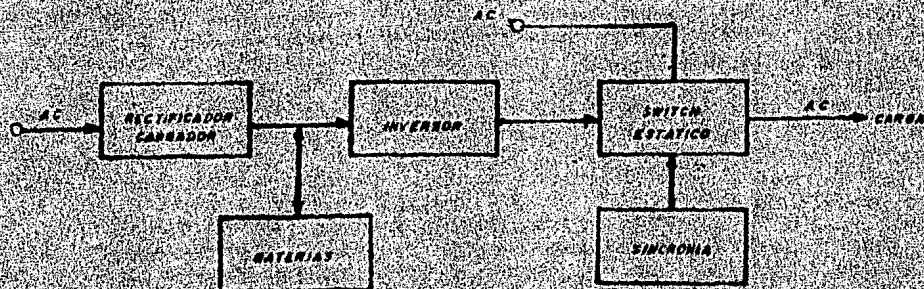


FIG. 15. SFI CON RECTIFICADOR / CARGADOR REGULADO

De nueva cuenta el avance tecnológico de los SCR's provee dispositivos semiconductores para altas corrientes con tiempos cortos de conmutación de hasta 20 microsegundos, lograndose con esto diversos diseños tanto de control dentro del SFI como de sus partes integrantes.

Los diseños de control más relevantes son :

- i).- Control en el rectificador
  - 1).- Por ángulo de fase
  - 2).- Ferrosonante
- ii).- Forma de onda en inversor
  - 1).- Cuadrada
  - 2).- Cuadrada con convertidor
  - 3).- A pasos
  - 4).- A pasos con convertidor
  - 5).- Modulación de frecuencia con convertidor
  - 6).- De paso corto con convertidor ( Multipasos )
- iii).- Tipo de filtro usado para la obtención de la forma de onda deseada
  - 1).- Ferrosonante
  - 2).- Inductiva/Capacitiva o trampa sintonizada

Como era de esperarse la mayor diversidad se tiene en el inversor ya que en cierta forma se lleva el crédito de ser el área de mayor importancia en cuanto a la función inherente del SFI .

Cabe mencionar que no todos estos arreglos son prácticamente funcionales y de acuerdo a la experiencia práctica han sobresalido los siguientes arreglos los cuales son considerados comercial e industrialmente satisfactorios : ( Ver en la siguiente página ).

| Control en el Rectificador | Forma de Onda en el Inversor               | Filtro                   |
|----------------------------|--|--------------------------|
| 1). - Por ángulo de fase   | Cuadrada                                   | Inductancia/Capacitancia |
| 2). - Por ángulo de fase   | Cuadrada                                   | Ferrosnante              |
| 3). - Ferrosnante          | Cuadrada                                   | Ferrosnante              |
| 4). - Por ángulo de fase   | Cuadrada con Convertidor                   | Ferrosnante              |
| 5). - Por ángulo de fase   | Cuadrada con Convertidor                   | Inductancia/Capacitancia |
| 6). - Por ángulo de fase   | A Pasos                                    | Ferrosnante              |
| 7). - Por ángulo de fase   | A pasos con convertidor                    | Inductancia/Capacitancia |
| 8). - Por ángulo de fase   | Modulación de frecuencia con convertidor   | Inductancia/Capacitancia |
| 9). - Por ángulo de fase   | De paso corto con convertidor (Multipasos) | Inductancia/Capacitancia |

Dentro de los cuales los más comunes son:

| Rectificador      | Forma en el Inversor                       | Filtro                   |
|-------------------|--|--------------------------|
| 1). - Por Fase    | Cuadrada                                   | Ferrosnante              |
| 2). - Ferrosnante | Cuasi Cuadrada                             | Ferrosnante              |
| 3). - Por Fase    | Cuadrada con Convertidor                   | Ferrosnante              |
| 4). - Por Fase    | A Pasos con Convertidor                    | Inductancia/Capacitancia |
| 5). - Por Fase    | Modulación de Frecuencia con Convertidor   | Inductancia/Capacitancia |
| 6). - Por Fase    | De Paso Corto con Convertidor (Multipasos) | Inductancia/Capacitancia |



De acuerdo a la clasificación por control en el rectificador tenemos a continuación:

#### Rectificadores Controlados por Fase.

Este tipo de rectificadores al hacer uso de SCR's tienen la característica de poder regular la potencia de salida mediante el control por fase o ángulo de disparo de conducción aprovechándose la alternancia propia de la red comercial de CA generalmente acoplada mediante un transformador para lograr la reducción del flujo de corriente a cero, cuando el valor de corriente de CA pasa por este valor efectuándose el corte de conducción automáticamente obteniéndose una forma de onda similar a la de los rectificadores convencionales a excepción de la variación de la potencia de salida controlada a voluntad por el ángulo de disparo cuyo valor máximo podría llegar a ser incluso hasta  $180^\circ$ ; lo cual es poco práctico por obtener un valor eficaz mínimo cuyo valor en contraposición viene a ser en grado de ángulo de control de  $0$  a  $90^\circ$ .

La figura 17 muestra un arreglo típico de un rectificador controlado por fase cuyos componentes hasta los puntos A y B corresponden uno a uno funcionalmente a un rectificador de estado sólido.

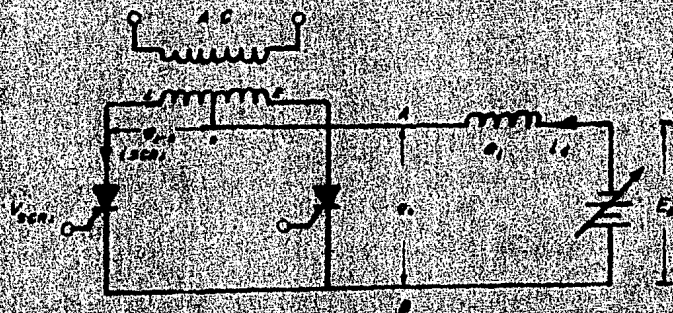
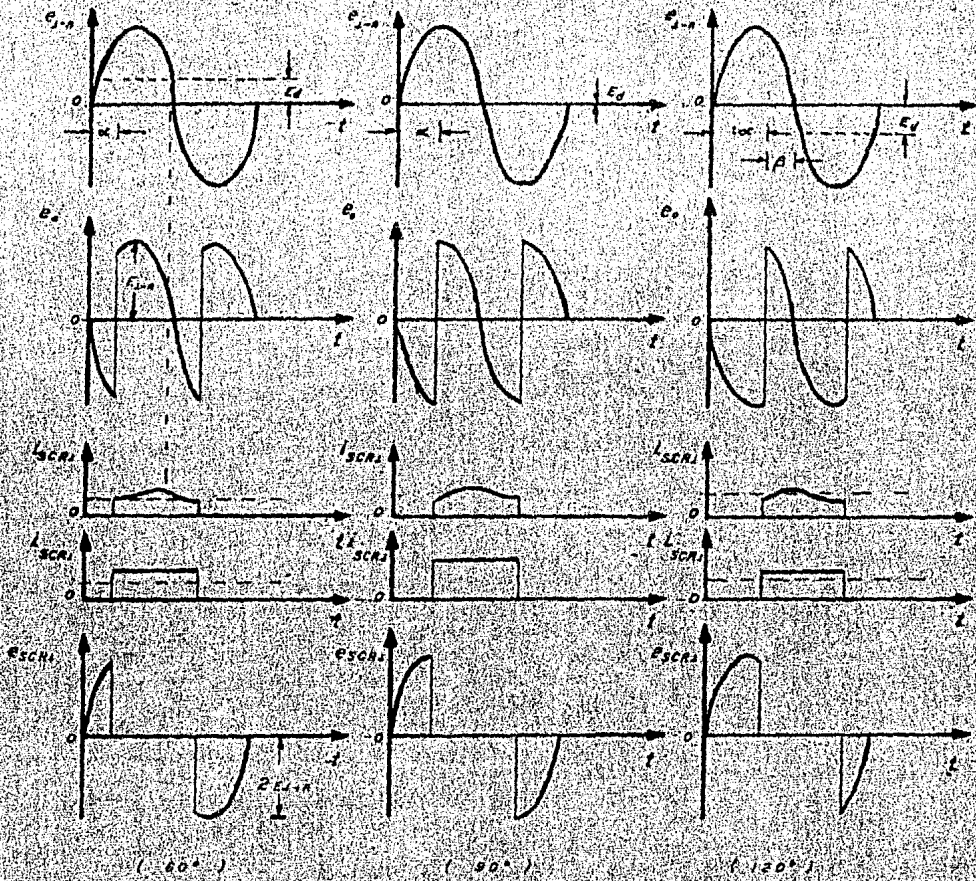


FIG. 17 - RECTIFICADOR CONTROLADO POR FASE.

FIG. 18.— FORMAS DE ONDA PARA DIVERSOS ANGULOS DE CONTROL DE FASE



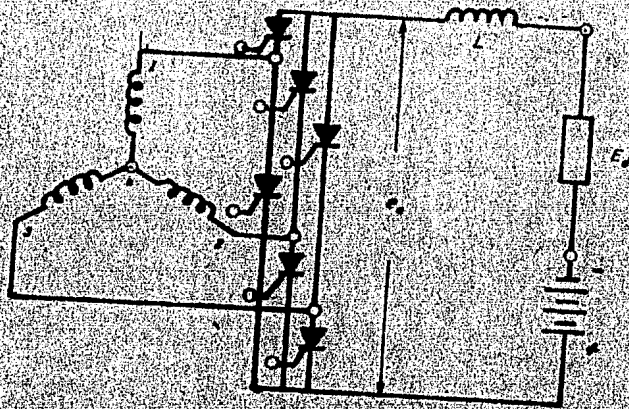


FIG. 10 — RECTIFICADOR TIPIRICO CONTROLADO POR FASE ELECTRONICAMENTE



### Rectificador Ferrosónico

Antes de comentar la operación de este tipo de rectificadores recordaremos algunas de las propiedades de los materiales ferromagnéticos

- 1).- Se magnetizan fuertemente en la misma dirección que el campo magnético donde se encuentran interactuados
- 2).- La Densidad de flujo magnético (  $B$  ) en estos materiales no tiene un comportamiento lineal con la Intensidad magnética (  $H$  ) excepto en pequeños rangos.
- 3).- Presentan los siguientes efectos :
  - a).- Saturación.- Es decir tienen un límite máximo de incremento de su intensidad magnética respecto a la densidad de flujo que le es aplicada o en la cual se interactúa.
  - b).- Retentividad.- Tendencia del material ferromagnético a retener parte del magnetismo al que estuvo expuesto aún después de remover esa fuente de excitación.
  - c).- Histeresis.- Fenómeno al cual se asocian las anteriores características de los materiales ferromagnéticos guardando una relación como se describe a continuación. (Fig 20).

Supongamos que un material ferromagnético es sujeto a una magnetización cíclica la cual se traduce en una variación de la densidad de flujo magnético (  $B$  ) respecto a la Intensidad magnética (  $H$  ) asociada al material.

El material estando en un estado neutro, es decir no magnetizado y la corriente en el bobinado es cero ( punto 0 ), si incrementamos la corriente, la densidad de flujo en el bobinado se incrementa lo mismo que la intensidad magnética ambos a lo largo de la curva 0-b hasta llegar a un valor de  $H$  y  $B$  máximos limitada por las características del material, la intensidad magnética ahora es disminuida ( por la reducción correspondiente de corriente en el bobinado ) gradualmente ; la densidad de flujo varía disminuyendo también de acuerdo a la curva b-d en la cual para un valor específico de  $H$  el valor de  $B$  es más grande cuando  $H$  disminuye que cuando se incrementa desde 0 aceptándose entonces el hecho de que el flujo magnético se retraza con respecto a la Intensidad magnética  $H$  lo cual se denota

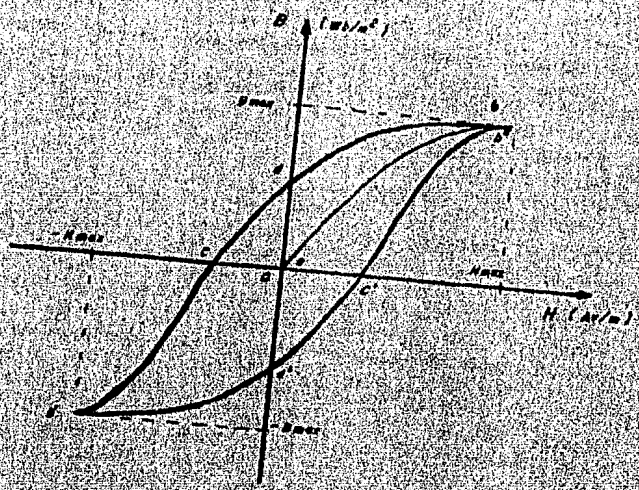


FIG. 20 - CICLO DE HISTERESIS

mina Histeresis.

Observando que en punto d mientras H vale cero B no lo es conociéndose este valor o punto de la ordenada como el de densidad de flujo residual.

Ahora bien si se hace circular la corriente en la bobina en la dirección contraria y es incrementada gradualmente el material ferromagnético se magnetizara en dirección contraria variando su comportamiento de acuerdo a la porción de la curva definida por los puntos d-c-b'; la intensidad magnética en el punto c es denominada como el punto de coercitividad o define el punto de la fuerza de coercitividad del material en cuestión en el punto b'.

Como en el punto b se tienen los valores máximos tanto de B como de H pero de sentido opuesto; si se disminuye la corriente en la bobina se tendrá una curva simétrica en cierto grado el cual define el ciclo de histeresis del material ferromagnético en cuestión aunque el punto b' la mayoría de las veces presenta una ligera diferencia.

Por lo tanto cuando el material es sujeto a ciclos repetitivos de magnetización la curva B-H se cerrara formando un ciclo o anillo de Histeresis; donde la amplitud de B depende de la de H pero la forma del anillo esta en función del material empleado.

La densidad de flujo residual en un material ferromagnético como se ve en el esquema mencionado es el valor de la densidad magnética B correspondiente a la intensidad magnética cero cuando el material es simétrica y ciclicamente magnetizado.

La fuerza coercitiva es la magnitud de la intensidad magnética a la cual la densidad de flujo es cero, cuando el material es simétrica y ciclicamente magnetizado.

El término Remanencia es aplicado al hecho de que la densidad de flujo magnético B permanece en un material aún después de ser aplicada y removida una fuerza magnética externa.

La clave para la operación de un rectificador ferrosonante esta en el diseño del transformador, el cual consiste de un núcleo metálico con características muy especiales respecto a las de un transformador común y corriente; ya que sus bobinas primarias y secundarias



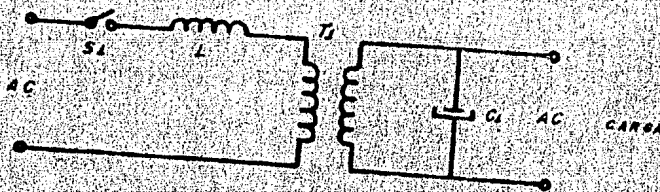


FIG 21.—TRANSFORMADOR FERROSONANTE BASICO

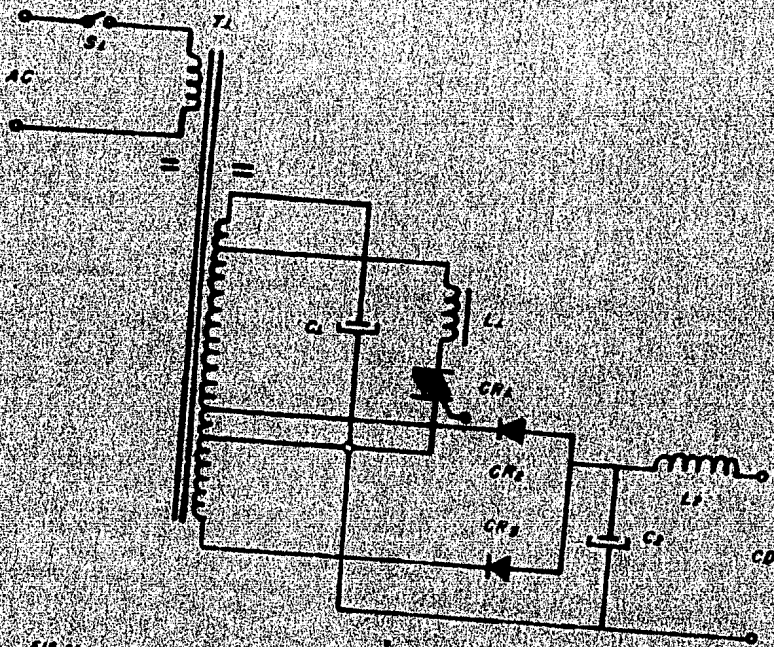


FIG 22.—CIRCUITO FERROSONANTE CONTROLADO ELECTRONICAMENTE

son separadas una de otra por shunt magnético en la ventana del núcleo. Este shunt deriva parte del flujo inducido por el primario hacia el secundario resultando una cierta cantidad de aislamiento entre los dos devanados. Esta construcción da como resultado un transformador con una alta reactancia de filtración entre el primario y el secundario, permitiendo también que los flujos magnéticos en las dos secciones del núcleo sean diferentes tanto en amplitud como en fase. La situación es análoga a un circuito en el cual el primario y el secundario están enrollados en un núcleo convencional y el primario es conectado en serie con un inductor de reactancia igual a reactancia de filtración producida por el shunt magnético en la construcción mencionada.

En el circuito ferrosónico básico de la fig 21 un capacitor de un rango adecuado para CA es conectado entre el devanado secundario del transformador. El capacitor C1 y el devanado secundario de T1 forman un circuito tanque resonante en paralelo a la frecuencia de la línea; cuando es aplicado suficiente voltaje de CA al primario de T1 ocurre un intercambio de energía entre C1 y T1 dando como resultado una saturación de CA en la sección secundaria del núcleo de el transformador.

Aun cuando una sección del núcleo del transformador esta saturado, una porción del voltaje secundario pueda ser derivada al exterior, rectificado y filtrado para una fuente de voltaje directo relativamente constante para energizar una carga. Los cambios de voltaje en la entrada primaria solo cambiarán el nivel de saturación del núcleo produciendo un pequeño cambio en el voltaje de salida. La carga de la salida drena energía del circuito tanque reduciendo la saturación del núcleo y resultando también en un pequeño cambio en el voltaje de salida. Conforme es incrementada la carga demasiado, se alcanza un punto donde la energía en el circuito tanque es insuficiente para mantener la saturación en el núcleo y el voltaje de salida cae rápidamente con incremento adicional de carga. Bajo este ciclo de carga la salida produce una corriente casi constante.

La desventaja en arreglos sencillos como este son varios:

- 1).- El grado de regulación de voltaje esta dependiendo de las características magnéticas del material del núcleo y no puede ser extremadamente preciso
- 2).- El voltaje de salida esta determinado por el número de vueltas derivadas del secundario y no puede ser fácilmente cambiable
- 3).- El voltaje de salida es sensible a la frecuencia de entrada
- 4).- La limitación de la corriente de carga empieza a cambiar grandemente con el voltaje de entrada, ya que induce más energía en el circuito tanque y requiere de más carga para sacar al núcleo de saturación.

Estas desventajas del circuito ferrosnante básico son superadas por control electrónico del transformador ferrosnante. Fig 22.

El circuito ferrosnante controlado además de utilizar el mismo transformador y capacitor en un circuito tanque previamente descrito incluye además; los circuitos de control automático los cuales determinan el ángulo de disparo tanto de un tiristor como de un triac siendo similares en diseño y funciones.

La diferencia principal este en el efecto realizado por el cambio del ángulo de los pulsos de disparo, aún cuando sean usados dos tipos diferentes de circuitos de conversión de energía.

En el rectificador controlado por tiristores la función de los SCR es la de regular como elementos en serie respecto al circuito principal de energía. En cambio el Triac usado en el circuito ferrosnante controlado es un elemento de regulación en paralelo. Los elementos de control comprenden el Triac, el inductor y el capacitor resonante estando conectados en paralelo con el circuito principal de energía.

Al avanzar el ángulo de los pulsos de disparo en control por tiristor se incrementa la salida del rectificador pero se disminuye cuando se usa regulación ferrosnante.



Una comprensión básica de la operación del transformador ferrosónico puede lograrse por comparación del circuito ferrosónico básico con el circuito regulador de diodo zener. (Fig. 22a)

Cuando la corriente zener ( $I_z$ ) se incrementa a un valor cercano de  $I_z$  min, el voltaje zener ( $V_z$ ) permanece cercano o casi constante a pesar de las pequeñas variaciones de  $I_z$ . La resistencia  $R_s$  es seleccionada para permitir una corriente zener mayor que  $I_z$  min, pero menor que  $I_z$  max sobre el rango de voltaje de entrada de CD y rangos de carga.

Bajo estas condiciones el voltaje de carga permanece relativamente constante a pesar de las variaciones de carga y los cambios de voltaje de entrada.

A medida que la resistencia  $R_l$  es disminuida para aplicar más carga al circuito, la corriente zener  $I_z$  disminuye. Si  $R_l$  es reducida lo suficientemente, la corriente zener disminuye abajo de  $I_z$  min y el voltaje de carga disminuye rápidamente. Si  $R_l$  llega ser un corto circuito (cero resistencia) el voltaje de carga llega a ser cero y el voltaje de entrada completamente se pierde en las terminales de la resistencia en serie  $R_s$ .

La operación del transformador ferrosónico es similar a la del regulador de voltaje de diodo zener.

El circuito tanque resonante del transformador ferrosónico consiste de una inductancia saturable  $L_p$  y el capacitor  $C$ . Cuando la corriente del circuito tanque  $I_x$  se eleva cercano al valor de  $I_x$  min el voltaje de salida de CA ( $V_o$ ) es casi constante a pesar de los pequeños cambios de  $I_x$ . (Fig. 22b)

Bajo estas condiciones la operación del circuito tanque resonante satura una porción del núcleo del transformador y el voltaje de salida es casi constante a pesar de los cambios de carga o voltajes de entrada.

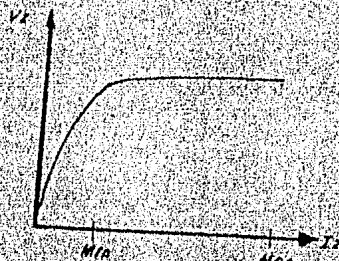
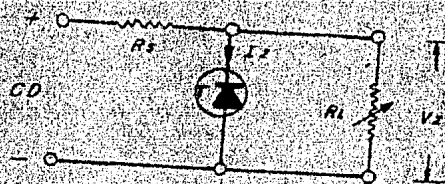


FIG. 120 - REGULADOR ZENER

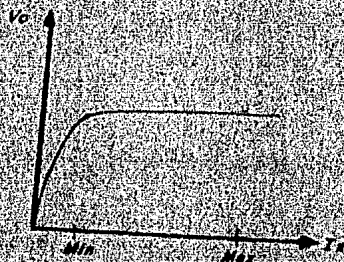
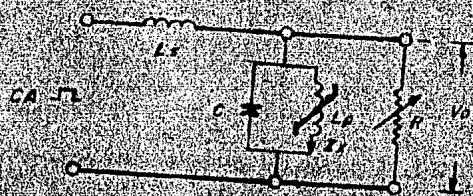


FIG. 121 - CIRCUITO Y CARACTERÍSTICA DEL TRANSFORMADOR PARALELO RESONANTE



A medida que la resistencia de carga  $R_L$  es disminuida para aplicar más carga a la salida del transformador ferrosónico, la corriente del tanque  $I_x$  se reduce. Si  $R_L$  se reduce a un valor suficientemente bajo, la corriente del tanque disminuye abajo de  $I_{x \text{ mín}}$  y el voltaje de carga disminuye rápidamente.

La reactancia de filtración entre el devanado primario y el secundario del transformador es provisto por un shunt magnético y es representado por la inductancia  $L_s$ , esta protege al transformador ferrosónico de daños bajo condiciones de corto circuito a la salida y ayuda a proveer acción de limitación de corriente bajo condición de sobrecarga.

Las desventajas que tiene el sistema ferrosónico respecto al de control por fase es su inercia magnética para corregir los parámetros de salida.

Teniendo en contraposición con el de control por fase, excelente respuesta en la modificación de sus parámetros de salida y una modularidad muy ventajosa tanto en tamaño como en peso.

Las ventajas del sistema ferrosónico respecto al de control por fase son:

- 1) - Menor costo, puesto que no requiere de fuente externa de referencia para el control de voltaje.
- 2) - Mayor seguridad contra fallas en cuanto a auto protección (poca probabilidad de daño en cuanto a los diodos de conmutación y sus capacitores).



Los inversores vistos anteriormente que incluyen dispositivos de switcheo los cuales poseen la habilidad de permitir la interrupción de energía en forma adecuada y en cierto grado satisfactorio aún están en desventaja de poder manejar rangos de corriente altos (excepto los de válvulas al vacío) respecto a los que usan SCR's siendo que además requieren de mayor cantidad de energía de impulsión para proveer una más rápida acción switcheadora.

Para dar una idea un poco general acerca de como puede efectuarse en estos nuevos dispositivos el control de flujo de energía se dará el siguiente breve comentario.

Un SCR es un dispositivo semiconductor de cuatro capas y tres uniones con sendas terminales a cada unión correspondientes a sus regiones P (Anodo), P (Gate) y N (Catodo) el cual funciona como un dispositivo de switcheo biestable cuyos estados son: Conducción (Encendido, On o Saturación) y Corte (Apagado u Off).

Existen diferentes formas de lograr estos estados, las cuales básicamente son:

I.) - Para Conducción

- 1.) - Por Avalancha
- 2.) - Por Inyección de Portadores a través de la compuerta o Gate el cual es conocido como disparo normal por gate.
- 3.) - Por Iluminación de la Juntura Gate-Catodo
- 4.) - Por Capacitancia Transitoria o Cambio brusco de Polaridad directa de Anodo-Catodo.

I.I.) - Para Corte

- 1.) - Por Reducción de la corriente de conducción hasta cero
- 2.) - Por Inversión de Voltaje Anodo-Catodo
- 3.) - Por Aplicación de Voltaje Inverso a la Compuerta.

Se han aceptado como recomendables para hacer conducir a un SCR el método de disparo por Gate a través de circuitos de control externos al Inversor o por inversión del voltaje Anodo-Catodo para lograr su apagado lo mismo que el de reducción de corriente a cero.

En lo que respecta a los inversores y sus formas de onda típicas tenemos como representativo y preferente al de forma de onda cuadrada del cual en base a arreglos se tienen las variantes de control de voltaje, frecuencia o forma de onda ya mencionadas en la clasificación de los diseños más relevantes por la forma de onda obtenida en el inversor; dentro del grupo de excitación separada.

En esta etapa de desarrollo se obtienen los siguientes tipos de arreglos para obtener inversores con salida de onda cuadrada o cuasi cuadrada:

- 1).- Inversores conmutados por capacitor en paralelo
- 2).- Inversores conmutados por capacitor en serie
- 3).- Inversores conmutados armónicamente
- 4).- Inversores conmutados por impulsos

Los cuales se tratarán oportunamente junto con las variantes de los mismos originadas en el campo de aplicación.

#### INVERSORES CONMUTADOS POR CAPACITOR EN PARALELO

En este primer tipo de inversor el término conmutado por capacitor en paralelo es usado para especificar un inversor el cual usa un capacitor conectado en paralelo en su sección de conmutación para efectuar satisfactoriamente esta en los SCR's, tanto por reducción de la corriente como por inversión brusca de voltaje, como se muestra físicamente en la figura 23.

Como puede observarse este circuito es similar o equivalente al de un inversor mecánico y al de transistor switchhead, teniéndose solo la bobina o reactor de CD ( L ) y el capacitor de conmutación ( C ) como nuevos elementos de los cuales el reactor actúa como limitador de corriente en el momento de conmutación de los SCR's y como amortiguador de la fuente de CD.

El condensador ( C ) como ya se menciono permite apagar a los SCR's en su función de conmutación gracias al cambio brusco de polaridad del lado complementario del SCR que esta en conducción causado por

el uso del transformador con derivación central, logrando así su bloqueo y conmutación alternadamente, con lo cual invertimos el flujo magnético en el devanado primario del transformador obteniéndose así por acoplamiento magnético en el secundario del mismo corriente alterna para una carga de igual naturaleza.

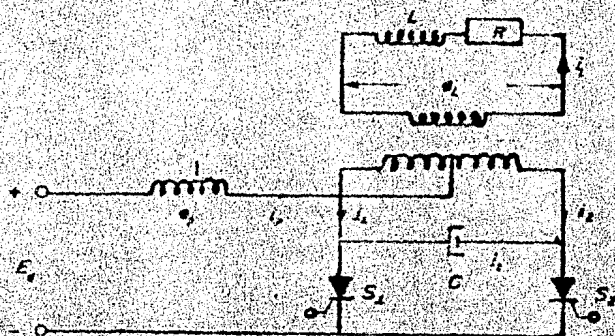


FIG. 23 — INVERSOR CONMUTADO POR CAPACITOR EN PARALELO

Cabe hacer notar que en el devanado primario se tienen formas de onda casi cuadradas debido a la acción conjunta de la bobina ( $L$ ) y el capacitor de conmutación ( $C$ ) en los extremos del cual puede alcanzar el voltaje un valor del doble del de la fuente de CD lo que permite bloquear seguramente al SCR en cuestión.

Considerando que por ejemplo el SCR 1 se encuentra conduciendo tendremos en ese momento una circulación máxima de corriente a través de él y consecuentemente en el devanado (izquierdo del primario del transformador así como en la inductancia limitadora.

Esto implica que el voltaje a través del SCR sea mínimo lo cual lo hace cercano al de valor negativo del banco de baterías de acuerdo a las formas de onda de la figura 24; al circular la corriente por medio devanado del primario del transformador se genera un campo magnético el cual induce voltaje tanto al secundario como a la segunda parte del bobinado primario pero de polaridad opuesta y de la misma magnitud. tiene por consecuencia, que el capacitor ( $C$ ) se cargue en ese extremo negativamente y el SCR 2 quede polarizado en forma inversa; ambos con un valor de tensión del doble del de la fu



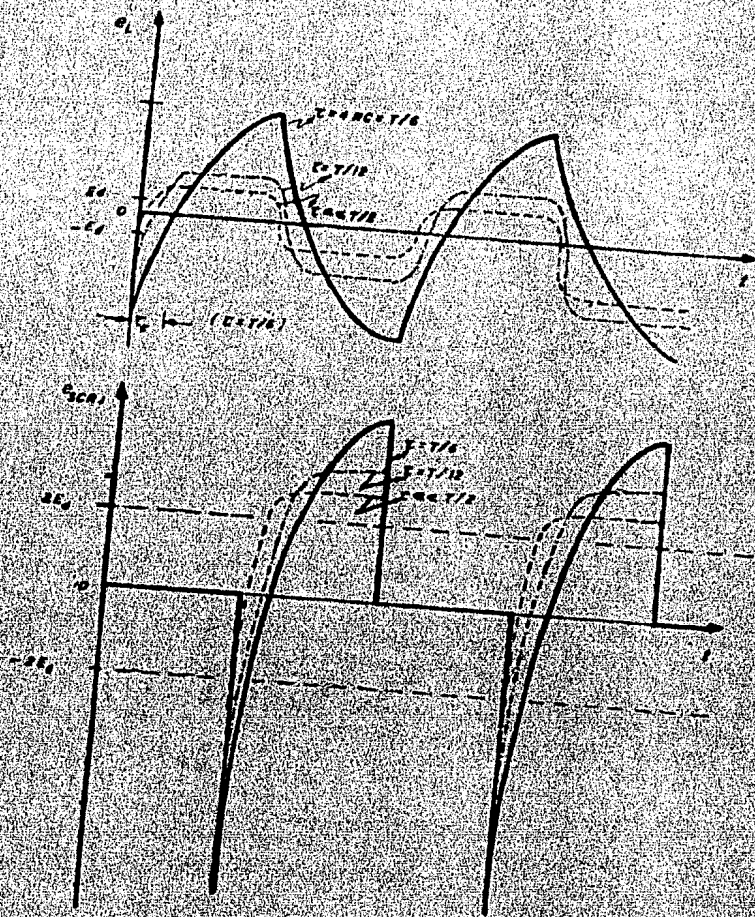


FIG. 29.—FORMAS DE ONDA DE UN INVERSOR CONMUTADO POR CAPACITOR EN PARALELO.

ante de CD asegurando así su bloqueo por polarización inversa gracias a la acción del transformador y por reducción de corriente por el "consumo" de corriente al ser cargado el capacitor.

Al hacer conducir al SCR 2 tenemos un cambio de potencial brusco en el extremo correspondiente del capacitor que se refleja en su extremo opuesto, provocando una derivación de corriente para su cargado y simultáneamente se tiene la conducción del devanado derecho del primario lo cual provoca la anulación momentánea tanto del flujo magnético como de la tensión positiva aplicada al ánodo del SCR1 lo cual aunado al efecto mencionado anteriormente causan que este cese su conducción y pase al estado de corte; lográndose entonces en el secundario la inversión de polaridad en forma alterna para la carga de esta naturaleza.

Es notoria la diferencia que existe en las formas de onda de la carga para valores de capacitancia diferentes pudiendo obtenerse en ella desde un diente de sierra ( lo cual no es muy práctico ) hasta una forma cuasi cuadrada o semi-senoidal. Este mismo efecto pueda lograrse si se juega con el valor resistivo ya que se forma un circuito RC cuya constante de carga ( $\tau$ ) es igual a  $RC$ .

Para valores pequeños de R y C ( normalmente C ) la forma de onda tiende a configurarse cuadrada y con un valor de tensión más cercano al de la fuente de CD.

Cuando se tiene una carga inductiva considerablemente grande o un valor de R grande respecto a la inductancia ( L ) y ( C ) se obtiene en la carga formas de onda casi senoidal.

La diferencia y ventaja principal de este tipo de inversores respecto a los anteriores es el manejo de una gran cantidad de energía a través de los SCRs, una confiabilidad bastante aceptable y como lo conveniente relativo la selección preestablecida de los valores de la bobina ( L ) y el capacitor ( C ) para obtener la forma de onda de carga deseada; de acuerdo a los rangos de variación de L y R en el momento de actuar el SFI, tanto a plena carga como a mínima.

## INVERSORES CONMUTADOS POR CAPACITOR EN SERIE.

Este Inversor como es de suponerse deriva su nombre por hacer uso de un capacitor en serie con la carga para llevar a cabo la conmutación de los SCR usados, a través de un circuito resonante L-C y cuya frecuencia resonante determina la duración del pulso de amortiguación para la conformación de la forma de onda a través del elemento rectificador ( ver figura 25 ).

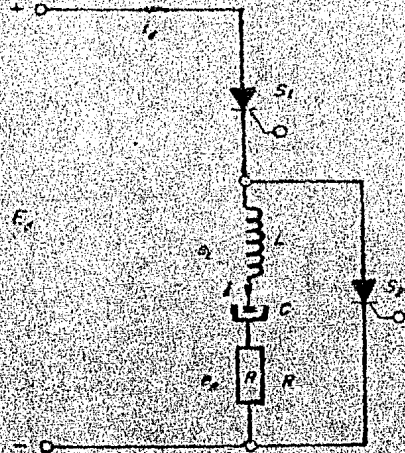


Figura 25

Este tipo de inversores son considerados como de funcionamiento más simple y sencillo dada su configuración y los elementos que intervienen en su construcción, pero también pueden considerarse como restringidos o de diseño preestablecido al igual que los de capacitor en paralelo lo cual lo hace desventajoso cuando existen remodelaciones de configuración o capacidades de potencia a manejar.

Si consideramos que el SCR 2 está inactivo y SCR 1 activo simplificando el circuito por la eliminación de SCR 2 tenemos un circuito serie resonante conectado al banco de baterías con un voltaje de CD  $E_d$  el cual al conducir SCR 1 permite el paso de este a la bobina L permitiendo que el capacitor C experimente una corriente de carga hasta un valor cercano al de la fuente de CD con lo cual el SCR en cuestión queda polarizado inversamente provocando su apagado lo cual establece el primer medio ciclo de la forma de onda para la carga alterna. Cabe hacer mención de que el voltaje en el capacitor



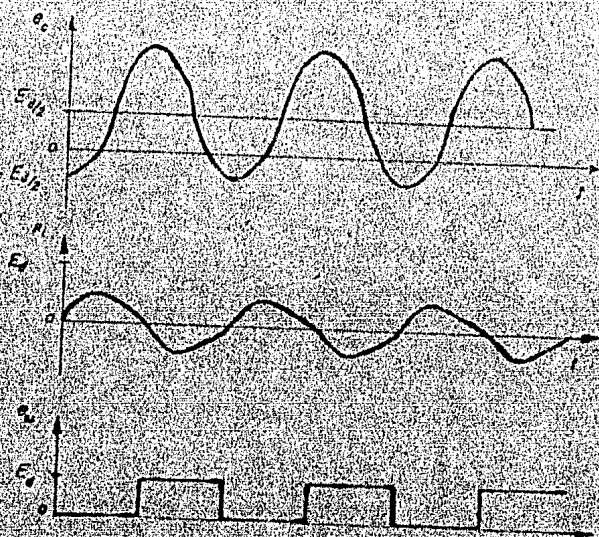


FIG. 50 - FORMAS DE ONDA PARA EL INVERTOR SERIE

C puede llegar a ser del doble del voltaje  $E_d$  lo cual esta en función del valor resistivo de la carga.

En el segundo medio ciclo de la operación de inversión y continuando el SCR 2 inactivo en presencia del circuito resonante y sin que exista conexión eléctrica efectiva entre el banco de baterías y la carga pero con un voltaje existente en el capacitor de aproximadamente  $2 E_d$  negativos el SCR 2 se hace conducir teniendo una configuración del circuito resultante con el del primer semiciclo; pero a través del SCR 2 lograndose en este momento un pulso senoidal para la carga R que aunado al anterior completa un ciclo semi senoidal con un valor máximo de hasta  $- E_d/2$ . Pudiendo iniciarse de nuevo el ciclo alternadamente obteniendo ondas senisenoiales para la carga lo cual depende del valor de la capacitancia usada, y si además la carga se mantiene relativamente fija. ( Ver fig 26 )

Cabe mencionar que en este tipo de inversor cuando la corriente de carga es incrementada el valor del voltaje alcanzado por el capacitor tambien se incrementa debido a que al pasar mayor cantidad de corriente por la bobina esta provoca una tensión mayor el cual es aplicado directamente sobre el condensador debiendo tomarse esto en cuenta para la selección del valor de tensión de operación del mismo.

En general estos inversores pueden ser interrumpidos más fácilmente que los inversores por capacitor en paralelo; para obtener una onda senoidal para la carga empíricamente se ha determinado que basta hacer  $X_L = X_C$  ya que su frecuencia de resonancia es  $\omega/\sqrt{LC}$ .

A continuación se presentan algunos circuitos serie modificados cuyo funcionamiento es fácilmente comprensible en base al anterior ( Ver Figura 27a-b )

En la figura 27a básicamente la inductancia L ha sido dividida en 2 pero acopladas magnéticamente por un solo núcleo de tal manera que se logra un cambio realmente importante en este circuito ya que ahora un SCR puede cambiar de estado de corte a conducción antes de que la corriente de "mantenimiento" sea cero y ya que se induce magnéticamente voltaje en la otra bobina de polaridad invertida esto provoca que el SCR complementario al circuito cese a

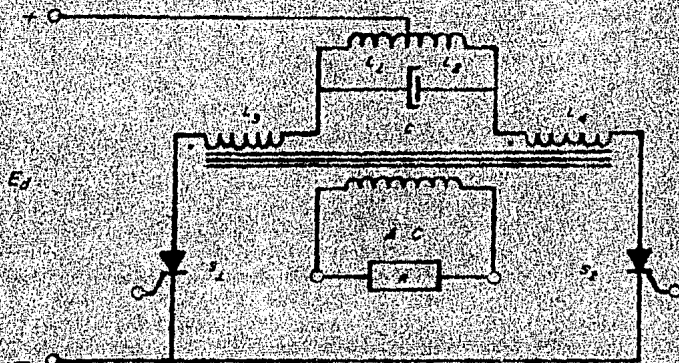
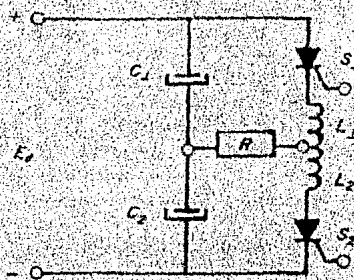
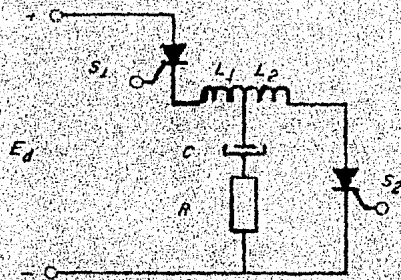


FIG 27 — DESARROLLO DE INVERSORES CONMUTADOS POR CAPACITOR-SERIE



provoca que el SCR complementario del circuito pare completamente su conducción.

El rango de operación de este inversor serie es empleado aún para cuando la frecuencia del inversor es un poco mayor que la de resonancia del circuito L-R-C por medio del incremento del tamaño físico del reactor.

En la figura 27b respecto a la original y la anterior 27a la diferencia radical es el uso de la capacitancia C ahora dividida en C1 y C2 de tal manera que cuando el SCR1 esta conduciendo en un medio ciclo el C2 adquiere su carga a través de la corriente de la fuente de CD y C1 se descarga sobre R que es la carga formandose con esto una trayectoria eléctrica cruzada de funcionamiento alternado; teniendo en consideración que en una mitad del ciclo la corriente de carga del capacitor es obtenida de la fuente de CD y en el otro medio ciclo del capacitor que se esta descargando.

La ventaja de este circuito sobre el anterior es la simetría de la corriente manejada por los SCRs por lo cual se reduce el factor de rizo considerablemente e incrementa el valor eficaz de la corriente de carga obtenida.

El circuito de la figura 28 tiene como característica básica la de poder obtener formas de onda cuadradas debido al uso de los diodos D1 y D2 los cuales dentro de un ciclo normal de operación de este circuito como tipo serie al ser polarizados directamente conforman la forma de onda de descarga del capacitor a cuadrada así como permitir limitar el máximo valor de voltaje aplicable al condensador de conmutación asociado por lo que este arreglo se denomina de inversor con capacitor limitado de voltaje por diodos de fijación.

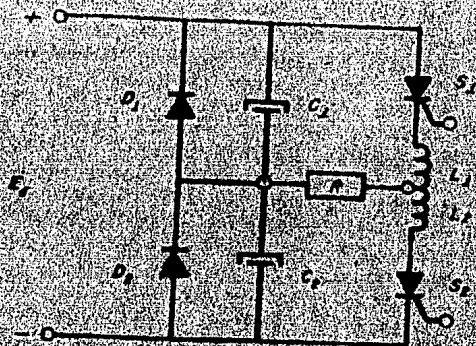


FIG. 2.8 - INVERSOR BRIDGE CON LIBRO DE FREACCIÓN



## INVERSORES CONMUTADOS ARMONICAMENTE.

Este tipo de inversores recibe este nombre debido a que hace uso de un circuito oscilador básico, que sobrepone a la corriente directa una componente de CA acoplada magnéticamente por medio de un transformador; en cuyo devanado secundario se encuentran localizados los dispositivos de control del flujo de energía. Los cuales van a aprovechar los nodos de transición alterna del voltaje armónico, para switchear más fácil y naturalmente la fuente de CD e induciría magnéticamente mediante un nuevo transformador, obteniendo así corriente alterna, de comportamiento senoidal.

Existen dos tipos de inversores conmutados armónicamente, los cuales se clasifican de acuerdo a desde donde es obtenido el voltaje armónico de conmutación; siendo los más comunes:

- 1) - Inversores conmutados armónicamente por fuente externa
- 2) - Inversores conmutados armónicamente por fuente interna.

Los circuitos conmutados anteriormente discutidos, operan adecuadamente sobre un ángulo de control de fase desde cero hasta  $180^\circ$  asumiendo reactancia de conmutación y resistencia despreciable.

La operación del rectificador controlado por fase es efectuado sobre el rango de cero a  $90^\circ$  y la del inversor controlado por fase es obtenido de  $90^\circ$  a  $180^\circ$ . Y una conmutación confiable no ocurre fuera de esta región de control de fase de  $180^\circ$ .

Con los circuitos de voltaje conmutados de la línea de CA una cantidad de voltaje adicional es requerido para oponerse al voltaje del sistema de CA para efectuar la transferencia de corriente de una vlvula a otra más allá del rango de control de fase de  $180^\circ$ ; estos circuitos incluyen un sistema de voltaje de CA armónico para proveer la conmutación y son referidos como inversores conmutados armónicos.



Dentro de una conmutación del voltaje de línea de CA, un circuito de este tipo presenta una carga inductiva al sistema de CA. Tal circuito no puede suministrar KVA inductivos a la salida. La conmutación armónica permite la operación con ángulos de control de fase los cuales causan un adelanto o carga reactiva capacitiva en las líneas de CA. Esto significa que un inversor conmutado armónicamente con ángulos de control de fase entre  $180$  y  $270^\circ$  es capaz de liberar KVA inductivos a un sistema de CA; sin la necesidad de agregar capacitancias al sistema hasta obtener un factor de potencia adelantado como en los inversores en paralelo.

Cuando el voltaje armónico es proporcionado por una fuente de voltaje constante o apropiadamente controlada el inversor puede alimentar cargas de CA estáticas con factor de potencia adelantado o atrasado. En este caso no es esencial conectar el inversor a un bus de CA al cual sea constante, contrario a los inversores conmutados de línea. Por lo tanto el voltaje de conmutación armónico deberá ser suficientemente grande cuando el voltaje del sistema de CA no es razonablemente constante o cuando el sistema de CA tiene alta reactancia inductiva ( Factor de potencia atrasado ).

La conmutación armónica puede ser usada para mejorar el factor de potencia y reducir la regulación tanto para la rectificación como para inversión. La principal desventaja de esta técnica de conmutación es la de no operar dentro de un rango amplio de carga sin voltaje armónico fijo y requiere la estabilización de este empleando por ejemplo rectificadores para retroalimentar la energía a la CD cuando el voltaje armónico excede un valor dado. En general la conmutación armónica es muy útil en casos de sistemas polifásicos donde el sistema de CA es mantenido relativamente constante independiente del inversor y entonces la ampliación del rango de operación va más allá del permitido en los de conmutación de voltaje de la línea de CA.

#### INVERSOR CONMUTADO ARMÓNICO DE CUATRO FASES CON FUENTE ARMÓNICA EXTERNA.

Este circuito inversor es muy similar al correspondiente a un rectificador con la adición de un reactor de CD, una fuente de voltaje armónico y un transformador de dos devanados, con un secundario con de

rivación central para acoplar adecuadamente el voltaje armónico en el circuito.

En la figura 29 cada uno de los cuatro ánodos de los SCR tienen dos componentes de voltaje de CA uno fundamental y un segundo armónico. El voltaje fundamental es transformado hacia las líneas de salida de CA y el segundo armónico es acoplado por el transformador desde una fuente de voltaje armónico generado externamente.

Con un voltaje armónico cero y un ángulo de control de fase de  $180^\circ$ , el SCR1 conduce durante el intervalo de  $255^\circ$  a  $315^\circ$  dentro de la onda de voltaje  $e_{1-0}$ . Después al final del intervalo de conducción de este,  $e_{2-0}$  viene a ser menos positivo que  $e_{1-0}$  así que, normalmente la corriente no debe ser transferida del SCR1 al SCR2 para ángulos mayores de  $180^\circ$ .

En la figura 30a el ángulo de control de fase es aproximadamente de  $195^\circ$  solo un poco más allá del máximo ángulo de control de fase para los otros inversores.

En estas condiciones una amplitud pequeña del voltaje armónico produce la conmutación. Al final del periodo de conducción del SCR1, el voltaje armónico es sumado a  $e_{1-0}$  y  $e_{2-0}$  con la polaridad apropiada para incrementar la magnitud de  $e_{1-n}$  y disminuir la de  $e_{2-n}$ . Cuando el SCR2 es encendido al final del intervalo de conducción del SCR1, la corriente deberá ser desviada al SCR2 ya que el voltaje de  $e_{2-n}$  es más positivo que  $e_{1-n}$  en ese instante. Un voltaje armónico pequeño causa la conmutación ya que los dos voltajes  $e_{1-0}$  y  $e_{2-0}$  están más apartados al final del periodo de conducción para SCR1.

Por lo tanto un voltaje mayor de  $e_{1-n}$  es requerido para hacer  $e_{2-n}$  más positivo hasta el punto donde la corriente es transferida de el SCR1 al SCR2. Es importante notar que la posición del ángulo de fase del voltaje armónico debio ser cambiada. Esto es recomendable para que la conmutación ocurra cuando el voltaje de la forma armónica presenta un valor pico.

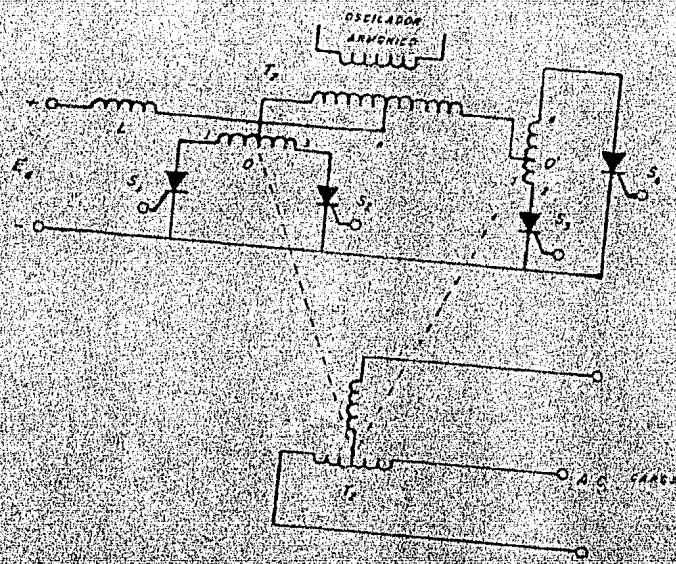


FIG. 25 - INVERSOR CONMPLIADO ANARMÓNICAMENTE

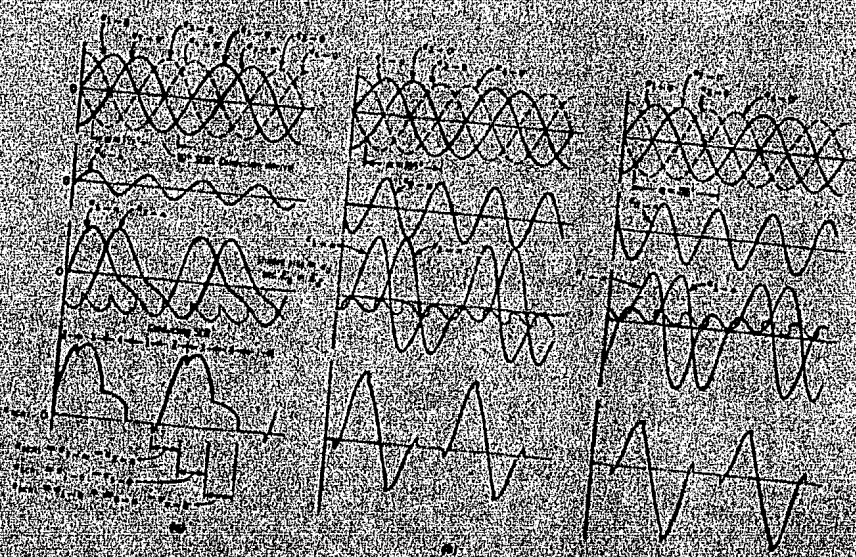


FIG. 26 - FORMAS DE ONDA DE LA FIG. 25



En la figura 30c el ángulo de disparo es aproximadamente  $285^\circ$  y la amplitud del voltaje armónico es el mismo de la figura 30b pero corrido en fase de tal manera que el máximo negativo de  $e_{0-n}$  ocurre de nuevo en el punto de conmutación. Estas condiciones dan como resultado una acción rectificadora con un voltaje de CD relativamente pequeño.

Una segunda armónica del voltaje de CA es usada para proveer la conmutación armónica de la figura 29, la amplitud y fase del voltaje armónico son ajustados cuando el ángulo de disparo es cambiado. Mediante este arreglo, la conmutación puede cubrir un rango total de control desde cero hasta  $360^\circ$ .

Cuando un circuito armónico es operado como rectificador con el ángulo de control de fase igual a cero, el promedio del voltaje de salida rectificado puede ser reducido tanto por avance como por atraso del ángulo de control de fase.

#### INVERSOR CONMUTADO ARMÓNICO DE CUATRO FASES CON VOLTAJE ARMÓNICO PRODUCIDO INTERNAMENTE.

En la figura 31 el voltaje armónico requerido para conmutar el circuito es obtenido por un generador armónico y una impedancia capacitiva que provocan la oscilación. Un voltaje armónico de poca amplitud conmutará el circuito cuando opere cercano a la posición de fase para conmutar la línea de CA. Cuando opera más allá de  $180^\circ$  se requiere de un voltaje armónico más considerable; este incremento puede ser obtenido tanto por el uso de una impedancia capacitiva alta o una corriente de carga grande. La corriente causa un efecto similar al que presentan los inversores conmutados por capacitor serie, excepto porque el capacitor opera a una frecuencia armónica mayor que la frecuencia fundamental de operación del inversor.

La principal desventaja de este circuito es que la amplitud del voltaje armónico es directamente proporcional a la corriente de carga, asumiendo las constantes del circuito fijas. Por lo tanto para carga muy ligera el circuito puede no conmutar conforme al voltaje armónico se aproxime a cero la cual es la misma desventaja que existe para el inversor conmutado por capacitor serie.

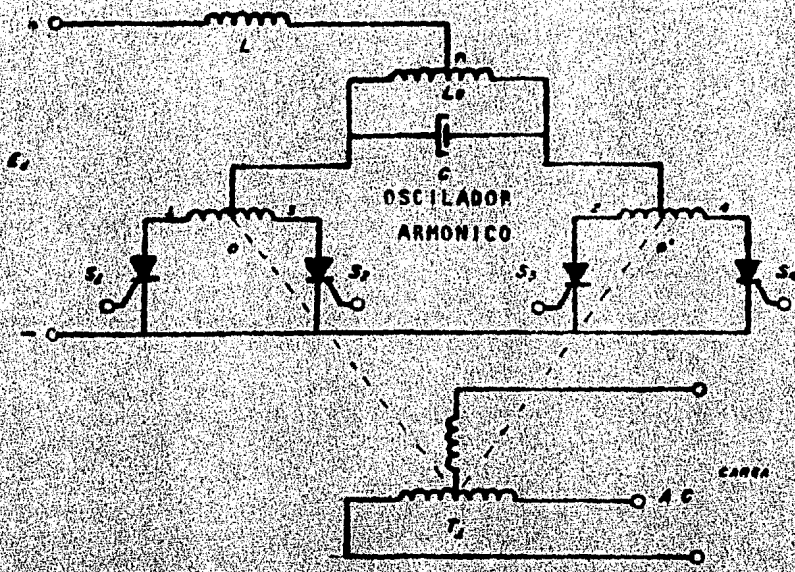


FIG. 31 - INVERSOR CONMUTADO ARMONICAMENTE

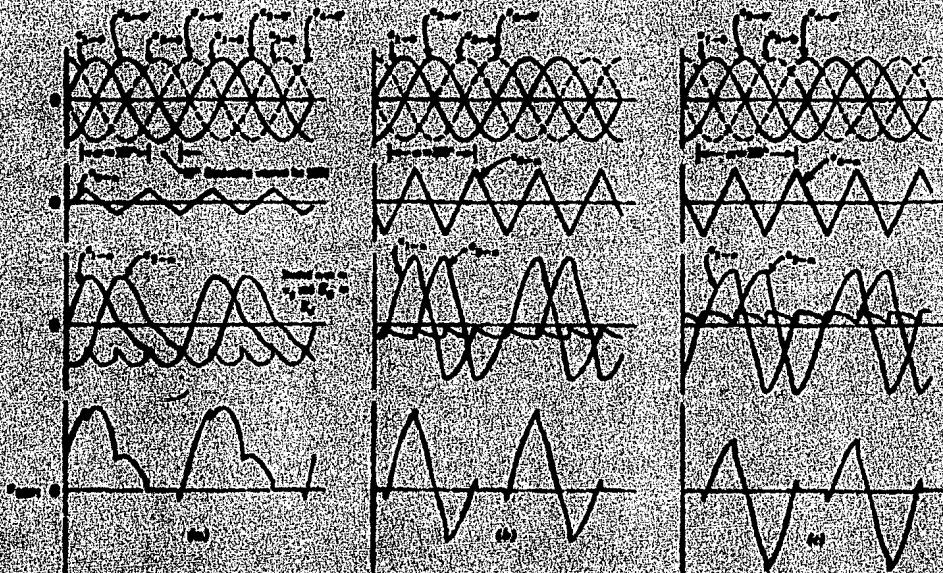


FIG. 32 - FORMAS DE ONDA DE LA FIG. 31

Es importante hacer notar que siempre es recomendable que los cambios de control de ángulo de fase ocurran cuando el valor de voltaje armónico se localiza en un valor pico o no se tendrá conmutación satisfactoria para ese valor de voltaje armónico.

Para el ángulo de control de disparo a  $285^\circ$  se tiene aproximadamente el mismo valor que para  $255^\circ$  con el correspondiente corrimiento de fase ( para compensar lo anteriormente expuesto ), aún cuando la diferencia instantánea de  $e_{1-n}$  y  $e_{2-n}$  en la conmutación sean mayores.

Como se puede notar la amplitud y fase del voltaje armónico son ajustados cuando el ángulo de disparo es ajustado o cambiado. Se dice que cuando este tipo de inversor es usado como rectificador mediante ángulo de control de fase igual a cero ( es decir en forma natural ), el voltaje de salida promedio puede ser variado ( realmente solo puede ser disminuido ), por adelanto o atraso del ángulo de control de fase.

La ventaja de estos inversores respecto a los serie y paralelo, es que la conmutación armónica permite la operación con ángulos de control de fase; los cuales dan lugar a un adelanto del factor de potencia o simulación de carga reactiva/capacitiva en las líneas de CA, lo cual significa que un inversor conmutado armónicamente con ángulos de control de fase entre  $180^\circ$  y  $270^\circ$  es capaz de corregir el factor de potencia de un sistema de CA. Por lo que con su uso no se requiere agregar capacitancias aún cuando la carga a manejar tenga un factor de potencia adelantado. Lo cual si se requiere en un inversor conmutado por capacitor paralelo.

Otra de las ventajas es que cuando el voltaje armónico es alimentado desde una fuente de voltaje apropiadamente controlado o fijo, el inversor puede alimentar cargas de CA estáticas con factor de potencia adelantado o atrasado. En este caso no es esencial conectar al inversor a un bus de CA casi constante, caso contrario de los inversores de línea conmutada.



S F U I  
C U A R T A  
G E N E R A C I O N

Ya que actualmente se encuentran disponibles circuitos integrados los cuales son de bajo costo respecto a su función y alta confiabilidad, así como tiristores con rangos de corriente cercanos a los 200 amperes con tiempos de conmutación de 20 microsegundos se ha diseñado circuitos de control mediante estos circuitos integrados con lógica más sofisticada en cuanto a su protección en funcionamiento anormal de tal manera que permitan prever estas condiciones y eliminarlas y/o corregirlas o al menos evitar que el equipo trabaje bajo estas condiciones, esto por un lado, por otro se pueden proporcionar por el uso de los mencionados circuitos varios pulsos de control a los SCRs para cada medio ciclo correspondiente a una onda senoidal de tal manera que se pueden obtener formas de onda de 60 hasta 400 Hz conformadas por un número mayor a dos pulsos de conmutación para obtener un ciclo dentro de este rango de frecuencias sin modificar o distorsionar la forma de onda deseada. A pesar incluso de las variaciones de carga o factores de potencia de la misma.

La filosofía de esta generación de SFIs es utilizar los altos rangos de operación de corriente de los tiristores para reducir así el número de estos a usar, dando como resultado la reducción de elementos de potencia empleados, menor cantidad de capacitores o el valor de estos para corregir el factor de potencia de la carga a manejar o para conformar la forma de onda de salida del inversor.

Esta disminución de espacio por componentes nos da la posibilidad de aumentar el área de disipación de calor para un gabinete dado haciendo así los equipos más confiables y obteniendo un uso más eficiente de ventiladores pequeños de bajo nivel de ruido.

El tipo de inversor característico de esta generación lo constituyen los de obtención de forma de onda por pasos o rampas y modulación por anchura de pulso.

Este tipo de inversores también afecta a la configuración de los sistemas SFI; incrementando su modularidad lo cual nos proporciona beneficios tanto de reparación como de mantenimiento ya que nos permite visualizar mejor la detección-localización de fallas, lo cual

es muy ventajoso desde el punto de vista confiabilidad de reparación tanto como fabricante o usuario.

A continuación se muestran unos arreglos típicos de esta generación haciendo incapié en que el circuito inversor por pasos en rampas o forma de onda sintetizada solo puede usarse en forma trifásica; es decir para alimentar circuitos o cargas trifásicas.

Estos arreglos se pueden apreciar en las figuras 45 y 46 que viene a representar las configuraciones más usuales de esta generación.

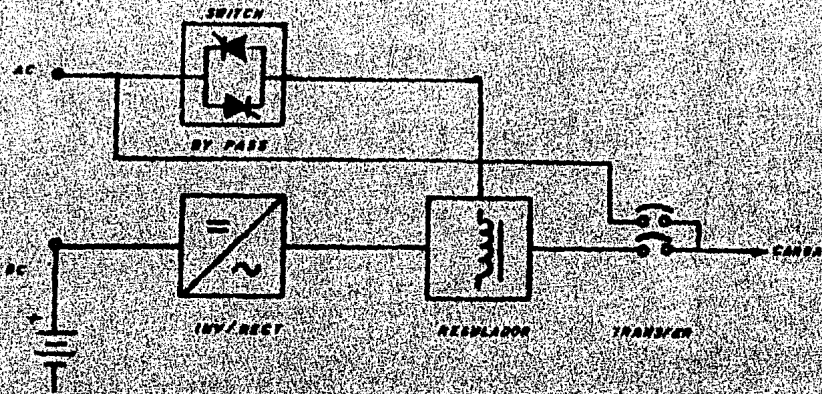


FIG 45 - DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SFI DE LA 4ª GENERACION

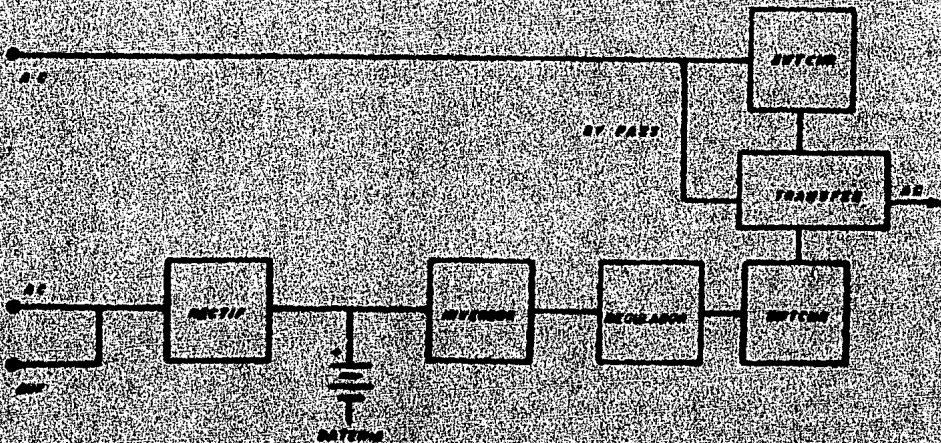


FIG 46 - DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SFI DE ESTADO SOLIDO



## INVERSORES CONMUTADOS POR IMPULSO.

Este tipo de inversores recibe este nombre debido al término "impulso de conmutación" lo cual se refiere al uso de un impulso para invertir brevemente o momentáneamente el voltaje en un SCR ocasionando con esto su cese o apagado de conducción y cuya magnitud debe ser la suficiente para reducir y extinguir la corriente de conducción del SCR de tal manera que se alcance el tiempo de apagado requerido por el dispositivo en uso.

El principio de conmutación por impulso es más fácil de visualizar en aquellos inversores donde el impulso es generado por medios auxiliares, externos al circuito de la fuente de energía principal denominándose por lo mismo conmutación de impulso auxiliar, y en los cuales se dice que la probabilidad de falla es mínima ya que este tipo de circuitos están habilitados para apagar solo el último SCR en conducción y generar un pulso de encendido al SCR complementario del circuito produciéndose así la alternancia deseada y el efecto de conmutación.

Una de las principales características del inversor conmutado por impulso es el uso de los llamados rectificadores de "retroalimentación" los cuales permiten determinar las características de estos circuitos como son :

- 1).- Inherente buena regulación de voltaje
- 2).- Amplia magnitud de variación de carga
- 3).- Amplio rango de trabajo para factores de potencia y frecuencia
- 4).- Control de voltaje sencilla o sofisticadamente
- 5).- Inversión del flujo de energía
- 6).- Alta eficiencia
- 7).- Tamaño relativamente pequeño.

Cabe mencionar que en este tipo de disciplina de inversores existe una variedad bastante amplia de circuitos por lo que se harán solo los más representativos o característicos de esta serie de inversores.

En la figura 33, se muestra el circuito de un inversor conmutado por impulso; la principal diferencia respecto a los anteriores es la división de la fuente de energía en dos, haciendo centro en el valor medio del banco de baterías como punto de referencia para la carga y el uso de los diodos de retroalimentación. ( D1 y D2 ).

En forma global, la conmutación de los SCR's principales S1 y S2 es efectuada por los SCR's auxiliares S<sub>A</sub> y S<sub>B</sub>, en conjunto con el circuito L-C donde es generado el impulso de conmutación. Teniendo como máximo valor de voltaje pico  $E_d/2$ .

Cabe hacer notar que el apagado de los SCR's A y B es llevada a cabo por reducción de corriente a cero debido a la decreciente demanda de corriente de carga del capacitor C; lo que causa un efecto similar en los SCR's 1 y 2 cuando los auxiliares son encendidos.

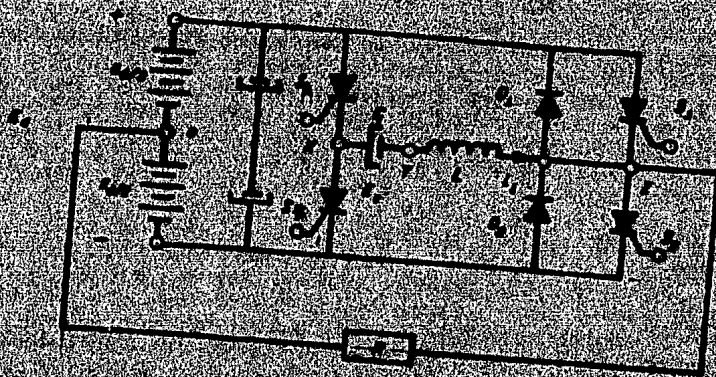


FIG. 33 - INVERSOR CONMUTADO POR IMPULSO (BANK)



Ahora bien supongamos que el SCR principal S1 esta inicialmente conduciendo corriente a la carga R desde la mitad superior del circuito de suministro de ED y que el potencial en el punto "Y" es positivo respecto al "X"; bajo estas condiciones el SCR auxiliar S4 es disparado a conducción produciéndose con esto un cambio brusco de polaridad en los puntos antes mencionados del capacitor lo cual provoca la reducción de corriente momentáneamente a cero, dando lugar al señalamiento del circuito en otra trayectoria de alimentación .

Esta acción da lugar que en este momento el exceso de corriente del impulso de conmutación  $I_c$  sobre la corriente de carga fluya através del diodo de retroalimentación D1; después de alcanzar un pico la corriente de conmutación  $I_c$  empieza a decaer y una carga de polaridad inversa se establece en el condensador.

Cabe hacer notar la importancia de este momento ya que en él se efectúa un flujo de corriente através de D1 lo cual por ser en sentido directo provoca una caída de voltaje en sus extremos mínima que es aplicada al S1 por estar en paralelo, efectuando así su apagado, aunado al pequeño tiempo de conducción de S4, habiendo suministrado durante todo ese tiempo voltaje y corriente con polaridad positiva a la carga con comportamiento senoidal gracias a el comportamiento de la bobina y al condensador .

Ahora el S2 es disparado casi cuando la corriente del capacitor llega a cero, es decir al final del medio ciclo positivo después de haberse activado S4 proporcionándose una nueva trayectoria de suministro de corriente para la carga de CR.

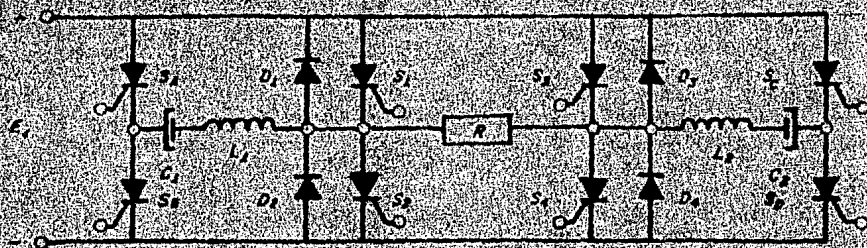
En este momento se genera un pequeño pulso de corriente que fluye através de la inductancia L, el capacitor C y el diodo auxiliar S4 iniciándose la carga del capacitor hasta su magnitud inicial con polaridad invertida; quedando listo para actuar al final del otro medio ciclo para conectar a S2 efectuándose así el cambio y suministro de corriente de polaridad opuesta a la carga por la acción del encendido del S2 que da lugar a la acción directa de D1 sobre S2 apagándolo por la reducción de la corriente a cero momentáneamente es la conducción de S4 e inversión de polaridad en estado estacionario.



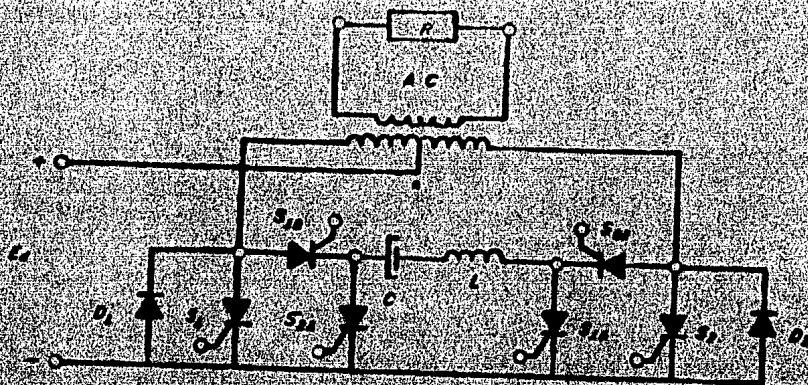
Normalmente cuando la corriente de conmutación cae abajo del valor de la corriente de carga, la energía almacenada en la inductancia de conmutación causa que el capacitor  $C$  se cargue con un valor elevado de voltaje lo cual produce un pulso de corriente de conmutación mayor permitiendo así que el circuito tenga la ventaja de que varíe la magnitud del pulso de conmutación en función de la cantidad de carga de CA existente en forma automática; lo cual no era fácil de obtener en modelos anteriores.

Si el circuito L-C de conmutación tiene un factor  $Q$  alto las pérdidas por conmutación son pequeñas y la eficiencia del inversor alta, con o sin carga obteniendo un voltaje de forma de onda cuadrada bajo cualquier condición de factor de potencia adelantado o atrasado, lo cual implica el manejo de cargas capacitivas e inductivas en extremo en forma óptima. Ya que en este caso justo antes de la conmutación la corriente de carga reactiva es conducida por uno de los diodos de retroalimentación hacia la fuente de CD existente.

A continuación se muestran algunos arreglos generalizados de la configuración anterior y cuya principal ventaja sobre este es no hacer uso de un banco de baterías dividido.



INVERSOR CONMUTADO POR IMPULSO TIPO PUENTE



INVERSOR CONMUTADO POR ANILAS CON TRANSFORMACION DE ACUPLA



Esta técnica es aplicable a algunos de los arreglos vistos anteriormente como en el caso de los inversores conmutados por capacitor en paralelo como se muestra en la figura 34.

Cuando el S1 conduce, convencionalmente la corriente fluye de la entrada positiva a través de la mitad izquierda del devanado del transformador con devanado de derivación central, del SCR 1 para salir por la terminal negativa de la fuente de entrada. La corriente que fluye a través del transformador desarrolla un voltaje en el devanado izquierdo antes mencionado y la acción autotransformadora desarrolla otro de polaridad opuesta en el devanado derecho; por lo tanto, el voltaje inducido en cada mitad del devanado con derivación se suman aritmeticamente y la carga del condensador C es el doble del voltaje aplicado a la entrada del circuito.

Cuando el S2 es disparado a conducción el capacitor C descarga a través de ambos tiristores y la corriente del capacitor fluye en la dirección discontinua mostrada. La corriente total inversa a través del SCR1 fuerza la conmutación del dispositivo. Con el S2 conduciendo la corriente fluye ahora sobre la mitad derecha del primario con derivación central y se desarrolla en el devanado izquierdo un voltaje en magnitud y polaridad opuestos e iguales. El capacitor C se carga al doble del voltaje aplicado a la entrada y de polaridad inversa a la adquirida durante la conducción de S1.

La conducción y conmutación alternadas de los tiristores da como resultado un flujo de corriente a través de las mitades del transformador con derivación central.

Las formas de onda de voltaje que aparecen en el devanado secundario es una onda cuadrada.

El inductor L asegura que la mayor parte de la corriente de descarga es aplicada al tiristor para apagarlo asegurando por lo tanto una conmutación completa y con ello el poder hacer uso de un capacitor pequeño. Los diodos D1 y D2 resuelven el problema de la corriente reactiva.



Por ejemplo suponga que una carga en el secundario del transformador tiene un factor de potencia atrasado. El SI está conduciendo y la fuente de voltaje está fijada en la mitad izquierda del devanado primario del transformador con la polaridad mostrada.

Debido al factor de potencia en atraso, la corriente en el circuito primario necesita invertirse antes de que el voltaje del transformador lo haga.

El SI no puede conducir en dirección inversa excepto durante unos pocos microsegundos, en estas condiciones la amenaza de interrupción de corriente causa un incremento de voltaje en el primario del transformador.

Esta condición causa que el voltaje en el punto A llegue a ser más negativo que el voltaje en el punto B. El diodo D1 conduce hasta que el voltaje inverso ocurre, regresando la corriente reactiva a la batería. El diodo D2 conduce la corriente reactiva que ocurre cuando este actúa.

Sin estos diodos, el voltaje primario tendería a incrementarse a un valor excesivo; posiblemente llegando a dañar a los tiristores o causando problemas con la carga en el secundario, mejorando además la eficiencia del inversor.

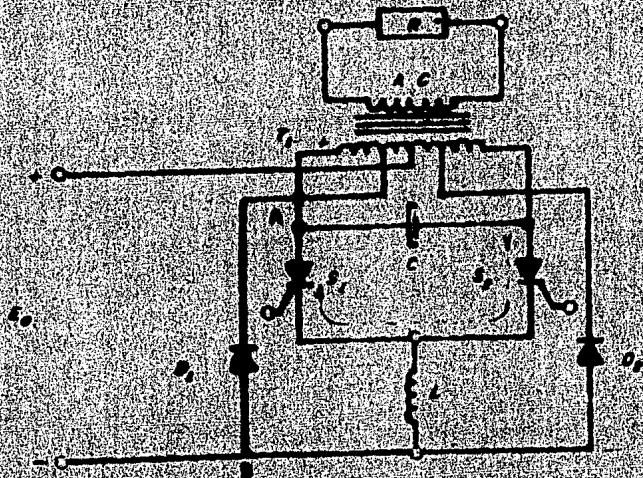


FIG. 54.-FUENTE COMUTADA POR IMPULSO MODIFICADA DE CAPACITOR EN PARALELO

Normalmente el capacitor de conmutación suministra corriente a la carga solo durante los intervalos previos a la conmutación es decir mientras se efectúa la transferencia de conducción de corriente de un SCR a otro y durante el resto del ciclo permanece inactivo.

En este caso el funcionamiento básico del inversor conmutado por capacitor en paralelo no varía y el capacitor de conmutación ya no es la única trayectoria de corriente para compensar la carga inductiva.

El intercambio cíclico de energía reactiva entre la fuente de CD y la carga de CA se efectúa en el caso de la carga capacitiva con parte de la energía drenada por la fuente de CD durante la parte del primer medio ciclo de la carga ya que el voltaje es temporalmente almacenado en la carga capacitiva y entonces es realimentado a la fuente de CD a través de los diodos mencionados y en el caso de carga inductiva, lo hará durante la primera parte, pero del siguiente medio ciclo.

La más importante característica o capacidad de estos inversores conmutados por impulso, es la de poder actuar como rectificadores, gracias al uso de los diodos de retroalimentación, sin hacer uso de los SCRs de inversión. De tal manera que un SFI con un inversor de este tipo puede usarse como rectificador-cargador e inversor controlado dando lugar a una modularidad y factor de desempeño del SFI sorprendentes.

Ejemplo típico de ello son las figuras 35 y 36 derivándose de esta última la 37 las cuales dan lugar a una forma sencilla de control y a formas de circuitos rectificadores de SFIs de la cuarta generación, como el mostrado en la figura 37.

En la figura 36a para una condición de voltaje completo de las SCR 11 y 12 están controlados en su encendido para provocar la sincronización para la carga cuya forma de onda es completamente cuadrada con una magnitud de voltaje máximo de  $V_d/2$ .



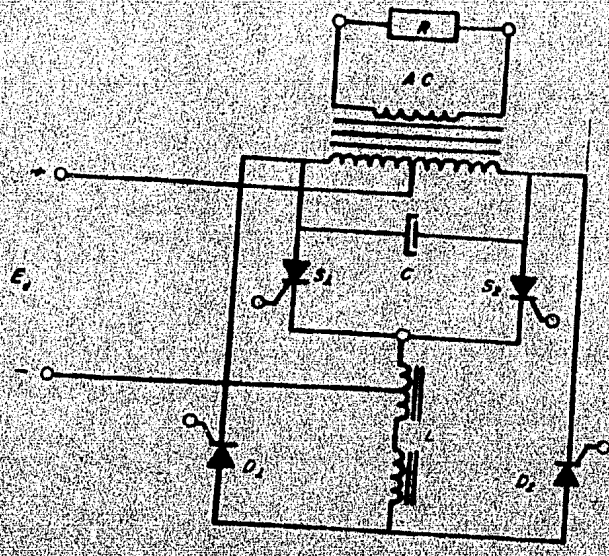


FIG 75 - INVERSOR CON CAPACITOR EN PARALELO CON RECTIFICADORES DE RETROALIMENTACION CONTROLADOS POR FASE

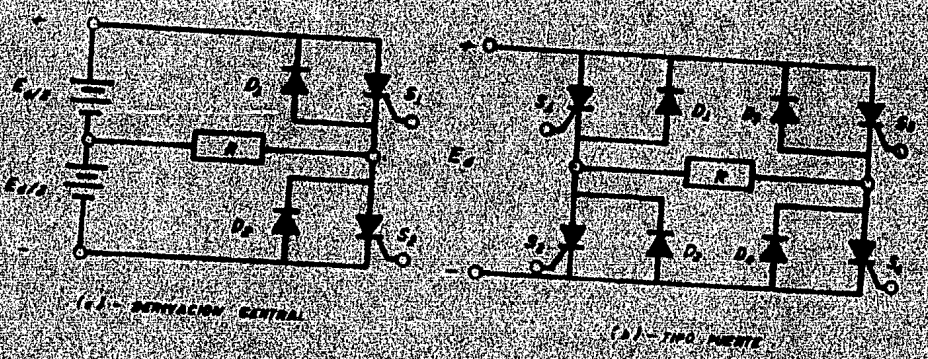


FIG 76 - INVERSOR CONMUTADO POR IMPULSO CON BRIDAS DE RETROALIMENTACION



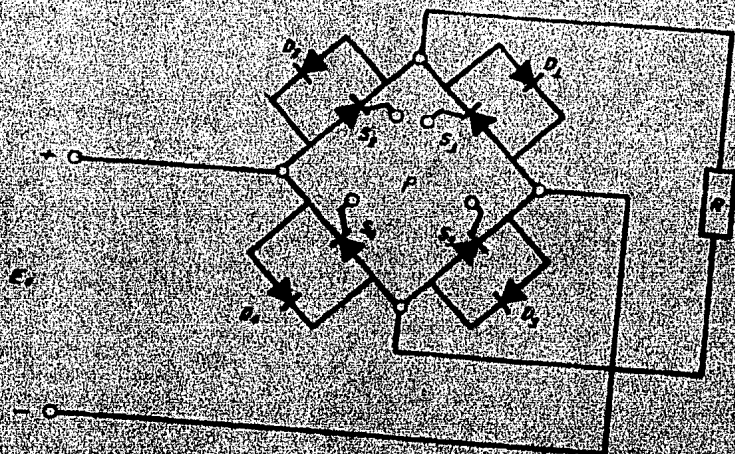


FIG. 27 - RECONSTRUCTION OF FIG. 26 (b)

El control de voltaje para este circuito se logra mediante la conducción traslapada o simultánea momentáneamente de S1 y S2, llegando incluso a obtenerse cero volts con carga puramente resistiva. Con carga inductiva es más complicado ya que la corriente de carga, continúa fluyendo al menos durante algún tiempo aún cuando ambos SCRs de la trayectoria en cuestión estén OFF.

El circuito de la figura 37 deberá operar controlando cada SCR por un intervalo de tiempo tal que en su conjunto aporten medio ciclo es decir S1 y S2 o S3 y S4 nunca deberán ser conmutados simultáneamente ya que estos elementos se operan por pares como un puente rectificador de onda completa normal; cuando se trabaja como inversor D1 y D4 o D2 y D3 desempeñan la función de diodos de retroalimentación.

En caso de usarse como rectificador simplemente se inhiben los circuitos de control de su disparo o usarse como cargador del banco de baterías; pudiendo establecerse la modalidad de filtrado, tanto de entrada como de salida de energía hacia o desde el banco de baterías.

A modo de resumen cabe decir que cuando un sistema de este tipo opera en forma paralela con un sistema de CA mediante un filtro confiable y la forma adecuada de control puede trabajar como inversor y rectificador lo cual es muy útil ya que se puede cargar a través de él, el banco de baterías como se había mencionado y en caso de falla de energía de CA el "rectificador" puede afectar la inversión de energía manteniendo así la continuidad del servicio. Haciendo notar la particularidad de que la inversión del flujo de energía ocurre por la inversión de la polaridad de la corriente directa y no por la inversión del voltaje directo como ocurre en el caso de los rectificadores controlados por fase.

Ante este hecho se tiene sin lugar a dudas una reducción en cuanto a componentes, espacio y calor generado por los mismos lo cual para aplicaciones prácticas tiene mucha importancia, tanto técnica como económicamente desde el punto de vista productivo y asegura un grado de confiabilidad bastante aceptable.



Es importante hacer notar que los inversores de conmutación por capacitor serie o paralelo cuando son usados con diodos de retroalimentación solo están habilitados para invertir energía para el sistema de CA adquiriendo la ventaja que estos proporcionan y si se desean usar como rectificadores requieren de equipo adicional de control. Siendo generalmente usados estos equipos para sistemas de modulación por pulsos.

Si se acepta el hecho de acoplar directamente la carga a este tipo de sistemas inversores ( los conmutados por impulso ) se tienen las siguientes desventajas:

- 1) - El grado de regulación del voltaje de salida se reduce.
- 2) - Se puede afectar en forma irreparable a los SCR's del inversor en caso extremo de consumo de corriente o falla a tierra.
- 3) - Posible daño indirecto al banco de baterías.

En base a estos motivos se hizo uso de un transformador; mediante el cual se acopla la carga al inversor. Existiendo la opción de usar uno del tipo ferrosónico ahorrándose el uso de dispositivos sofisticados de control de voltaje o variación del de la fuente de CD.

Casi en la mayoría de los casos debido a cuestiones económicas de los fabricantes se hace uso de los circuitos más sencillos y confiables; de tal manera que se tienen en la práctica muy pocas variaciones radicales en cuanto a métodos de realización de estos sistemas inversores en sí, más sí lo es en sus sistemas de control. A continuación se dan algunos circuitos ejemplificativos de los sistemas usados para la obtención de formas de onda en el inversor mencionadas en este capítulo; tomando como arreglo típico el de la figura 37 mencionando someramente sus desventajas y una tabla comparativa en base a diferentes parámetros.



|                     | DESEMPEÑO | CONFIABILIDAD | EFICIENCIA | TAMARO/WATTS | COSTOS | SUMA |
|---------------------|-----------|---------------|------------|--------------|--------|------|
| FERROSONANTE        | 4         | 1             | 4          | 4            | 1      | 13   |
| ONDA CASI-CUADRADA  | 3         | 2             | 3          | 2            | 2      | 10   |
| MOD. ANCHO DE PULSO | 2         | 3             | 2          | 1            | 3      | 7    |
| ONDA SINTETIZADA    | 1         | 4             | 1          | 3            | 4      | 10   |

Tabla comparativa de las diferentes técnicas usadas en inversores con nivel jerárquico de 1 a 4 siendo 1 el mejor.

De acuerdo a esta tabla y en base a costos-confiabilidad destacan el ferrosónico y el de onda cuasi-cuadrada por lo que a continuación se da una relación comparativa de las diferencias sobresalientes de estos dos tipos de inversores, dándonos así un criterio más amplio para su selección entre los demás equipos.

#### TOLERANCIA DE FRECUENCIA DE ENTRADA.

|                |              |                  |
|----------------|--------------|------------------|
| FERROSONANTE   | $60 \pm 1\%$ | ( 59.4 - 60 Hz ) |
| CUASI-CUADRADA |              | ( 57.0 - 63 Hz ) |

El ferrosónico sintonizado no puede variar su frecuencia de sintonizado óptima sin causar que otros parámetros sufran cambios, provocando distorsión, ineficiencia o regulación aún cuando la salida del inversor este sincronizada normalmente con la entrada por consideraciones de transferencia lo cual puede causar degradaciones del sistema por no poder efectuarlo en un momento dado.

#### CORRIENTE DE ENTRADA

|                |         |                      |
|----------------|---------|----------------------|
| FERROSONANTE   | 45 AMPS | Para obtener 1500 VA |
| CUASI-CUADRADA | 35      | 1750                 |

Aunque estamos proviendo 17% más de energía a 1750 VA el ferrosónico demanda a 1500 VA 28% más de la corriente de entrada lo cual indica que para este nivel de potencia su eficiencia esta en un rango de 68 a 75% mientras que el otro esta comprendido entre 75 y 80%.

#### REGULACION DE SALIDA

|                |           |        |
|----------------|-----------|--------|
| FERROSONANTE   | $\pm 5\%$ | Típica |
| CUASI-CUADRADA | $\pm 2\%$ |        |

#### TIEMPO DE RESPUESTA DINAMICA

|                |                  |
|----------------|------------------|
| FERROSONANTE   | 100 MiliSegundos |
| CUASI-CUADRADA | 50 "             |

Este valor en el ferrosónico es de suponerse debido a que el circuito tanque debe ser ajustado y esto toma tiempo el cual representa el doble del de la onda cuasi-cuadrada.



## RESPUESTA DINAMICA DE VOLTAJE POR CAMBIO DE CARGA POR MAS DEL 50%

| 50% cambios de carga<br>(Amps) a 1 Amp | FERROSONANTE |        |        | CUASI-CUADRADA |        |        |
|--|--------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
|  | ± %          | V alto | V bajo | ± %            | V alto | V bajo |
| 1.5                                    | 20           | 138    | 92     | 1.5            | 117    | 113    |
| 2.25                                   | 20           | 138    | 92     | 3.0            | 118    | 111    |
| 3.4                                    | 20           | 138    | 92     | 6.0            | 122    | 108    |
| 5.0                                    | 20           | 138    | 92     | 8.0            | 124    | 106    |
| 7.6                                    | 20           | 138    | 92     | 10.0           | 127    | 103    |

Para el ferrosnante su mejor % es 5% máximo a plena carga y con un factor de potencia unitario y sin carga 9% por variación de voltaje.

En el de onda Cuasi-cuadrada es 3% con un factor de potencia de 0.8 a plena carga siendo además la distorsión armónica mínima conforme la carga tiende al 100%. Sin carga 5% de variación.



## FERROSONANTE

Figura 38.- Este arreglo esta constituido por un inversor no regulado controlado por oscilador externo y del cual se obtiene una onda cuadrada o cuasi-cuadrada alterna; constituidas por dos ondas cuadradas defasadas en tiempo y polaridad las cuales alimentan a un transformador ferrosonante (De donde deriva su nombre) sintonizado el cual limita la corriente de salida y recorta la forma de onda dentro de un limite aceptable regulando así el voltaje de salida como ya se mencionó por saturación magnética del nucleo através de un circuito tanque el cual esta sintonizado a 60 Hz por aplicación práctica.

Debido a que depende del almacenamiento de energía magnética para realizar estas funciones un inversor de este tipo siempre tendrá un incremento considerable de voltaje bajo remoción de carga y una baja de voltaje significativa cuando se incrementa ésta.

Pueden existir sobrevoltajes de hasta el 100% en reducciones de un 50% de carga ya que el tiempo de respuesta es muy lento por la regulación magnética. Por lo tanto los inversores ferrosonantes no deben ser considerados para cargas altamente sensibles y que varíen bruscamente con el tiempo.

Además la cantidad de energía removida en un transformador ferrosonante para obtener la forma de onda senoidal lo hace comparativamente de baja eficiencia.

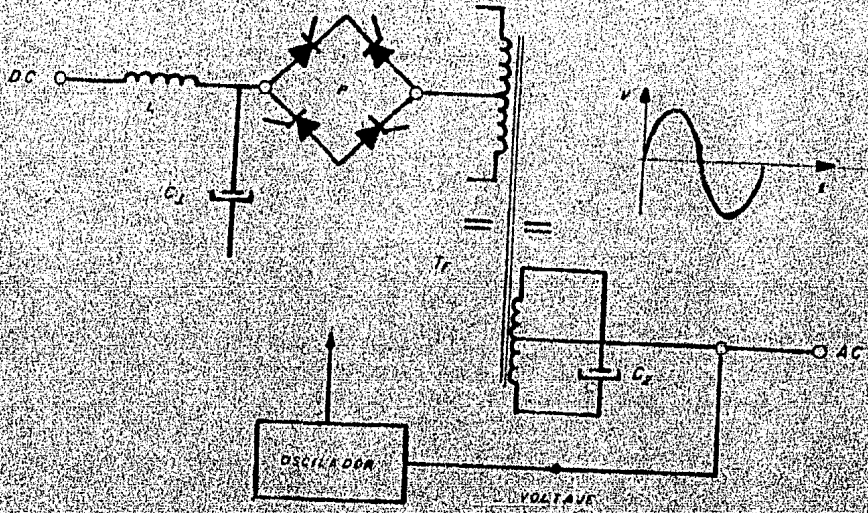


FIG. 38. INVERSOR FERRORESONANTE



## ONDA CUASI CUADRADA

Este arreglo es muy simple y usa regulación electrónica más que magnética. Esto se realiza por medio de un puente electrónico de 4 SCRs cuyo control provoca dos formas de onda cuadrada defasadas en tiempo y polaridad para poder conformar una onda senoidal.

La regulación de voltaje se lleva a cabo mediante el cambio de relación de la segunda forma de onda respecto a la primera; por lo tanto variando la anchura y amplitud del traslape de las ondas anteriormente mencionadas de acuerdo al valor de la última onda senoidal de la salida.

Un filtro inductivo-capacitivo sintonizado es empleado para eliminar las armónicas superiores a la tercera por crear efectos destructivos de distorsión.

Las mejores características de este arreglo están normalmente limitadas por el diseño del filtro y la impedancia de la carga, ya que si esta varía se deberá modificar el filtro, por lo cual se puede considerar como una desventaja. ( Fig 39 )

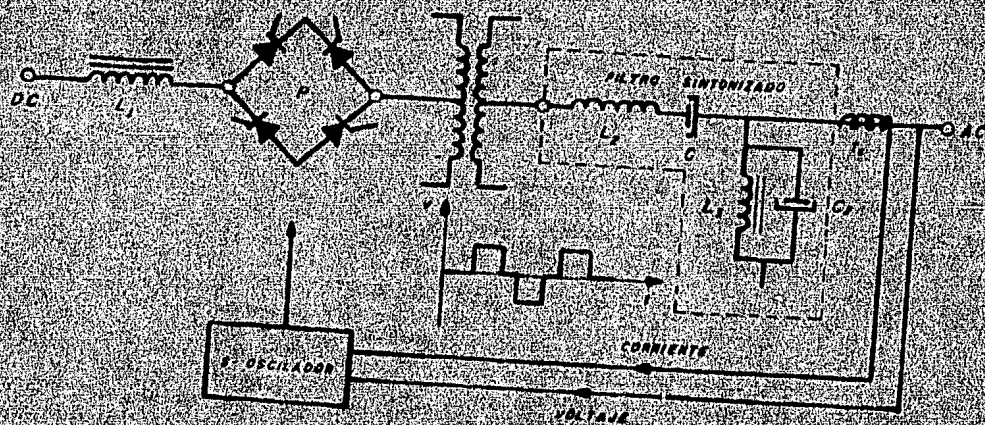


FIG 39 -- INVERSOR DE ONDA CUASI CUADRADA CON FILTRO CONFORMADOR



### MODULACION POR ANCHURA DE PULSO

Los fabricantes de este inversor diseñaron este arreglo como representativo de la cuarta generaci3n de la era t3cnica-electr3nica de los SFIs.

De hecho este arreglo es similar al anterior con la excepci3n de la configuraci3n y el n3mero de componentes y el que hace uso de un n3mero mayor de pulsos modulados en anchura con variaciones de polaridad por medio de dos puentes inversores de SCRs independientes donde cada uno de ellos tiene control sobre una polaridad de la forma de onda resultante que en este caso es un tren de pulsos de anchura variable con un cambio de polaridad de acuerdo a la frecuencia y grado de conformaci3n deseada de la onda senoidal requerida. Todo esto mediante un circuito de control m3s sofisticado en circuitos Integrados.

Esencialmente el circuito de control maneja una onda cuadrada con una frecuencia relativamente alta respecto a arreglos anteriores ( 12 KHZ ) y cuyo comportamiento esta determinado por la forma de onda en la carga; debiendo adem3s poseer los SCRs un tiempo de conmutaci3n bastante alto sobre todo en lo que respecta a su apagado.

Normalmente se usa un circuito LC sencillo para la conformaci3n de la onda senoidal de salida y la retroalimentaci3n correspondiente para efectuar una buena regulaci3n. ( Fig 40 )

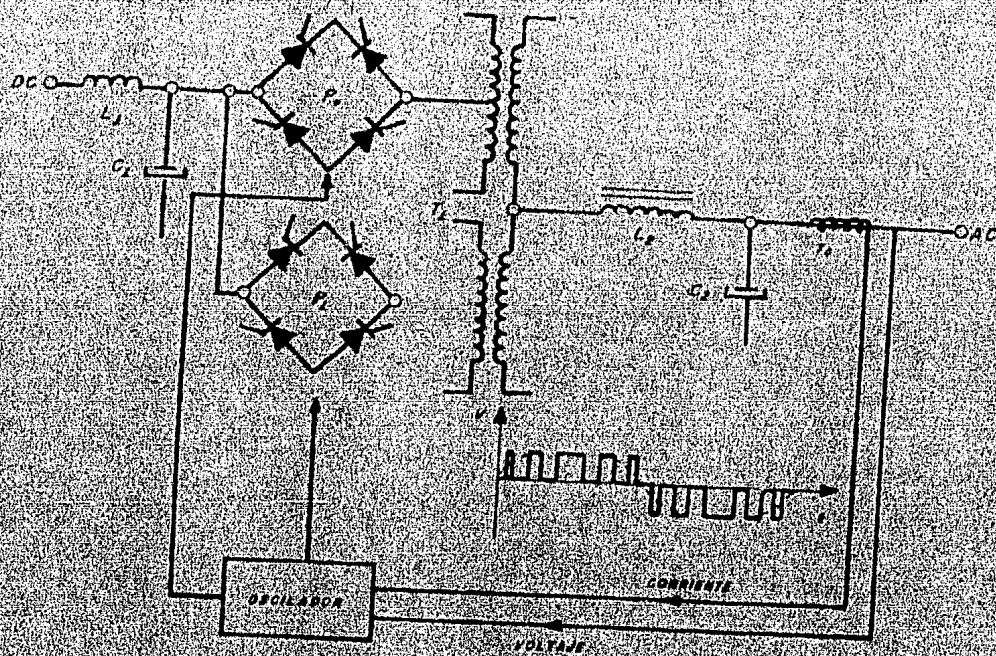


FIG. 40. — INVERSOR MODULADO POR ANCHURA DE PULSO



## FORMA DE ONDA SINTETIZADA ( ESCALONADA )

Este circuito normalmente se usa en forma trifásica empleando un sistema inversor muy grande y relativamente complicado ya que en cada fase hace uso de un puente de SCR's ( o medio puente de acuerdo al grado de sofisticación ) de tal manera que la forma de onda generada es senoidal formada por seis escalones cada ciclo y cuyo corrimiento en fase respecto a los demás nos proporciona una forma de controlar el voltaje; teniendo en cuenta que cada fase genera un tren de pulsos cuadrados, manteniendo un defasamiento entre fases de  $60^\circ$ .

Normalmente el control de frecuencia se efectúa mediante un oscilador, con un transistor unijuntura en su circuito o un cristal, alimentados desde una fuente de voltaje directo independiente bastante bien controlada y regulada para que no se vea afectada por las variaciones de carga o frecuencia del sistema a controlar y pueda así proporcionar los pulsos de disparo hacia los circuitos de control de los SCR's, causando estos que se lleve a cabo en forma adecuada y funcional la interrelación de los tres diferentes trenes de pulsos de cada fase. Efectuándose la conformación de la onda senoidal por medio de un transformador el cual permite sean obtenidas estas en una conformación escalonada.

Dado que la salida en sí tiene un comportamiento senoidal su conformación de digital a analógica requiere de un mínimo de elementos filtrantes para llevarla a cabo en forma bastante satisfactoria.

Normalmente para controlar efectivamente la calidad del suministro eléctrico, se hace uso de circuitos de control incorporados o que afectan directamente a los de disparo de los SCR's tomados de las variables de salida en forma proporcional e independiente para cada equipo e instalación.



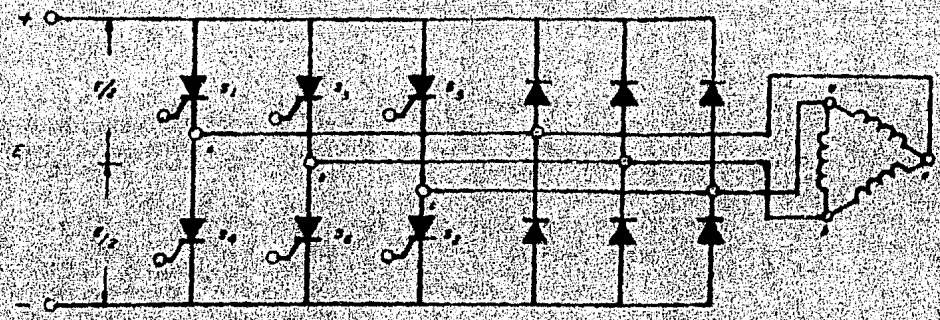


FIG. 41. — INVERSOR TRIFASICO DE FORMA DE ONDA ESCALONADA

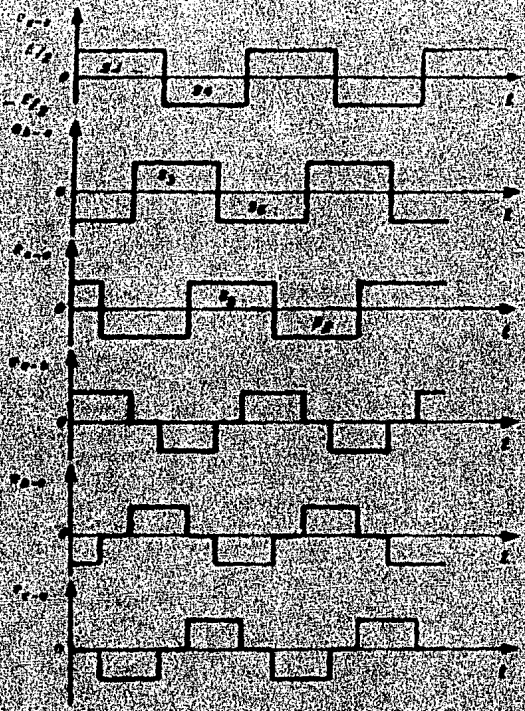


FIG. 42. — FORMAS DE ONDA DE LA FIGURA 41

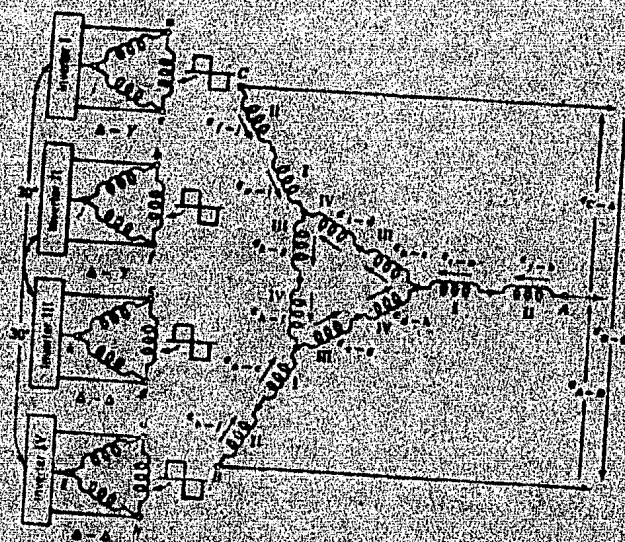
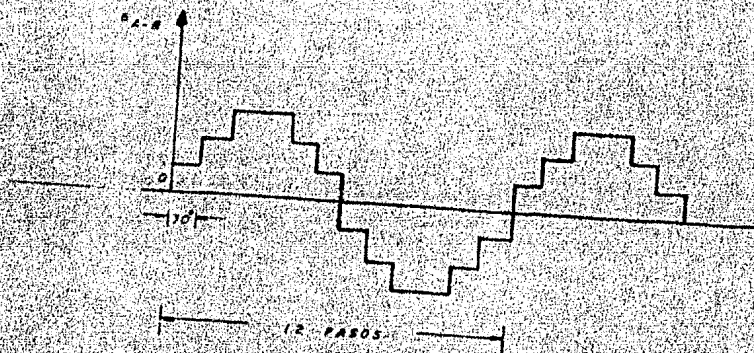


FIG. 42 TRANSFORMADA Y FORMAS DE ONDA DE LA FIGURA 41

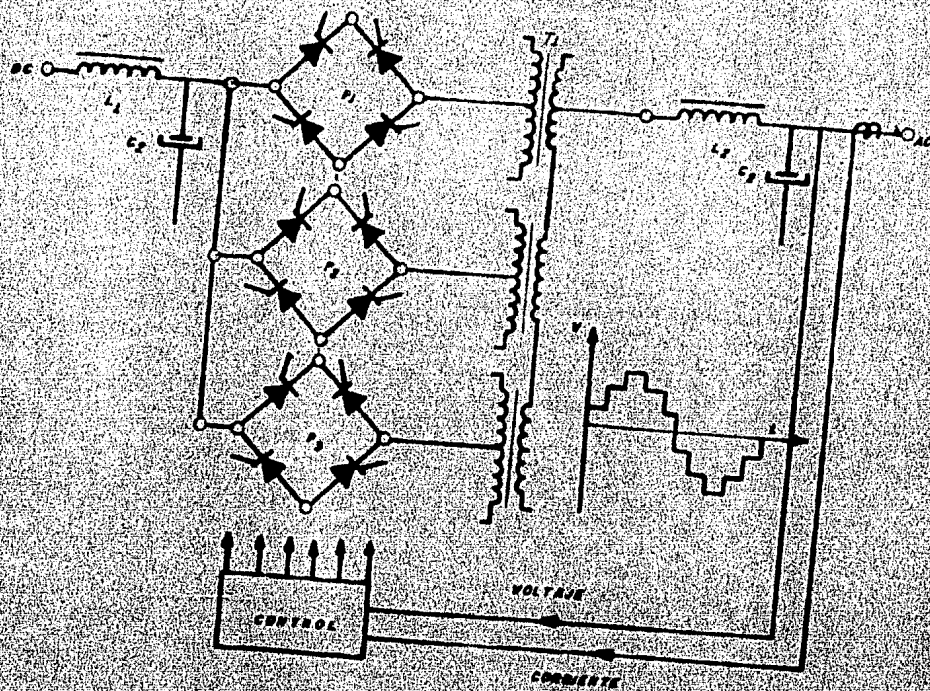


FIG. 48.— INVERSOR DE FORMA DE ONDA SINTETIZADA



C A P I T U L O   I I I

A N A L I S I S   I N T E R A C T U A D O

D E   U N

S I   F I



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

El sistema de fuerza ininterrumpible en cuestión está destinado a suministrar energía eléctrica a un sistema de cómputo o procesamiento de datos del considerado como mediano y cuya capacidad puede ubicarse entre 15 y 125 Kw, en un arreglo trifásico. Con las siguientes opciones:

|                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| Voltaje de entrada  | : 208, 240, 415 o 480 Volts |
| Voltaje de salida   | : 120, 208, 277 o 480 Volts |
| Voltaje de baterías | : 120 o 248 Volts           |
| Número de baterías  | : 60 o 120                  |
| Eficiencia promedio | : 80%                       |
| Factor de potencia  | : $\pm 0.8$                 |
| Potencia nominal    | : 120 KW                    |

Y las siguientes características:

- 1) - Rectificador
  - a) - Con forma de control : Por Fase
- 2) - Inversor
  - a) - Con forma de control : Por Fase ( con circuitos integ)
  - b) - Forma de onda : Cuadrada
  - c) - Onda de salida : Senoidal Sintetizada ( 6 pasos)
- 3) - Filtro : Inductancia/Capacitancia
- 4) - Tipo de Transfer ( XFER ) : Electromagnético
- 5) - "BY PASS" : Directo de la línea comercial.

De acuerdo a estas características se trata de un SFI de la cuarta generación pero híbrido, dado el uso de transferencia electromagnética y no estática a través de componentes de estado sólido y el uso de componentes discretos en señalización y medición analógica.

Se hace uso de diez esquemas de los cuales los dos primeramente mencionados corresponden descriptiva y exclusivamente al rectificador trifásico y los restantes al inversor interactuado con las diferentes secciones de protección, señalización y senseo. Se hace solo incipiente en el análisis de una fase y la representación de las restan-



tes por medio de modulos o cuadros quedando implícito que contienen el arreglo y los mismos elementos que el mostrado.

Los esquemas poseen una serie de coordenadas alfanuméricas a las cuales haremos referencia para localizar; modulos o componentes de la siguiente manera, mediante tres caracteres.

El primer carácter numérico indica el número de esquema ( 1 a 10 )

El segundo carácter alfabético ( A a H ) representa la ordenada

El tercer carácter numérico indica la abscisa del esquema.

Ejemplo : 2H7

Esquema número 2

ordenada dentro del esquema número 2

Abscisa del mismo esquema.

En algunos de los circuitos se da el nombre de una señal y la coordenada de hacia a donde va ( si es salida ) o de donde viene ( si es entrada ) llegando a encontrar múltiples indicaciones de una misma de acuerdo a su utilización en diferentes circuitos.

En la descripción del circuito serán encerrados entre paréntesis las coordenadas. En caso de pretender hacer destacar un módulo la coordenada será al centro del mismo que normalmente está en recuadro de línea continua o discontinua.

Para simplificar el análisis del sistema dividiremos este en dos secciones principales Rectificador e Inversor y estas a su vez se dividirán en

- (i) - Suministro de energía
- (ii) - Activación o Funcionamiento de la sección en cuestión.

## 1) - Suministro de energía

Se lleva a cabo por la operación de CB1 (1A0), CB3 (2G3) y CB2 (1A6) en esta secuencia (sin tener ninguna consecuencia la alteración de esta).

## 11) - Operación:

Al activar a CB1 se proporciona energía a L1 a L3 las cuales actúan como filtros y amortiguadores de las variaciones de la línea comercial, posteriormente se alimenta tanto a T1 (1B1) como a los indicadores de "Power On" (1D0) y al CB2 (1A6).

Al ser alimentado T1 se proporciona CA a los ánodos de los SCR's del puente rectificador controlado por fase (1B3) (Trifásico de onda completa) restando solo su activación para cumplir su cometido.

Con la activación de CB3 se proporciona CA a T2, T3 y T4 (2G4) que conforman un arreglo Delta-Estrella, así como a un segundo devanado de T2 (2D5) al cual proporciona CA para el control por fase de los SCR's de rectificador (se suponen las otras dos fases por T3 y T4 (2D7 y 2F7) respectivamente).

La función del secundario del transformador T2 (2G4) es la de alimentar un puente rectificador trifásico de onda completa que mediante diodos zener conforman un módulo de fuentes auxiliares y voltajes de referencia para los circuitos de control y senseo del rectificador siendo  $\pm 20$  Volts y  $\pm 15$  Volts respectivamente.

Al generarse los voltajes de referencia y auxiliares estos son aplicados al circuito de arranque ubicado en (2B2) haciendo uso del relé Yador K1 (2H6) al cual es activado por la conducción en cadena de los transistores Q1 y Q2 (1H5) por la conducción del diodo zener Z1 (1H5) ante la presencia de los voltajes de  $\pm 15$  Volts, Generando la señal WLK que es aplicada al circuito de arranque en la forma siguiente:



Cuando esta desenergizado K1, con un juego de sus contactos ( 12 y 13 ) en (2H7) es aplicado a la base de F1 (2B2) un voltaje negativo proporcionado por los condensadores de la fuente auxiliar que están en proceso de carga o que ya poseen un potencial negativo o nulo evitando que F1 conduzca.

Al activarse K1 este potencial cambia y permite que C6 y R27 (2C2) formen un circuito de retardo para el encendido de F1, al alcanzar por carga este valor F1 proporciona una señal de alimentación hacia el circuito de control estabilización de corriente (2C4) cuya salida esta aislada por un diodo hacia una OR alambrada la cual representa la entrada al circuito de control de disparo del rectificador y constituye la señal de error.

Esta OR alambrada es alimentada por tres amplificadores operacionales A1 (2D4), regulador de voltaje A2, regulador de corriente (2C2) ( en forma indirecta ) y de A3 (2B4) amortiguador de corriente.

Cabe hacer notar que el interruptor de CA, CB1 esta controlado tanto por el circuito de sobrecorriente, inherente al interruptor como por el circuito de protección por alto voltaje (2E1).

#### CIRCUITO REGULADOR DE VOLTAJE Y LIMITADOR DE CORRIENTE.

Este circuito es alimentado principalmente por la fuente auxiliar de + 15 volts para los amplificadores operacionales antes mencionados.

Para condiciones de arranque, dado que F1 no conduce se inhiben las salidas de A1 y A3 por producir polarización negativa de sus diodos aisladores hacia la OR alambrada; por lo que no contribuyen a modificar en nada el nivel del voltaje de error. Salvo en el caso de accionar CB3 antes de CB2 y existiera una circulación de corriente considerable a través del shunt del ampermetro (1C4) ; dando en todo caso una corrección del nivel del voltaje de error para el circuito de control del rectificador.



Al sería alimentado por el divisor de tensión formado por el circuito de carga del banco de baterías, que tendría como voltaje extremo a  $V_{sb} = V_c$  ( Voltaje del capacitor ) y en el otro extremo -15 Volts, y un voltaje de referenciade +15 V, por lo que se obtiene como máximo voltaje de error de salida este valor.

En el caso de accionar CB2 antes de CB3, para A2 se tendría una circulación mínima de corriente por efectuarse en ese momento la carga del capacitor de filtración y las bobinas L4 y L5. Y estando hasta aquí en las mismas condiciones del caso anterior, salvo la diferencia de descarga completa del condensador y una señal mayor por tener alimentación directa del banco de baterías generando por eso un voltaje un poco mayor pero con la característica de máxima carga

En operación normal A2 continúa amplificando el voltaje de senseo através del shunt del amperímetro incrementando con su salida amplificada la conducción del FET F1 y con ello la cantidad de señal al circuito amortiguador-estabilizador de límite de corriente A3 para aportar señal de corrección a la OR alamburada el cual influiría en el circuito de control de pulsos de disparo del los SCRs para gobernar el paso de corriente de un semiciclo de AC de acuerdo al comportamiento del voltaje y corriente de salida del sistema rectificador.

Los capacitores C1, C2, C4 y C5 de los amplificadores operacionales A1 y A3 son usados como retroalimentaciones del circuito compensador de error para amortiguar la respuesta y evitar oscilaciones degenerativas de los mismos.

#### Circuito de control de pulsos del rectificador ( 287 ).

Este circuito tiene como elementos principales a T2 ( 285 ), el cual proporciona señales proporcionales de la línea de AC a controlar y la señal de error generada por el circuito regulador de voltaje, ambas son amplificadas por dos amplificadores operacionales A1 y A2 ( 286 ) que constituyen la entrada de un oscilador de bloqueo cuya salida nos va a proporcionar los pulsos de disparo de los SCRs correspondientes a cada una de las fases del circuito rectificador de onda completa trifásico. Estos pulsos de control son acoplados magnéticamente por T1 ( 288 ) siendo controlados solo dos SCRs por

cada circuito ( 2D<sup>o</sup> ) y ( 2G<sup>o</sup> ) de tal manera que se regulan las características de salida del rectificador en cada una de las fases a través de los circuitos mencionados.

Al ser accionado CB3, T2 acopla AC de la línea comercial tanto para las fuentes auxiliares como para el circuito de generación de pulsos de control de los SCRs.

T2 consta de un devanado trifásico secundario para proporcionar los voltajes auxiliares y de tres circuitos magnéticos adicionales, cada uno de los cuales es ubicado en una de las fases del sistema formando dos devanados; uno con derivación central y el otro no.

El devanado de derivación central es usado para alimentar el circuito amplificador de error dado que su "Tap" central es unido al voltaje de error del circuito regulador y el otro devanado proporciona señal a escala de la línea de AC al amplificador diferencial del circuito oscilador de bloque ( 2E7 ).

El hecho de conectar la señal de error al "Tap" central del transformador implica anexar un nivel de CH a la señal de AC constituyendo la entrada de un circuito comparador constituido por los Amplificadores operacionales A1 y A2 ( 2E6 ) respecto a nivel cero, conduciendo alternadamente cada una de las ramas del amplificador diferencial obteniendo una señal con una componente proporcional del error detectado por el circuito de la etapa anterior.

( Ver figura 48 )

Alimentando con estos valores de voltaje c/u de los colectores de los transistores que conformen el amplificador diferencial y cuyas bases tienen por señal la del transformador antes mencionado de tal forma que los voltajes colector y base coinciden en el mismo transistor; de tal manera que cada transistor del amplificador diferencial opera solo en cada semiciclo de señal que habilita el circuito comparador, generando una señal proporcional en defasamiento a la señal de error; provocando un inicio de rectificación defasado respecto a la forma de onda de la línea comercial aplicada a los ánodos de los SCRs del puente rectificador trifásico de onda completa.

Las salidas del amplificador diferencial ( Fig 48e ) son aisladas mediante diodos interconectados de tal manera que forman una OR a - lambrada que alimenta la base del transistor Q3 ( 2A7 ), que consti - tuye un oscilador de bloqueo cuya principal característica es la de presentar un valor de voltaje de salida máximo al inicio de la con - ducción estabilizándose en un valor constante e incluso cortarse du - rante un porcentaje bastante alto del ciclo de operación.

Este oscilador inicia su operación con un valor de polarización di - recta de su unión base-emisor presentando un periodo de alta conduc - ción de corriente en el primario de T1 ( 2B8 ), teniendo lugar si - mltaneamente un incremento de voltaje en el colector y emisor pola - rizando directamente a CR5, que al conducir disminuye el voltaje de colector-emisor de Q3 provocando una menor conducción de corriente en T1 conforme se carga C3 obteniéndose una forma de onda del osci - lador en forma semicuadrada con un pulso en el flanco de subida ( fig 48f ), la cual se induce al secundario de T1 ( 2B8 ) el cual es - ta conectado al cátodo y gate del SCR CR3 cuyo ánodo maneja una for - ma de onda como la de la fig 48g logrando su encendido durante los 180° eléctricos de la forma de onda AC de la línea comercial y en - el siguiente semiciclo conduce CR4 induciendo un pulso al devanado 1-2 de T1 que es aplicado a G4 de CR4 ( 1A3 ) con el fin de lograr la conducción complementaria de los SCRs en cada semiciclo operando solo el SCR con polarización directa efectuando su apagado al final de los 180° del semiciclo cumpliendo el puente su función de rectifi - cador de onda completa, obteniendo las formas de onda de la figura 48h, las cuales al ser filtradas por C7 ( 1B4 ) incrementan su valo - r eficaz de manera similar a la figura 48i habiendo así controlado la etapa rectificadora por control de fase.

#### Circuito de protección de sobrevoltajes ( 1G2 )

Del esquema 1 tenemos las señales de HV ( 1D6 ) que alimentan al circuito ( 2G1 ) de protección mencionado cuyo divisor de tensión a - justable alimenta a una etapa de transistores en cascada los cuales conducen cuando en voltaje de entrada rebasa el especificado o a un



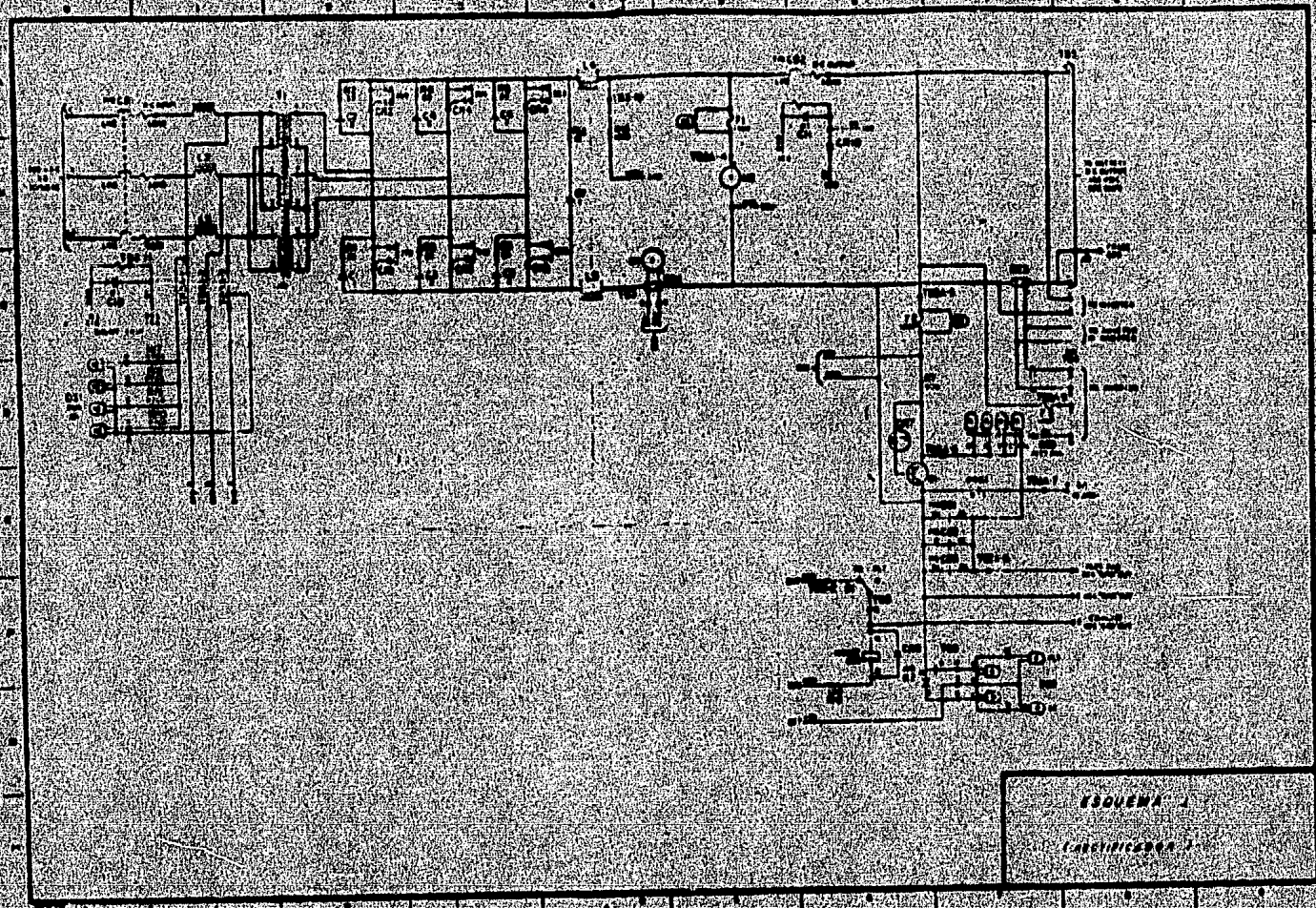
tado como umbral para el primer transistor que al iniciar su conducción provoca la de los demás dando como resultado la activación de la bobina del relevador K1 ( 2H2 ) en cuyos contactos se maneja la señal ST que cierra el circuito de las bobinas de retención de CB1 y CB2 ( 1C0 ) y ( 1A6 ) respectivamente haciendo que se mantengan los interruptores del rectificador, las fuentes auxiliares, circuitos de senseo, regulación y la operación del rectificador.

En caso de sobrevoltaje, los diodos zener en serie del circuito de protección contra alto voltaje entran en conducción provocando la desactivación de K1 que elimina la alimentación de las bobinas de sujeción de los interruptores CB1 y CB2 encendiéndose en este momento los indicadores de falla del rectificador ( 1D7 ) en el panel indicador apagándose los correspondientes a power on ( 1C0 ). Sonando la alarma audible al momento de conducir CR7 por avalancha y polarización directa de Q1 ( 1D6 ).

#### CIRCUITO DE FLOTACION EQUALIZACION DEL BANCO DE BATERIAS ( 1F6 )

En este caso el circuito de carga es de operación manual a través del switch S1 ( 1F6 ) el cual al ser accionado se cierran sus contactos de los cuales el 12 y el 8 permiten el encendido del indicador de equalización ( 1G7 ) cerrando además los contactos 9 y 5 ( 2A0 ) que puentean a la resistencia R11 y ponen a R12 dentro del circuito por la apertura de los contactos 9 y 1 haciendo que el voltaje de referencia y su respectiva corriente circule por la resistencia ajustable de equalización R12 que ajustados previamente junto con la relación de R3 con R4 a R6 ( 2E1 ) mantengan así será la señal de entrada para el circuito de regulación de voltaje efectuando la modificación de este, normalmente en equalización el voltaje de error tiende a cero haciendo que el ángulo de control de fase tienda a cero.

Como se habra notado el circuito de protección por sobrecorriente esta llevandose a cabo por las bobinas de sobrecorriente de los interruptores CB1 y CB2, los cuales son seleccionados de acuerdo a la capacidad nominal del SF1.



ESQUEMA 1

ESQUEMA 2

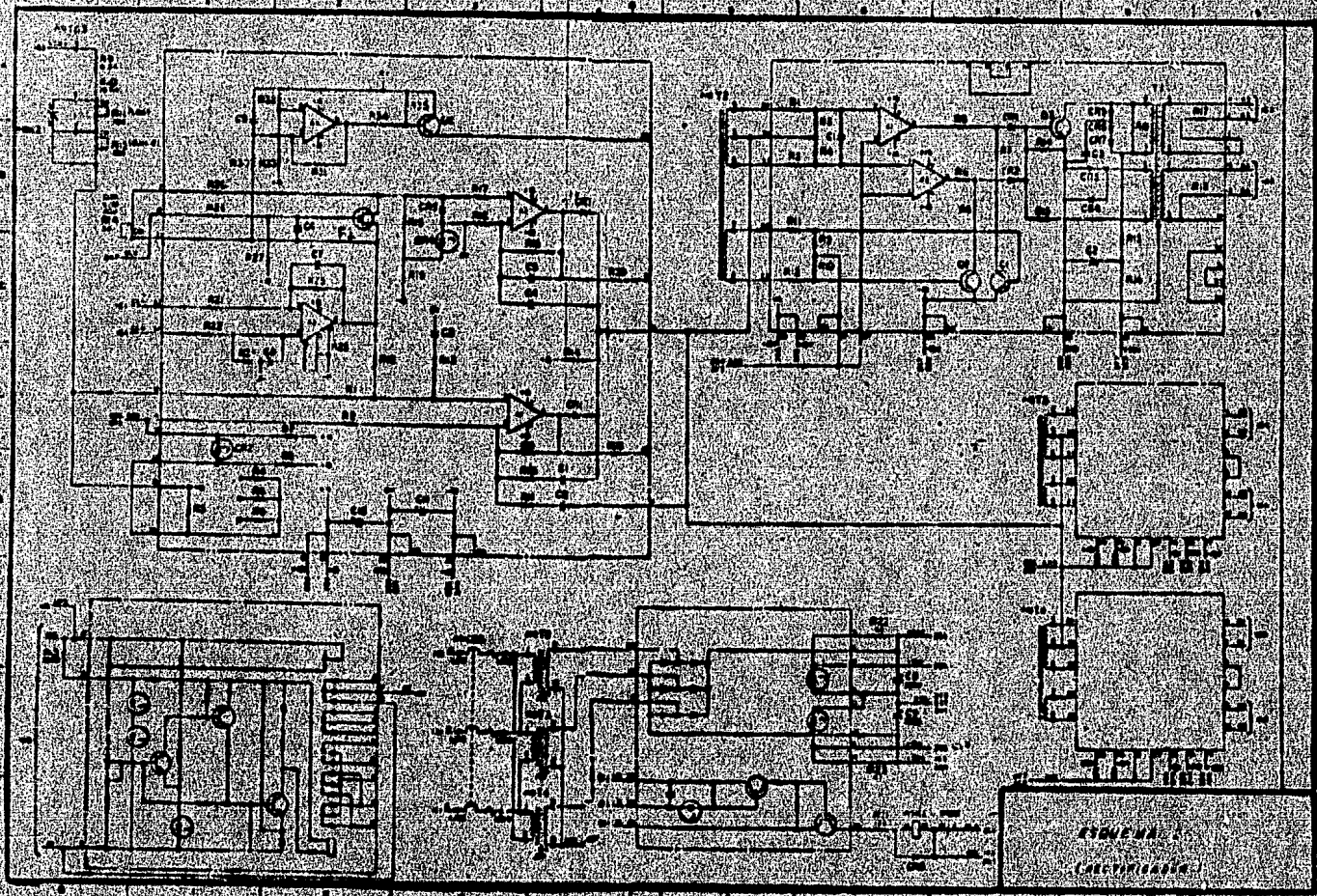


FIGURE 1  
CIRCUITRY



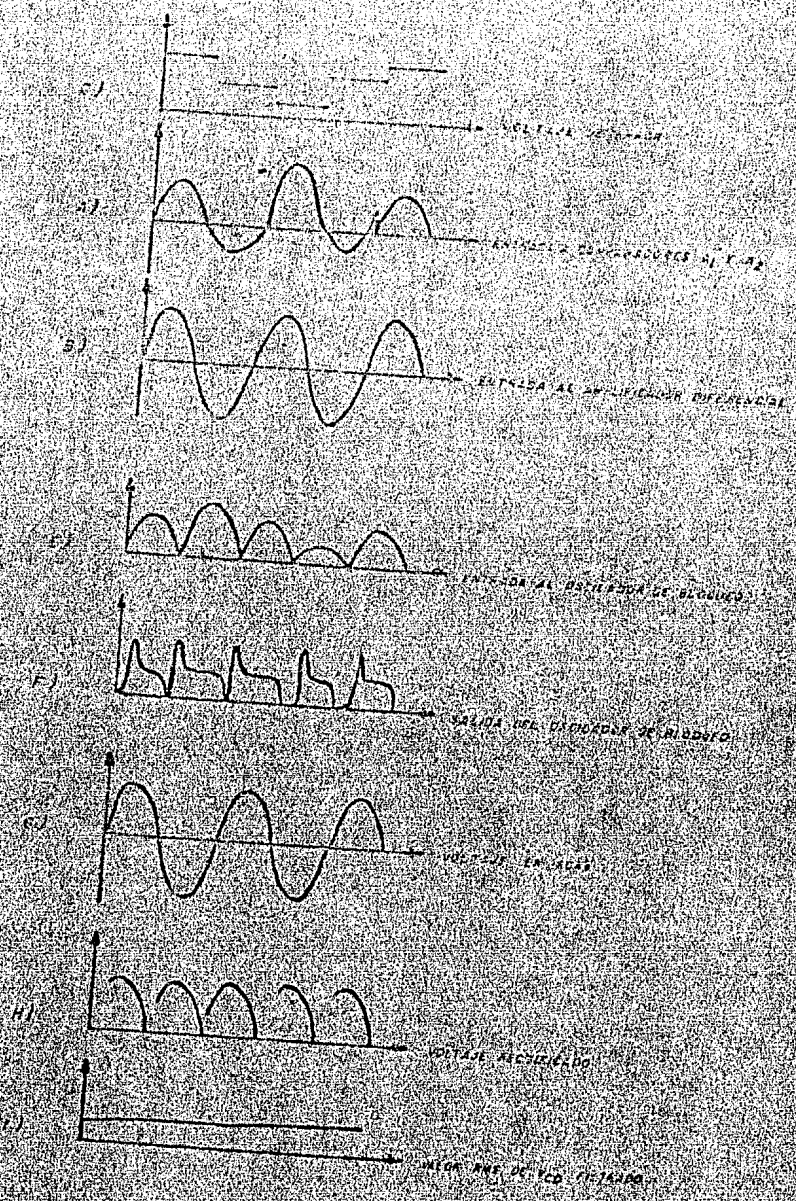


FIGURA 4.10

ajustado como umbral para el primer transistor que al iniciar su conducción provoca la de los demás dando como resultado la activación de la bobina del relevador K1 ( 2H2 ) en cuyos contactos se maneja la tierra que cierra el circuito de las bobinas de CB1, CB2 ( 1C0 ) y ( 1A6 ) respectivamente haciendo que se desactiven los interruptores desabilitando la conducción tanto de CA como de CD y con estas la alimentación de las fuentes auxiliares, circuitos de senseo, regulación, así como la eliminación del rectificador como posible fuente de la anomalía dejando trabajar al SFI con el banco de baterías, por un tiempo determinado.

Teniendo además que los diodos zener en serie del circuito de protección contra alto voltaje entran en conducción desconectando los contactos de amarre de CB1 y CB2 encendiéndose los indicadores de falla del rectificador ( 1D7 ) en el panel indicador y apagándose los correspondientes a PWR-ON ( 1D0 ).

#### CIRCUITO DE FLOTACION-EQUALIZACIÓN DEL BANCO DE BATERIAS ( 1F6 )

En este caso el circuito es de operación manual a través del switch S1 ( 1F6 ) el cual al ser accionado causa el cierre de sus contactos de los cuales el 12 y el 8 permiten el encendido del indicador de equalización ( 1G7 ) cerrando además los contactos 9 y 5 ( 2A0 ) que puentean a la resistencia R1 y ponen a R2 dentro del circuito por la apertura de los contactos 9 y 1 haciendo que el voltaje de referencia y su respectiva corriente circule por la resistencia ajustable de equalización R12 que ajustados previamente junto con la regulación de R3 con R4 a R6 ( 2E1 ) mantengan así será la magnitud de señal de entrada para el circuito de regulación de voltaje que como vimos efectuará la modificación de este.

Como se habrá notado el circuito de protección por sobre-corriente esta llevándose a cabo por las bobinas de sobrecorriente de los interruptores CB1 y CB2, los cuales son seleccionados de acuerdo a la capacidad nominal del SFI.



El inversor como se mencionó anteriormente es trifásico y está constituido por seis módulos similares al mostrado en el esquema 3 (3C3) conectados en paralelo al banco de baterías en los puntos (3A3) y (3E3) formando puentes monofásicos complementarios los cuales a su vez poseen dos SCRs los cuales operan alternadamente para proporcionar un voltaje de entrada al transformador T1 (3B9), (3D9) y (3F9) con formas de onda cuadradas las cuales acopla al secundario; aislando magnéticamente a la carga de la interacción directa con los SCRs.

El devanado secundario ubicado en el esquema 4 (4A0), (4C0) y (4F0) tienen conectado un banco de capacitores en cada fase (4B1) (4E1) y (4H1) C1 a C12 que conjuntamente con un arreglo de inductores interactuados magnéticamente (4A4), (4C4) y (4F4) L1 a L6 ayudan primeramente a conformar la señal de salida formada por seis pasos o "steps" semejando una onda senoidal escalonada; a senoidal pura y manteniendo su valor de voltaje y regulación dentro de un rango aceptable de operación por interacción magnética a pesar de las variaciones de carga y voltaje de CD de entrada.

Como parte del sistema de transferencia o acoplo a la carga se tiene un "transfer" (9B3) y (9D3) operado electro-magnéticamente por el sistema de transferencia sincrónica que nos permite efectuar cambios de sistema, para llevar a cabo el suministro de energía a la carga manual o automáticamente por la detección de alguna anomalía en cualesquier sistema de suministro.

Para poner en operación el sistema inversor se requiere de una secuencia de encendido la cual nos permite establecer una serie de condiciones iniciales de arranque óptimo permitiéndonos un buen funcionamiento.

Esta secuencia de encendido consiste en:

- 1) - Presionado del switch de arranque inicial S1 (10I1) y (10J1)
- 2) - Activación del breaker CB1 (3A1) y (3E1) 10 segs después de recibir "15V"



- 3).- Presionado del switch de transferencia síncrona "S2" ( 3B1 )  
y ( 3E1 ).
- 4).- Manipulación del selector de fuente de energía "S11" ( 9E0 ),  
( 9F0 ) y ( 9F3 ).

Teniendo como resultado al final de esta secuencia, si así se selecciona, el manejo de la carga a través del SFI sincronizadamente tanto en frecuencia y secuencia de fases como en voltaje; o mantenerlo en "Stand By" o guardia ( Preparado ). Para efectuar esta transferencia en cuanto detecte anomalías en el comportamiento de la línea comercial a través de sus circuitos de senseo/protección.

Como normalmente se hace se provee a todo el sistema de formas de señalización visual a dos niveles:

- 1) - Mantenimiento.- Mediante un panel detallado del comportamiento del sistema, en sus puntos vitales o de mayor relevancia; traducido en un conjunto denominado panel de mantenimiento. Ubicado en el esquema 10 ( 1006 ).
- 2) - Usuario.- A través de un panel descriptivo global que proporcione un panorama de interacción actual del sistema comercial y el SFI y que cuenta además con una alarma audible ( 1009 ).

Al activar S1 se proporciona una trayectoria auxiliar hacia el Inversor para que se efectúe la carga de los capacitores tanto de Eltrado C1 a C3 ( 3B5 y 305 ) como de conmutación C4, C7 y C10 ( 3B4 y 304 ) para evitar una conducción de corriente de arranque elevada la cual provocaría la activación de los elementos de protección como son fusibles o el térmico del CB1 ( 3B4, 304, 3B3 y 303 ), encendiéndose en este momento un indicador de neón ( 302 ) dependiente de S1 el cual se apaga al transcurrir entre 8 y 10 segs después de su activación indicando el cargado de los capacitores mencionados a través de R1 ( 304 ) y R2 ( 304 ) causando el encendido de Power On mediante un diodo emisor de luz ( LED ) A1 ( 305 ).

Este lapso de tiempo también es aprovechado para chequear el buen estado de los componentes que tienen LEDs ( Fusibles y capacitores ) y proporcionando energía a la bobina del contactor CB1 ( 560 ).

Al activar manualmente CB1 después de 8 a 10 segs se establece la trayectoria normal de paso de corriente llegando hasta el circuito de fuentes auxiliares del esquema 5 ( 561 ) el cual desarrolla diferentes voltajes a través de divisores de tensión, diodos zener's y reguladores de voltaje todo esto para desempeñar diferentes funciones entre las cuales están:

130 Volts. - Suministra energía para activar los SCRs del Inversor a través de los amplificadores de pulso en los seis diferentes módulos existentes ( 580, C, D, E, F y 68 ).

30 Volts. - Proporciona energía a los circuitos de control de sincronía de la línea ( 583 ), al oscilador controlado por voltaje ( 5C5 ) incluyendo al comparador de fase ( 583 ).

8 Volts. - Esta fuente de energía es utilizada para que otras fuentes auxiliares trabajen en forma independiente de la fuente de 5 Volts para circuitos de lógica, circuitos integrados ( 5D5, 5H4 ) y de los amplificadores de pulso de disparo de los SCRs ( 586 ) y los otros 5 módulos para efectuar la conversión de niveles de voltaje.

5 Volts. - Esta es una fuente de uso y potencia mínima y es generada por medio de un regulador de voltaje en circuito integrado para alimentar un circuito de retardo o amortiguador ( 5H2 ) para habilitar los circuitos del oscilador y decodificador de frecuencia ( 5F5 ).

Al haberse desarrollado completamente los voltajes de las fuentes auxiliares, dado que aún no se han activado o realizado los pasos complementarios al accionado total de la secuencia de encendido tenemos por el circuito de senseo ( 5F4 ) la ausencia de CA comercial con un circuito de tiempo CB0 ( 5D1 ) lo cual inhibe al comparador de fase causando que el oscilador de cristal oscile libremente a su frecuencia natural ( 2.034 MHz ) y el oscilador controlado por voltaje ( 5C5 ) suministre una frecuencia fija de tal manera que tenga

mos a la salida del sumador de pulsos ( 5B6 ) un total de 2.034 o 2.7648 MHz ( 50 o 60 Hz ) de acuerdo a la frecuencia seleccionada y ajustada previamente en la fábrica por ajuste en el comparador de fase del:

Angulo de sincronía, con el ajuste de este parámetro seleccionamos en que punto del pulso de cambio de cero a negativo proporcionado por el optocoplador ( 5A2 ) de las formas de onda de la línea comercial y la del inversor deberá efectuarse la comparación para obtener la indicación de adelanto-atraso y un voltaje de error o corrección acorde a este resultado para afectar al VCO al igual que los otros dos ajustes del comparador de fase.

Ventana de aceptación, mediante ella seleccionamos el rango dentro del cual deberá permitir el inversor hacer la comparación de frecuencia entre la de la línea y la del inversor acoplando o desacoplando al comparador de fase con una indicación simultánea del indicador de sincronía e inhibir la suma de pulsos.

Centrador de frecuencia, puede considerarse como un ajuste fino para establecer el voltaje de salida del comparador de fase hacia el 00V, de tal manera que cuando exista sincronía nos proporcione un voltaje que nos permita la obtención de una frecuencia cerrada al valor seleccionado de 50 o 60 Hz cuando la diferencia de fase es cero.

De acuerdo a lo anterior el 00V deberá ayudar a cubrir los siguientes rangos de frecuencia al operar a:

50 Hz      de 2.25 a 2.45 MHz      ( 49 a 51 Hz aprox )

60 Hz      de 2.71 a 2.81 MHz      ( 59 a 61 Hz aprox )

Con el único propósito de que el SFL pueda en un momento dado sincronizarse con la línea comercial dentro del rango de frecuencia ajustado en la ventana de aceptación.



Puede bien ya que se accionó CBI y se generarán los voltajes auxiliares; un circuito retardador ( 5G2 ) aplica un pulso retardado al circuito "Timer" de 5 segs para asegurarse de que el oscilador desarrolla su frecuencia plenamente y que el comparador de fase no detecte condiciones falsas; Inhibiendo a los contadores de frecuencia.

Posteriormente se habilitan los contadores de frecuencia los cuales actúan como divisores de frecuencia: el primero entre dos; que si consideramos que el SFI trabaja a 60 Hz obtenemos para 2,7648 KHz de entrada y 1,3824 de salida, en el otro divisor por 12 ( 115.2 KHz ) y en el de 16 ( 7.2 KHz ) por último en el contador divisor por 10 ( 720 Hz ). Todo en ( 5FA ).

En este punto existe un contador de doble frecuencia el cual desarrolla dos funciones:

- 1) - Dividir nuevamente la frecuencia por 2 obteniendo a su salida un valor de 360 Hz.
- 2) - Proporcionar a la siguiente etapa del decodificador de frecuencia que en este caso es denominado doble contador de anillo, dos señales de frecuencia iguales pero defasadas 180° eléctricos para que pueda efectuar correctamente su función.

Toca ahora al contador de anillo denominado así inadecuadamente, efectuar la labor más importante que es la de efectuar una "decodificación de la frecuencia de entrada" cuyo circuito es mostrado en la figura 60. En la cual se remarca la frecuencia de entrada de 360 Hz en sus puntos de entrada Q y P y cuyos componentes son compuertas AND ( A1, A2, A4, A5, A7 y A8 ) y FLIP FLOPs R-S; cuyas tablas de verdad se muestran en la fig 61. El comportamiento del circuito es de acuerdo a la figura 62 cuya única consideración de arranque es: A, B y C verdaderos ( positivos o nivel alto en lógica positiva indicando un uno lógico ). Obteniendo del circuito:

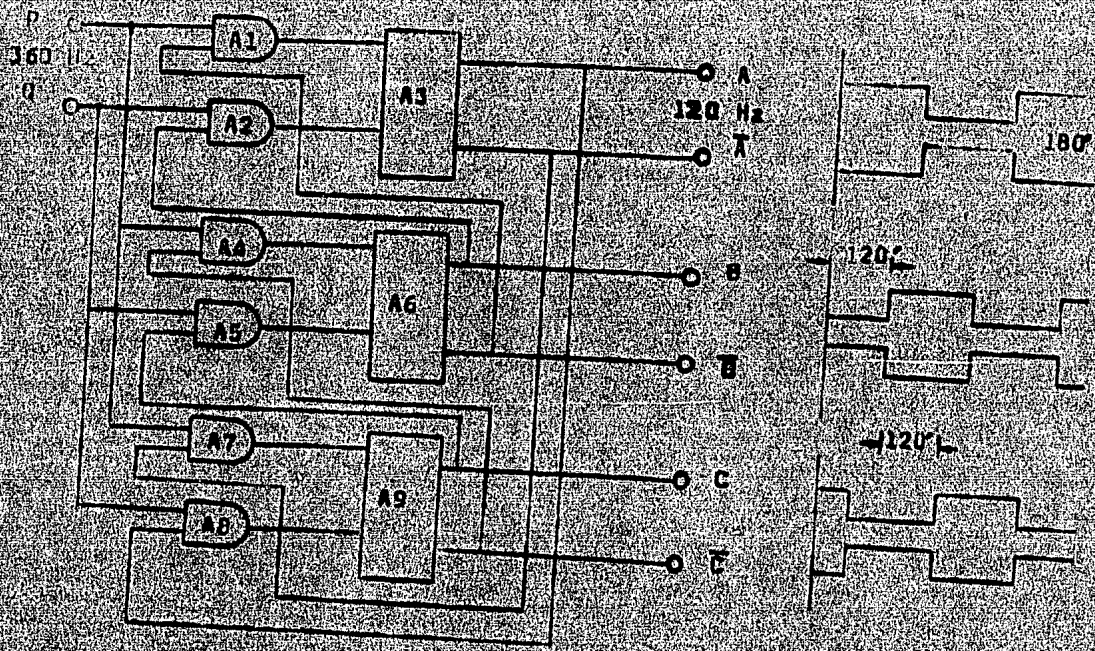


Fig. 50. Circuito decodificador de frecuencia construido con  
 señales de salida defasadas 180° y con una frecuencia de  
 un tercio de la de entrada, proveniente del contador de  
 doble frecuencia.



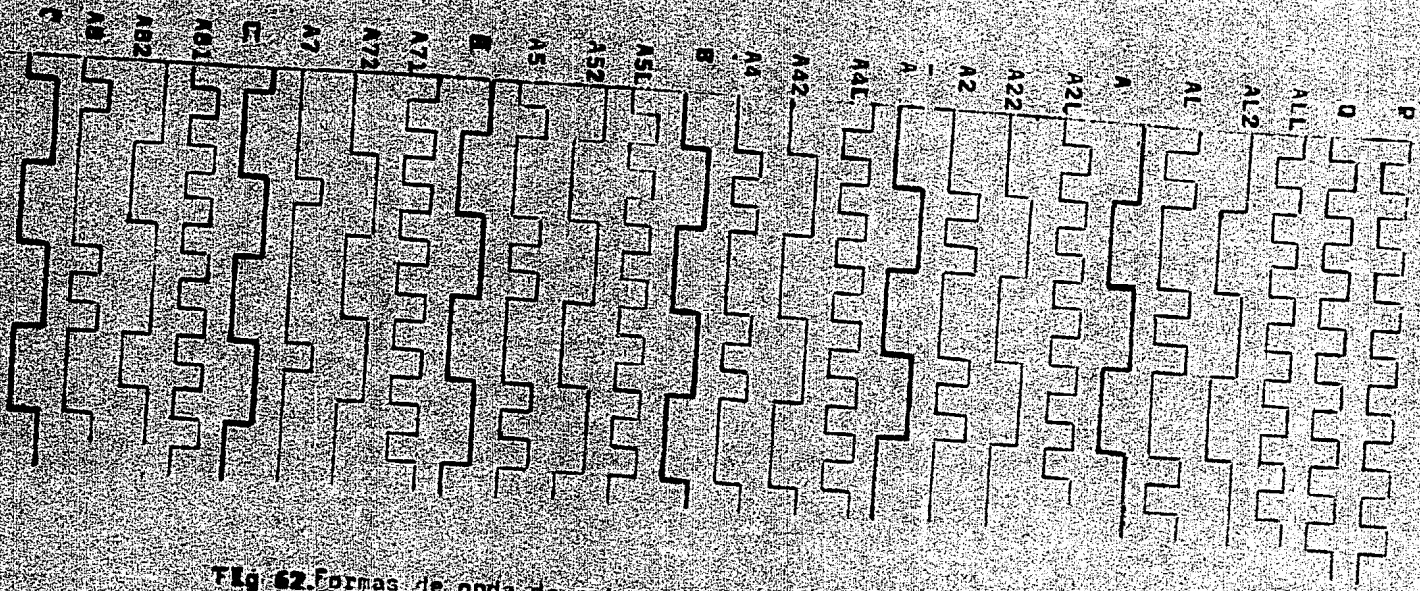


Fig 62 Formas de onda de entrada-salida del circuito mezclador de señal de la etapa de decodificación de frecuencia.

( 120 Hz )

( 360 Hz )



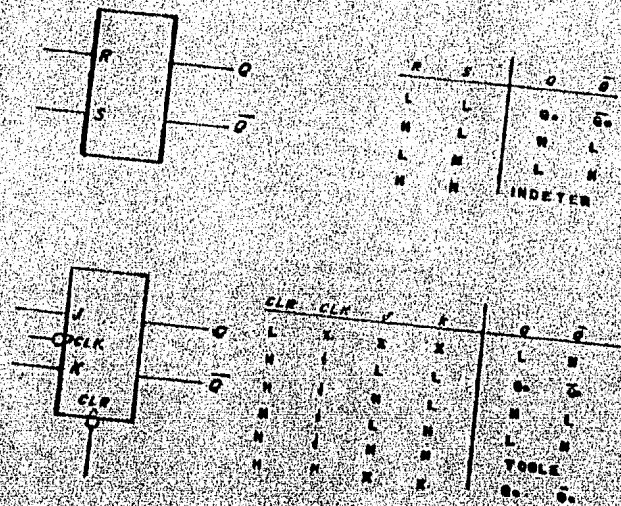


Fig. 61.- Tablas de verdad de los FLIP FLOP usados por el circuito de codificador de frecuencia (incluye a los de fig 60).

- 1).- Formas de onda sobre un mismo FLIP FLOP con  $180^\circ$  de defasamiento eléctrico
- 2).- Formas de onda entre diferentes salidas con un defasamiento de  $120^\circ$  eléctricos
- 3).- Formas de onda con una frecuencia de un tercio de la del valor de la de entrada, cualquiera que sea esta.

Estas salidas son aplicadas a la siguiente etapa que es un mezclador de señal pero también pueden ser aplicadas a otros módulos, cuando debido al tamaño y capacidad de la energía requerida se hace uso de un SFI en un arreglo redundante es decir dos o más SFI en paralelo suprimiendo así un número considerable de elementos asegurando una frecuencia y control únicos. Cabe hacer notar que solo se hace uso de una de las salidas del circuito decodificador de frecuencias, hacia el mezclador de señales que sirve como impulsor y divisor de frecuencia.

No existe problema de falla en cualquiera de los seis módulos inversores en paralelo ya que las tres fases son afectadas por el mismo ángulo de defasamiento y dado que a la salida del mezclador se obtienen ondas complementarias (  $180^\circ$  eléctricos de fase ) entre salidas de flip flop's y una fase entre flip flop's de  $120^\circ$  correspondientes a cada fase no se corre ningún riesgo de encendido-apagado de los puentes inversores fuera de secuencia.

Una vez obtenidas las formas de onda de control de los SCR's estas son aplicadas a los circuitos impulsores de cada uno de los puentes de inversión. Los circuitos están formados por un par de "BUFFER" y otro de amplificadores de pulso ya que cada uno de ellos maneja solo la señal cuya polaridad le corresponde ( Fig 65 ) sirviendo como acopladores de nivel de lógica a 130 volts . ( 5A0 ).

La forma de comportamiento de estos circuitos es de tal que en presencia de un nivel de la polaridad a manejar tienen como salida cero volts provocando una circulación máxima de corriente por devanado asociado causando por inducción magnética del transformador:

- 1).- El disparo de su SCR y la consiguiente conducción de CB através del mismo .
- 2).- La inhibición del SCR complementario al de conducción o mejor dicho asegurarse de la no conducción de ese mediante la aplicación de un voltaje inverso por la acción inherente del otro buffer sobre la otra mitad del devanado del transformador acoplador de pulsos, sobre el gate de este SCR complementario, y la acción autotransformadora.

Efectuándose en forma inversa el proceso en el siguiente semiciclo. Como una medida adicional y para hacer más efectiva la conmutación dentro del circuito inversor tenemos la bobina L<sub>1</sub> acoplada magnéticamente al otro devanado ubicado en la otra rama del SCR de tal manera que se obtiene la aparición de un voltaje de magnitud y polaridad igual pero opuesta al de la bobina en conducción siendo casi instantáneo, causando la conducción del SCR complementario por inversión de voltaje. ( 3A1 y 3A2 ).



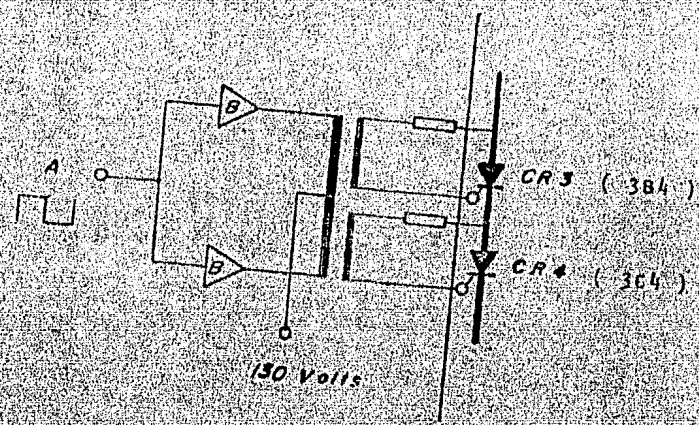


Fig 65 - Esquem. de un fase del circuito  
impulsor de los SCR (3C4).

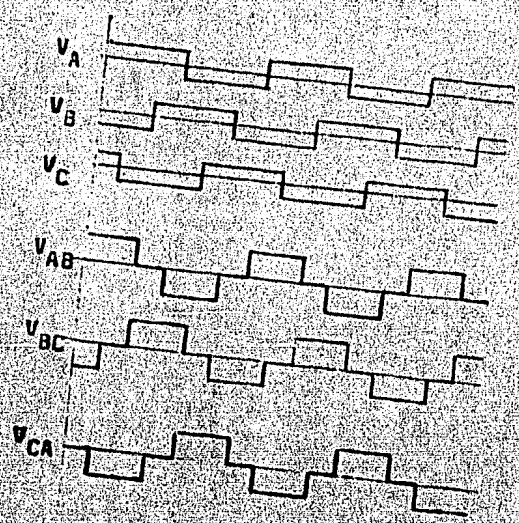


Fig. 66.  
Formas de onda del voltaje de entrada  
al primario del transformador principal  
del sistema inversor. ( 60 Hz )

Una función similar tienen los capacitores C4 y C7 ( 3B4 y 3D4 ), cuyo cambio de polaridad es más rápidamente comunicado a los extremos de la bobina L1 complementaria a la de ahora en conducción y que por sus características se opone a las variaciones de corriente provocando junto con el capacitor en serie, la acumulación o generación de voltajes inversos altos, por lo que para evitarle daños serios a cualquiera de los SCRs se anexan los diodos CR1 y CR2 ( 3B4 y 3D4 ), que además cumplen con la función de regresar en este punto por el alto voltaje; por efecto de conducción directa, la energía reactiva del circuito a la fuente de CD. Justificando su nombre y función de diodos de retroalimentación.

Otra justificación de los condensadores de filtrado es que evitan estas perturbaciones en cierta forma graves pero necesarias en el sistema inversor, para lograr la conmutación de los puentes inversores de acuerdo a las formas de onda proporcionadas por el circuito de control de los mismos dándonos como resultado de la interacción de los seis puentes inversores de onda cuadrada entre sus fases, las ondas cuadradas-tenoidales escalonadas a seis pasos ( uno cada 60° eléctricos ), de 60 Hz; la cual es acoplada magnéticamente por el transformador T1A, B y C ( 3B, D y F, 9 ), en un arreglo delta-estrella. Cuyo primario es alimentado con un par de bobinas ferrosónicas 2, que nos permitan el regulado del voltaje de salida tanto por incremento de sus bobinas como para compensar éste por frecuencia de operación.

Con la configuración de un arreglo DELTA, los condensadores C1 a C12 ( 4B, E y H, 1 ), se encargan de hacer un filtrado efectivo de la onda senoidal a pasos a una senoidal pura y conjuntamente con las bobinas L1 a L6 ( 4A, C y F4 ), que se interactúan magnéticamente formando una estrella doble en paralelo a la principal. Manteniendo en un rango bastante confiable la regulación, incluso con variaciones de carga considerables.

Ahora bien, ya que hemos obtenido CA de nuestro sistema inversor y dado que aún no hacemos ni la sincronización ni la transferencia hacia el SFI, hacemos uso de CA generada por CPE, para proveer determinados voltajes auxiliares para la circuitería de control y sensor del SFI, lo efano que para efectuar una indicación visual:

\* Hace L2 con C10 ( 3C4 y 3B4 ).



Esto se logra mediante un transformador doble T1 a T4 ( 6D5 ), el cual es alimentado tanto por CA de la línea comercial, como por la del SFI; de acuerdo a como este seleccionado por el interruptor S9 ( 6C2, 6D4, 6F2 y 6F1 ) que además proporciona las trayectorias adecuadas para el muestreo de los parámetros del sistema, mediante los aparatos de medición ( 6D2, 6D3 y 6E3 ), en cada una de sus fases para voltaje, corriente, frecuencia y potencia.

Los devanados asociados al secundario de este transformador ( T1 a T4 ), dan lugar a las siguientes fuentes auxiliares, cuyas funciones principales son:

+ 26 Volts. - Alimenta a los diferentes relevadores del SFI, lámparas ( 6B8 y 6E8 ) indicadoras del panel de mantenimiento y los transistores impulsores de los relevadores y da lugar a otras dos fuentes auxiliares independientes para los circuitos sensores de voltaje ( 12 y 5 Volts ), del sistema ( 8G3 y 8E3 ) ( 8D3 ).

+ 18 Volts. - Suministra energía para los circuitos de detección de falla de módulo y a los impulsores de los diodos optoacopladores-aisladores de los circuitos de control del panel indicador de mantenimiento ( 10B2 ) y ( 7E2 ).

+ 8 Volts. - Energiza exclusivamente los 8 módulos de diodos aisladores-optoacopladores ( 10B1 y 10E1 ) y da lugar a la fuente auxiliar de + 5 Volts mediante un regulador de voltaje ( 7F6 ), para la lógica de detección del circuito de módulo fallando ( 10A, R y Q ).

Estas tres fuentes cumplen con las funciones descritas, habiéndose filtrado sus voltajes, mediante una red de filtros ( 7E6 ), para evitar las variaciones en el cambio de sistema de línea comercial a SFI.

+ 12 Volts. - Proporciona este voltaje al panel remoto de indicación ( 6G8 ) ( 10D9 ), que bajo un diagrama unifilar nos monitorea el funcionamiento del sistema.

$\pm 120$  Volts.- Esta fuente auxiliar es exclusivamente destinada al circuito de control del estado de las baterías ( 7E6 )

Una vez generados los voltajes auxiliares tenemos los siguientes indicadores encendidos en el panel de mantenimiento:

Power On.- Por activación de K5 ( 10D4 ), ya que tenemos CA de la ( 10F5 ) línea comercial a la salida del SFI.

Out Sync.- Por la desactivación de K14 ( 503 ), pues aún no hay sin ( 10F6 ) cronfa.

ON Inverter.- Debido a la activación de K9 ( 1004 ) ( 10E5 )

Rect Norm.- K1 activo ( 2H7 ), dado que se encuentra activo el rec- ( 10A5 ) tificador.

AC-Line-Norm.- Por activación de K2 ( 10B4 ), por estarse usando el ( 10A5 ) "BY PASS", ( Circuito derivador o desviador de trayectoria )

En el panel remoto estarán encendidos los siguientes indicadores:

- 1).- Rectificador
- 2).- Bateria Normal ( Se considera cargada totalmente ).
- 3).- Inversor-Run
- 4).-  $\pm 12$  Volts CD
- 5).- AC Line
- 6).- OUT-CA-SIST.

En este momento, dado que el sistema en estas condiciones está listo y en espera de operar ( STAND BY ), pues está sincronizado en frecuencia, fase y voltaje con la línea comercial y se encuentran operando todos los circuitos de senseo y protección para que el sistema inversor sea el que proporcione CA a la carga, al operar su sistema de transferencia.

En estas circunstancias los circuitos encargados de tal función son los circuitos detectores ( 8C, E y G1 ) y los circuitos de impulsión aislamiento de relevadoras ( 10B2 y 10E2 ).

En lo que respecta a los circuitos detectores de voltaje, estos muestrean continuamente, en forma trifásica los tres puntos de existencia de CA en el SFI que son: la línea comercial ( 10A6 ), la línea del inversor ( 466 ) y la salida del sistema ( 10B5 ).

La forma de llevarlo a cabo es mediante un rectificador trifásico de media onda ( 803 ), a cuya salida tenemos un valor eficaz de voltaje de CD proporcional al número de medios ciclos rectificadas; el cual es aplicado a dos circuitos comparadores; uno para alto voltaje y otro para bajo voltaje.

El circuito detector de bajo voltaje, consta de un circuito detector de pérdida de cualesquiera de los semisenoides de la onda rectificada; dando como resultado la generación de un voltaje positivo constante, permitiendo que los circuitos de retardo ( 804 ) transfieran esta señal hacia los sensores de alarma de línea ( 10B1 ), alarma del sistema ( 10D1 ) o alarma del inversor ( 10E1 ) ( individualmente )

El funcionamiento de estos sensores es similar a usado por los circuitos de detección de modulo fallando ( 703 ); con la diferencia de que la señal de entrada la constituye un nivel de voltaje rectificado y filtrado completamente. Y la función que desarrollan es la de indicar si alguno de los pulsos de disparo de los SCRs no se generó.

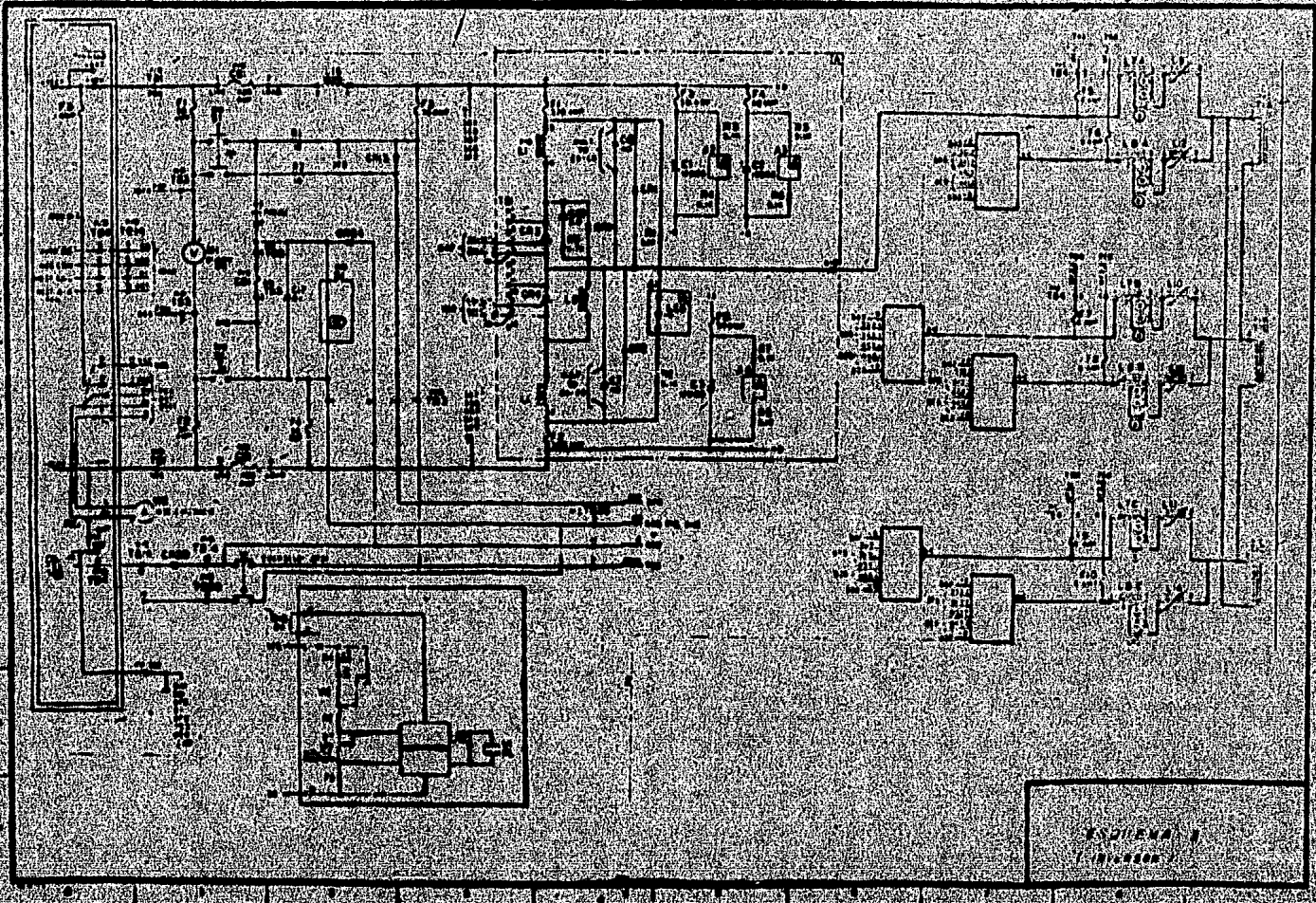
El circuito ( 702 ) sería para los pulsos positivos y el ( 702 ), para los pulsos negativos.

Al sensearse un alto o bajo voltaje, se genera un pulso positivo aplicable en ambos casos al retardador de 18 milisegundos; el cual si esta señal perdura más allá de este tiempo, lo comunica al de 250 mseg, que en el mismo caso de perdurar ocasiona que a su salida se obtenga este nivel de voltaje positivo.

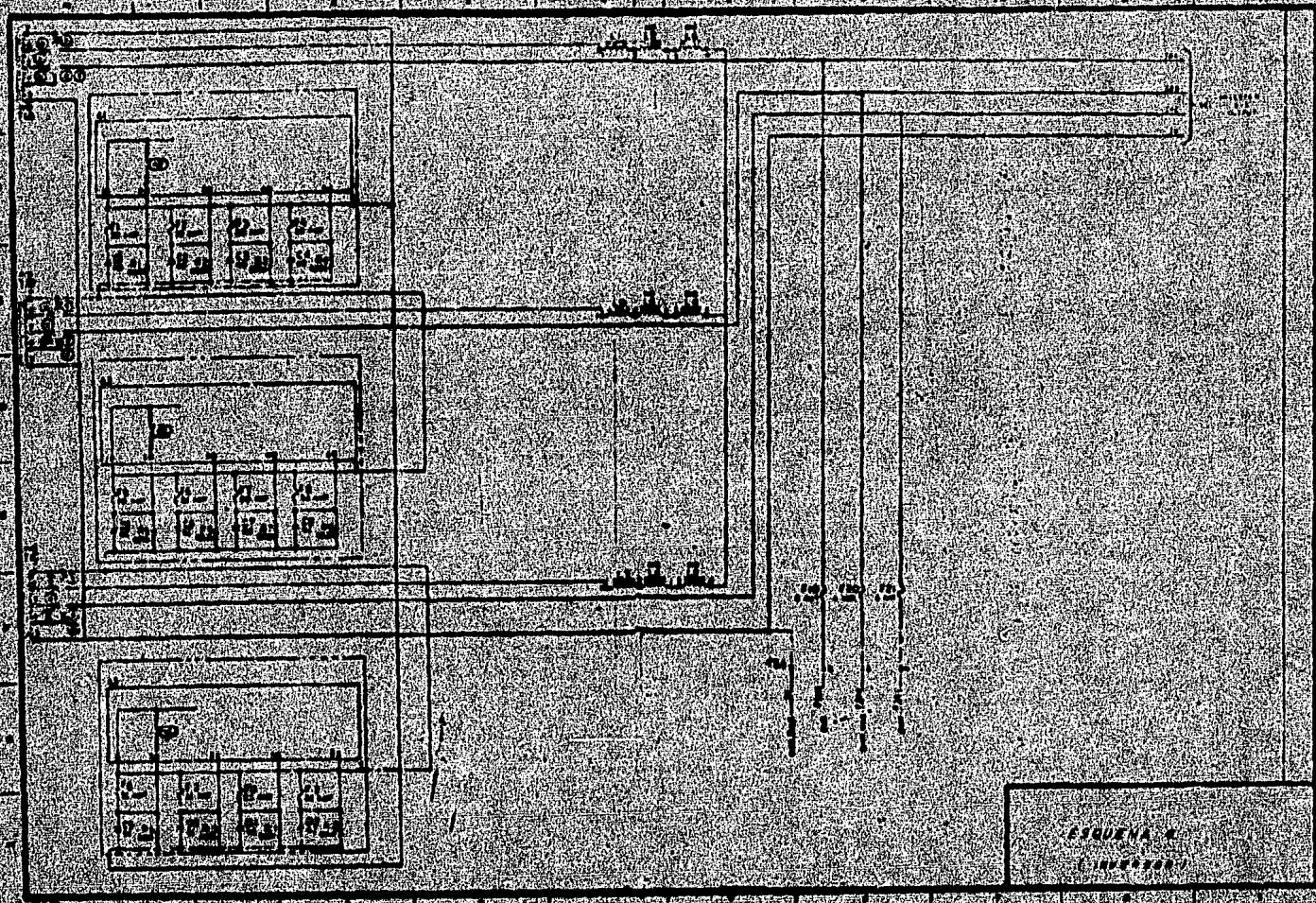
Esto provoca la conducción directa del zener CR10 ( 10B1 ), que corta la conducción del diodo emisor de luz ALD ( 10A2 ), cesando la conducción del fototransistor 02.0, que por ser PNP, se activa saturándose incrementando el nivel de polarización de 01.0 provocando su





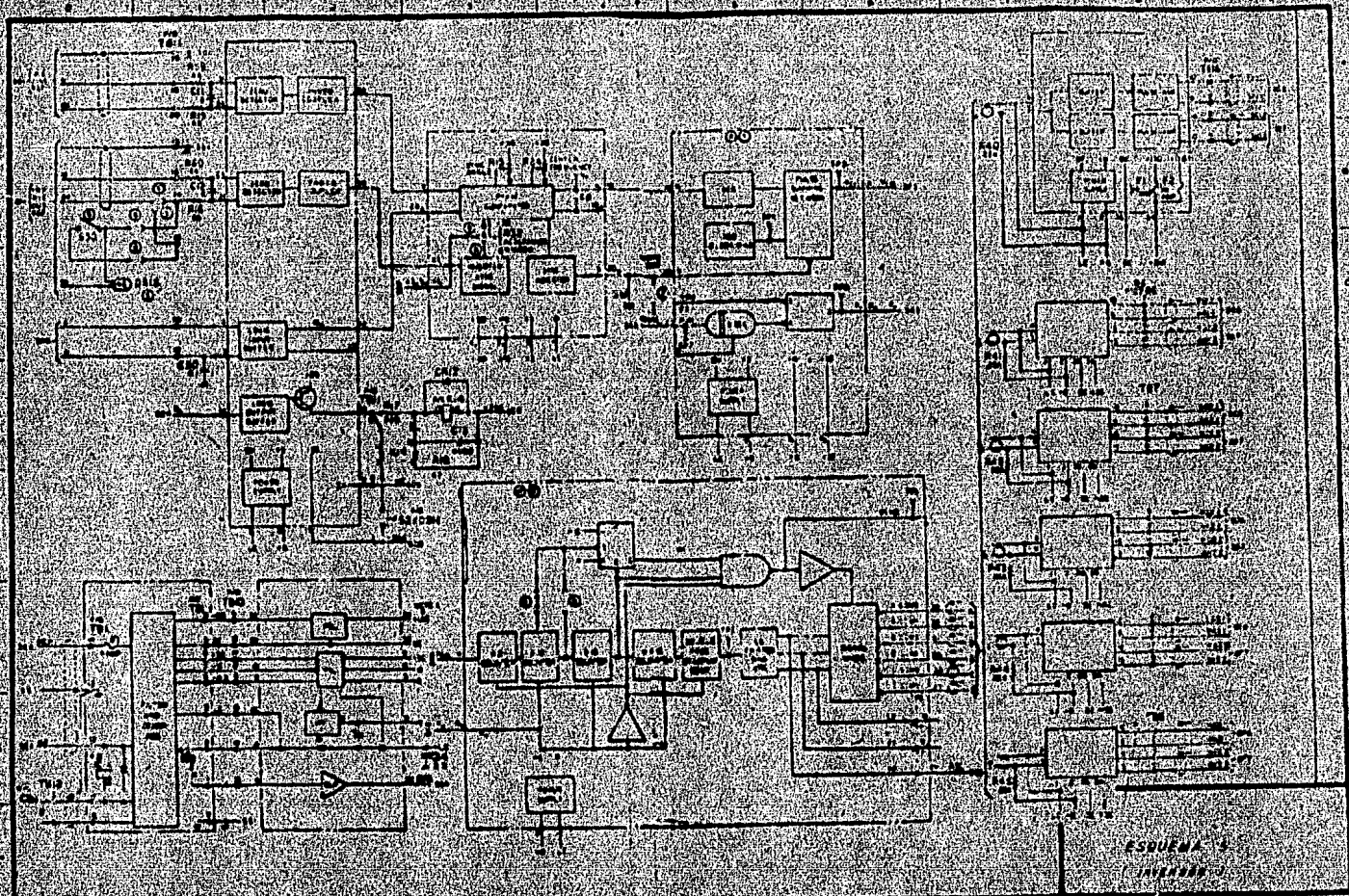


ESQUEMA 1  
(CONTINUA)

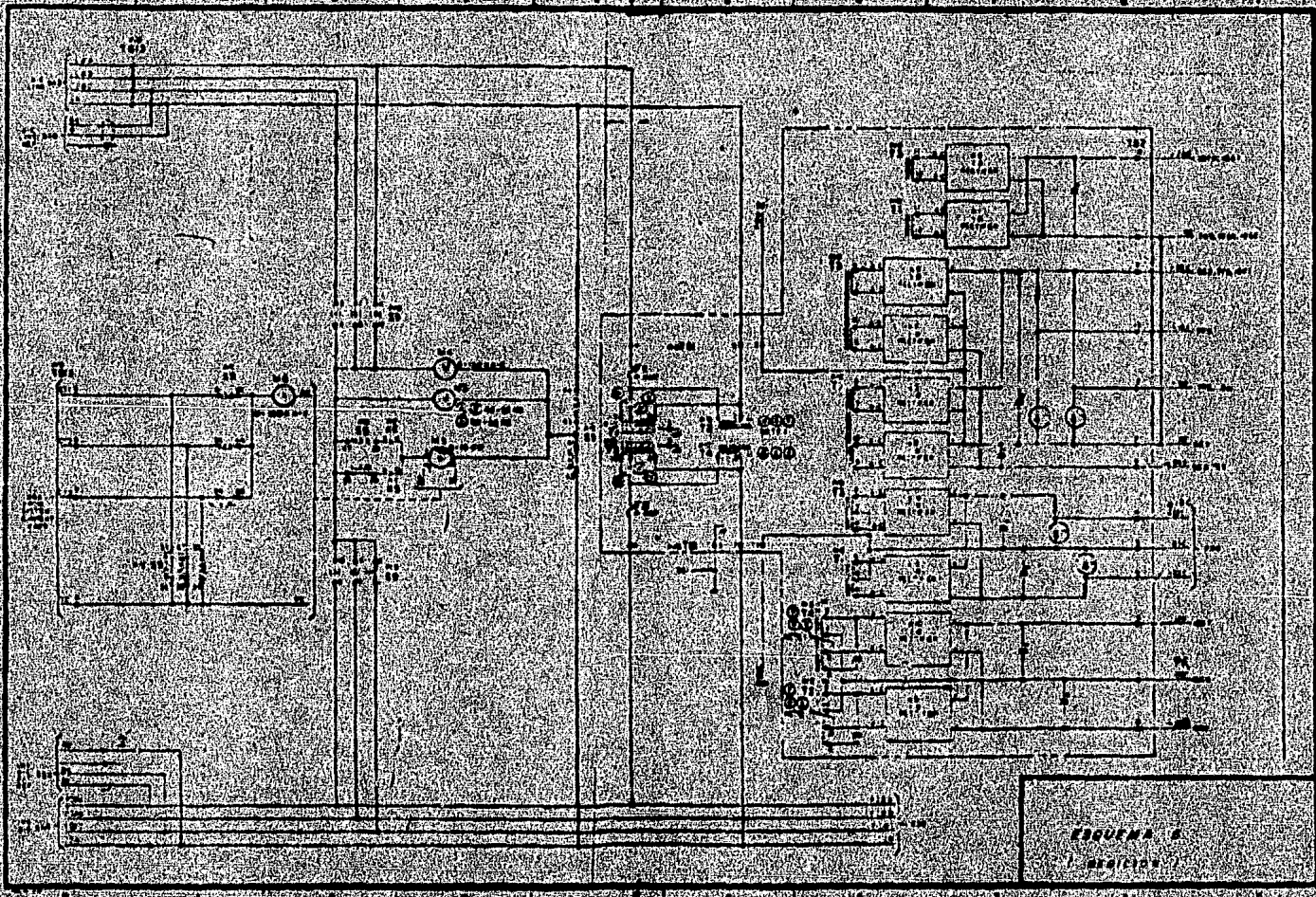


ESQUEMA N.  
1

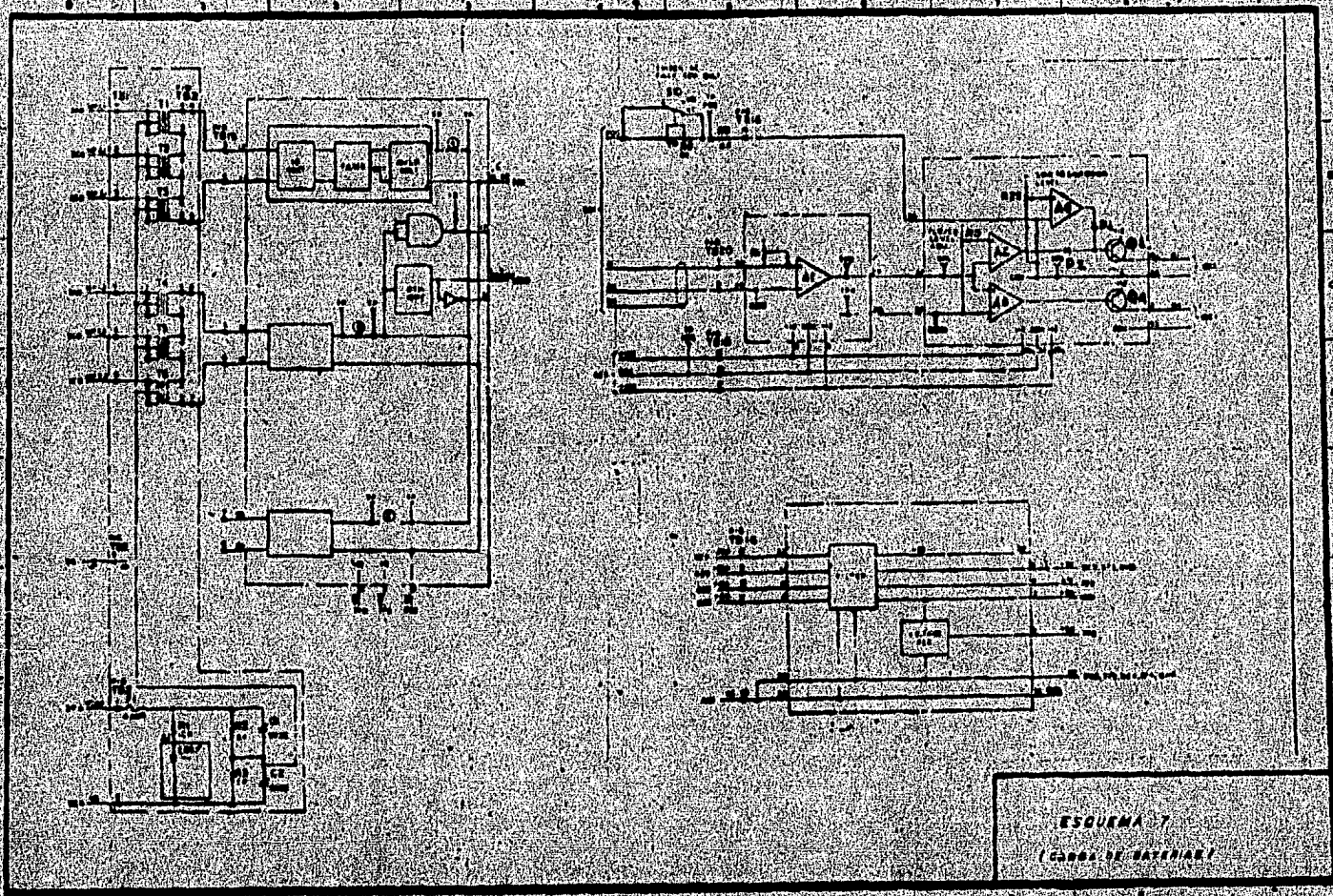




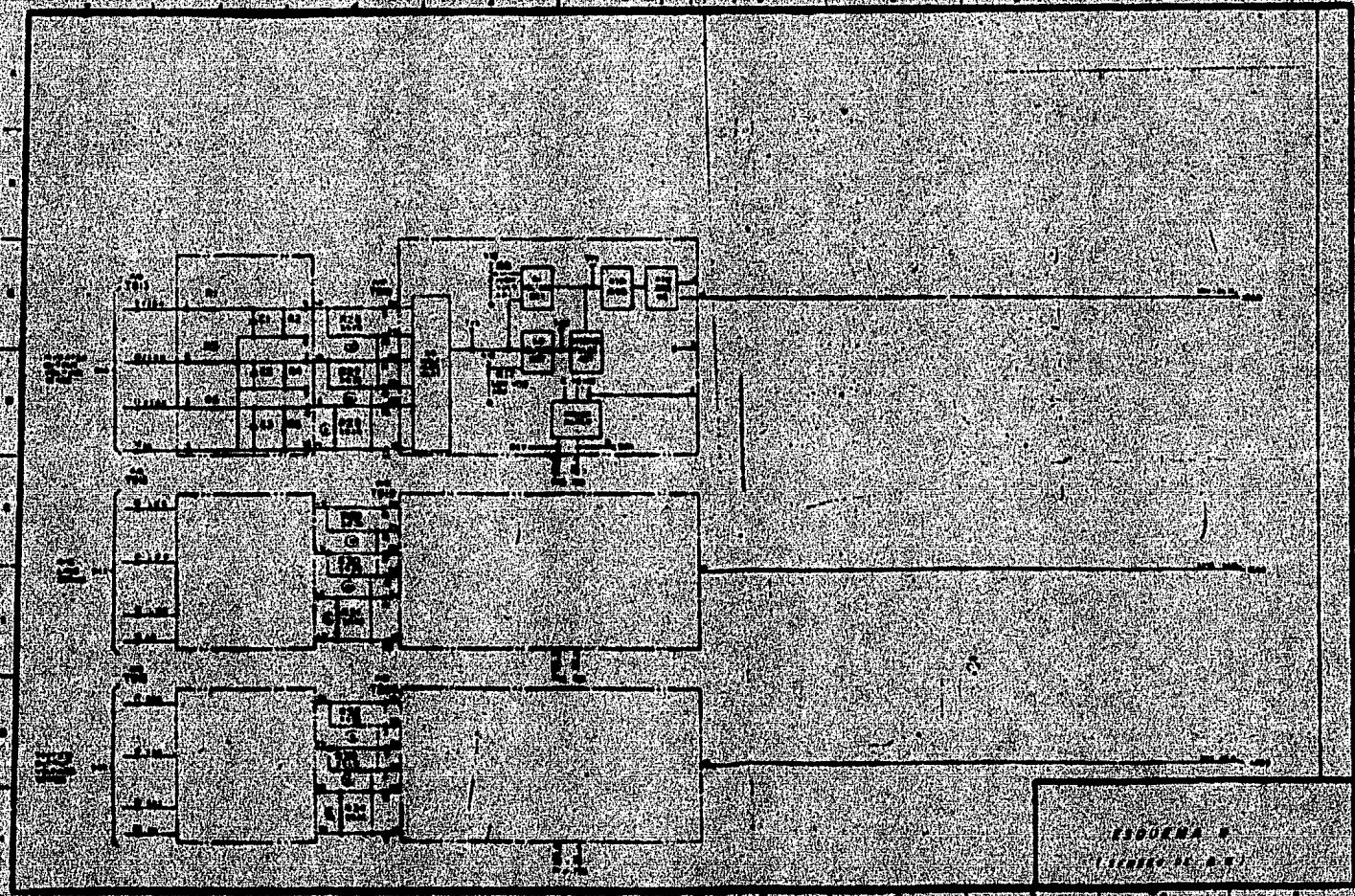
ESQUEMA 1  
INTERNA



ESQUISA 1  
REV. 1/53







ESQUEMA N.  
1. (VERBOS DE A. B.)

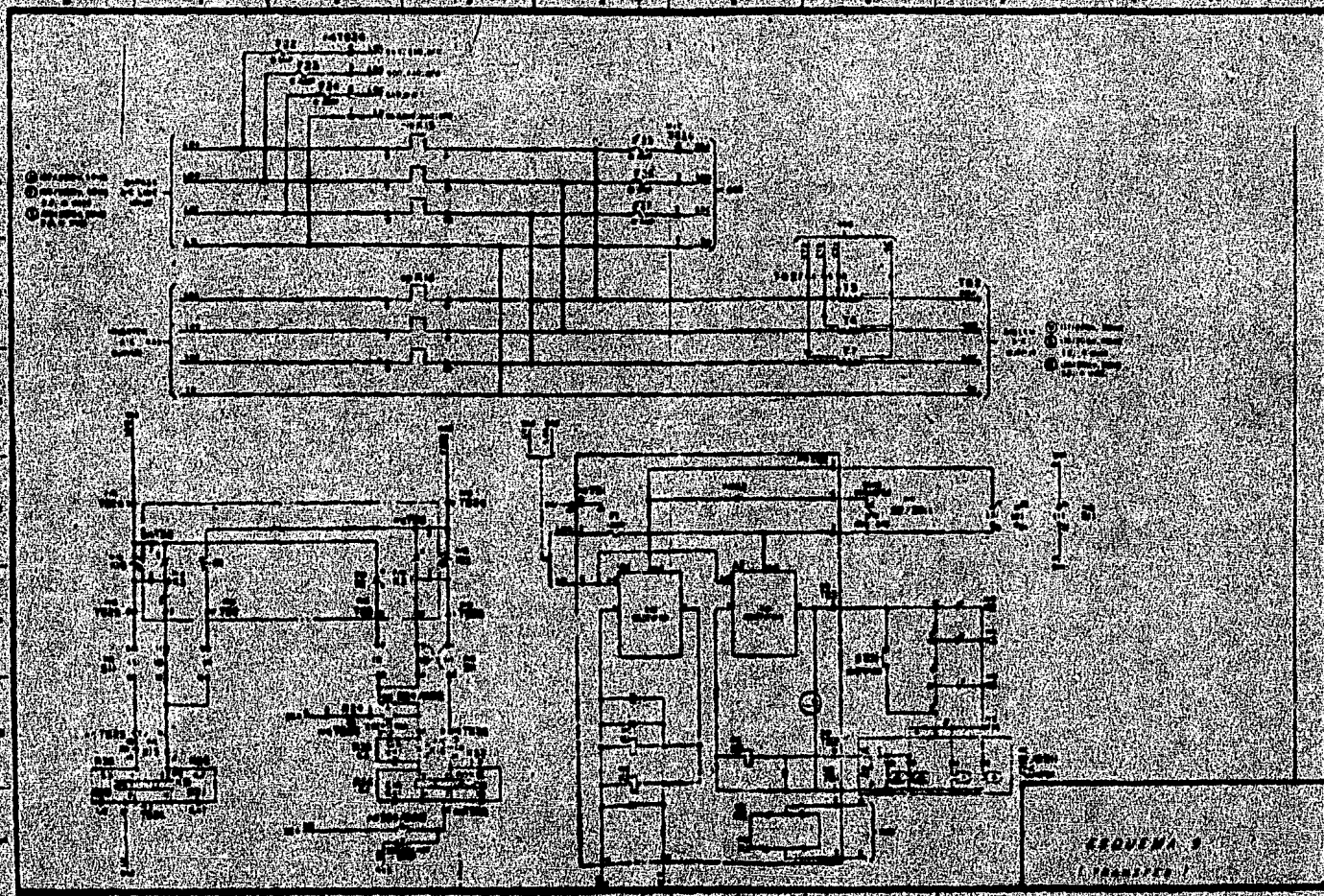
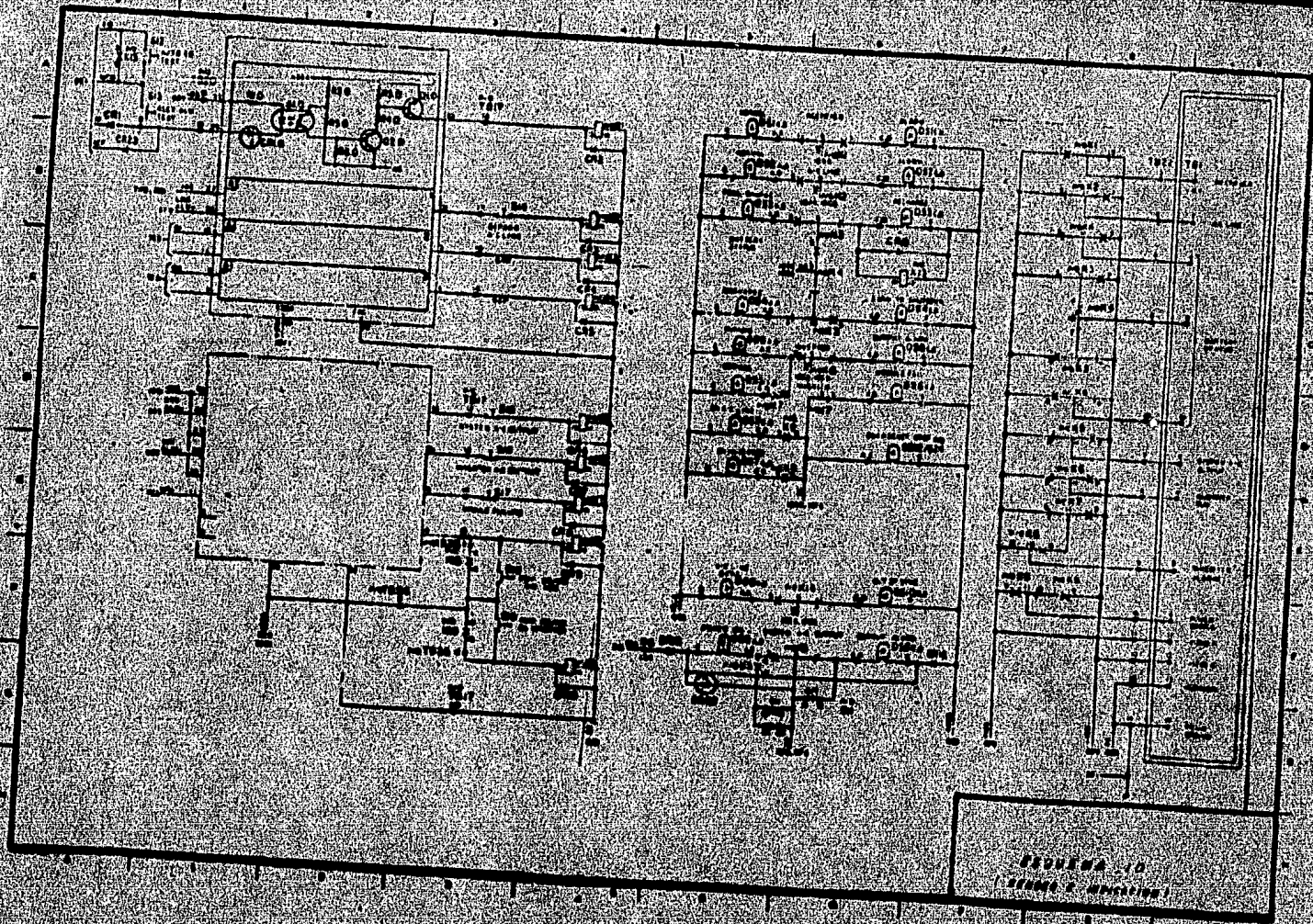


FIGURE 5  
(CONTINUED)







corte y con ello la liberación del relevador K2 ( 1084 ) cuyos contactos 1-9 y 9-5 se complementan y en este caso causan la desactivación de señalización de alarma de línea de CA y el apagado del correspondiente a la de línea de CA normal.

En el supuesto caso de ausencia de CA por más de 1.08 ciclos, para una frecuencia de 60 Hz ( aproximadamente 18 msecs ), el detector de voltaje ( 8E1 ) genera una indicación de bajo voltaje y a través del sensor de pérdida de pulso activa al circuito de retazo de 250 msec ( aprox 16.08 semiciclos de 180 Hz ), más simultáneamente el sensor comparador de fase al no existir coincidencia en fase causa la indicación de pérdida de sincronía ( pulso negativo ) que es amplificado e invertido provocando la liberación de K14 ( 503 ), causando por un lado la interrupción de la trayectoria de alimentación para el relevador K3 ( 905 ) y por otro lado la indicación de transferencia de la carga al inversor, a través de los indicadores ( 907 ).

La desactivación del contactor K3 ( 905 ), trae como consecuencia inmediata que las trayectorias eléctricas de alimentación a los relevadores o contactores K15 ( 900 ) y K16 ( 903 ) sean modificadas en forma complementaria de la siguiente manera.

Ya que el contactor K15, inicialmente energizado a través de la fase A de la línea comercial y la trayectoria formada por los contactos 17 y 18 de K16 en este momento cerrados por estar desactivado, los contactos 5 y 6 de S11 ( 9E0 ) y los contactos de autosujeción 13 y 14 de K15, al desactivarse K3 se abre su contacto 6 ( 9E0 ) y se cierra el 3 ( 9F0 ) provocando se aplique el poco voltaje residual de un valor menor del normal a la bobina desactivadora del K15 a través de los contactos 11 y 12 de S11 ( 9F1 ) y 12 de K15 ( 901 ) desactivándose.

Por otro lado en la rama eléctrica del K16 con el contacto 17 y 18 de K15 ( 9E3 ) que se encuentra cerrado por estar desactivado y los contactos 1 y 2 de S11 y 13 y 14 de autosujeción de K16 ( 903 ) se cierra la trayectoria de alimentación a la bobina de sujeción de K16. Esta al activarse a través de sus contactos 17 y 18 ( 9E0 ) evita la reactivación de K15 hasta una nueva sincronización y señalización de ocurrencia de esta con la consecuente activación de K14.

3  
I N S T A L A C I O N



K1 ( 904 ), debido al capacitor conectado en paralelo a la bobina actuadora del mismo causa una activación total solo durante medio segundo; lo cual tiene como función a través de sus contactos 9-3 ( 9E1 ) y 4-7 ( 9E2 ) el que se tenga disponibilidad de energía en la línea comercial e Inversor para poder llevar a cabo esta transferencia es decir nos proporciona un tiempo mínimo, para que ambos sistemas a porten energía a las fuentes auxiliares ( 6D5 ) y no se tengan efectos secundarios de switcheo o variaciones bruscas que afecten el trabajo normal de la carga o degraden la transferencia sincrónica.

Esto puede verse también como una forma de asegurar la operación complementaria de los contactores K15 y K16 en el momento de accionar la perilla selectora de fuente y que se accione exclusivamente K15.

Por lo tanto al activarse S11 se cierra la trayectoria de energizado de K15 teniendo alimentación a todos los circuitos de senso, a través de la línea comercial.

Si nosotros deseáramos una transferencia de la línea comercial al sistema inversor en forma manual, basta activar el S14 ( 10B3 ), que provoca la desactivación de K2 ( 10B4 ) interrumpiendo la trayectoria de alimentación de K3 ( 10B6 ) con sus contactos 4 y 8 provocando el efecto antes mencionado de transferencia de la línea comercial al inversor, el cual se cumple para cualquier caso de falla del sistema en el o de la línea comercial parcial o totalmente. Con sus correspondientes indicaciones tanto en el panel de mantenimiento como en el remoto de acuerdo a las combinaciones de falla existentes.

En caso de requerirse, ya sea por prueba o emergencia, que el inversor salga de operación sin existir transferencia sincrónica, se acciona el interruptor múltiple S25/0512 ( 9E2, 9E2 y 5F1 ); en este último punto puede verse que lo que se hace es aplicar un voltaje directo a la bobina desactivadora de K16 con su respectiva polaridad negativa en el otro extremo y simultáneamente con el mismo voltaje positivo desactiva el C83 ( 2E3 ), evitando así todo suministro de C0 que no sea del banco de baterías. Con el fin de que si hay una demanda de energía excesiva dañe la menor cantidad de componentes y que



no se tiene disponibilidad de corriente directa más que del banco de baterías, para ser manejada por el Inversor.

Si una discontinuidad de la energía en la línea comercial perdurara a tal grado de provocar el suministro de energía para el inversor de el banco de baterías, esto se vería reflejado a través del circuito detector del estado de batería ( 7C7 y 7C5 ), el cual nos indicaría si el banco está cediendo o recibiendo energía; por el voltaje generado en el shunt ( 2C7 ).

Este voltaje se toma como entrada del amplificador operacional ( 7C6 ) cuyo voltaje de salida es invertido respecto a la entrada y como en este caso es positiva genera una señal de entrada negativa para el siguiente amplificador operacional ( 7C7 ) cuya salida será positiva polarizando inversamente al transistor Q4 que es su impulsor interrumpiendo así el cierre de la trayectoria eléctrica del circuito optoacoplador ( 10C1 ) y con ello se libera K1 ( 10C4 ) cerrando su contacto 1 ( 10C6 ) efectuando la indicación de descarga y apagando la indicación de carga completa ( 10C5 ) por la apertura de su contacto número 5 ( 10C6 ).

Si la falla de CA va más allá de un margen prestablecido como "normal" de tal manera que el banco de baterías disminuye excesivamente su voltaje, el circuito detector de voltaje, mediante un juego de resistencias ajustables ( 7D5 ) nos proporciona una indicación empírica de cuando el sistema proporcionará 5 minutos más de energía. Todo esto a través de R8 ( 7B4 ), R25 ( 7E7 ) y el conjunto del amplificador operacional A4, los diodos de aislamiento D1 y D2 y al transistor impulsor Q1 ( 7E8 ) que conforma una OR lógica produciéndose la conducción de Q1.

Esto provoca la conducción del optoacoplador ( 10C1 ) que activa a K3 ( 10B4 ), provocando así en el panel de mantenimiento y remoto la indicación de 5 min para apagar ( 10C6 ).

Esta indicación nos permite terminar o efectuar un respaldo o programar la prolongación del mismo por escalonamiento de carga.

( 503 ). Cuando se efectúa este proceso se tiene la indicación de INVERTER ON ( 1005 ) por la activación de K9 ( 1004 ).

Para evitar continuas entradas y salidas del SFI por las variaciones de voltaje de la línea, el S11 permite que una vez activado el Inversor, la transferencia del Inversor a la línea comercial deba efectuarse manualmente con la acción principal de S11 ( 9E7, 9F1 y 9F3 ) y S2/DS11 ( 9E6 ) de acuerdo al siguiente procedimiento.

Esto lo podemos asumir tanto si se prueba o existe falla parcial o total ( Por algún desperfecto en algún otra área de senseo ).

Considerando entonces que el inversor ya se encuentra operando y su ministra energía a la carga ( ya sea a través del banco de baterías o rectificandola de la línea comercial ) y los voltajes de línea e Inversor están sincronizados y dentro de los límites de ajuste.

Para transferir la carga del inversor a la línea comercial, se debe presionar el botón S2/DS11 ( 9E6 ) indicado como de transferencia sincrónica y mientras se sostiene presionado se coloca el switch selector de fuente S11 ( 9E7 ) en la posición de línea de CA; cuya acción hace que se cierre la trayectoria de energizado a la bobina K15, a través de los contactos 5 y 6 ( 9E0 ) y dado que al accionar el S2/DS11 se activa K3 ( 9E5 ) K1 y K2 ( 9E4 ) el contactor 6 de K3 ( 9E1 ) permite el cierre completo de la trayectoria antes mencionada provocandose así la activación de K15 y la transferencia sincrónica del sistema Inversor a la línea comercial.

No olvidando que K15 ( 9H1 ) modifica el estado de sus contactos a su complemento de tal manera que interrumpe la alimentación de K16 ( 9E3 ), teniendose además la acción auxiliar de K1 y K2.

K2 ( 9G4 ), tiene como función principal mantener hasta un determinado tiempo la trayectoria de habilitación del comparador de fase que como se ve en ( 9H5 ) solo se efectuara cuando sean complementarios.



MANTENIMIENTO PREVENTIVO



El mantenimiento puede dividirse en dos grandes áreas:

I).- PREVENTIVO

El cual como su nombre lo especifica tiene como fin "prevenir" daños, anomalías o condiciones de operación anormales que afectan para la generación satisfactoria del equipo o implementar acciones que minimicen los daños o condiciones anormales de operación (por medio de pruebas, inspección, muestreos o estadísticas del comportamiento del sistema).

II).- CORRECTIVO

El cual implica la "corrección" de una anomalía o daño del equipo, lo cual provoca que el sistema trabaje parcial o totalmente en condiciones anormales.

Normalmente este servicio es proporcionado por la compañía suministradora del equipo que se ha adquirido bajo contrato de compra o renta o en forma independiente por compañías dedicadas al ramo de este tipo de sistemas de protección.

En forma general las partes o áreas del sistema que en cierta forma el cliente debe o puede proporcionarles mantenimiento preventivo son:

- a) - El banco de baterías
- b) - El suministro eléctrico a y desde el SFI

Mediante la práctica de rutinas de:

- Inspección
- Estadística
- Muestreo
- Pruebas
- Acciones de emergencia

Las primeras tres acciones son más aplicables al banco de baterías y a los servicios complementarios del sistema de cómputo en sí y las dos últimas aplicables a ambos.

Los requerimientos de material mínimo para poder efectuar un mantenimiento preventivo aceptable podría ser considerado el que a continuación se lista:

- Hidrómetro
- Termómetro
- Bombilla o Jeringa
- Torquímetro ( 125 a 200 Lb-in )
- Agua destilada
- Compuesto conservador ( pastas lubricantes dieléctricas )
- Bicarbonato ( Solución de 500 Grs/l Lts )
- Cepillo de alambre
- Trapos limpios
- Voltímetro ( o Multímetro )
- Juego de desarmadores
- Juego de llaves mecánicas
- Juego de pinzas
- Lámpara ( portátil y/o recargable )
- Guantes de Nula
- Manguera ( Con la correspondiente almacén y toma de agua lo más cercano posible al banco de baterías )
- Mascarella de protección
- Pechera, peto o bata idónea
- Cables de extensión con pinzas
- Graficadores
- Hojas de control y/o estadística
- Extintidores ( Co<sub>2</sub> o espuma para equipo eléctrico, se tiene también la posibilidad de usar Halon 131 )
- Banco de uso mecánico
- Documentación amplia y completa idónea al sistema existente.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO AL BANCO DE BATERIAS

Antes de hacer referencia al tema recordemos que significa "vida de una Bateria".

" El término vida de una batería se refiere al número de veces que una batería puede ser cargada y descargada hasta ya no poder realizar satisfactoriamente su trabajo ".

Se llama ciclo a una carga y descarga completas. Se dice además que:

El número de ciclos completos que da una batería depende de:

- 1) - La construcción de la batería
- 2) - El procedimiento de carga empleado
- 3) - El tipo de operación a la que este sujeta
- 4) - Mantenimiento que se le da.

De aquí vemos que los tres primeros parámetros ya están determinados de acuerdo a nuestra aplicación :

- a) - Por el constructor y las necesidades económicas del diseño
- b) - El tipo de dispositivo a soportar
- c) - El tipo de carga preestablecida por el sistema en sí.

Y el último queda en función de la experiencia y responsabilidad de cada persona o grupo de estas que lo lleven a cabo.

Se mencionarán por lo tanto algunos puntos básicos o recomendaciones para lograr através del tiempo beneficio tanto para el sistema como para el encargado de efectuarlas.



Aspectos técnicos y físicos que deban considerarse como de mantenimiento preventivo para un banco de baterías.

- 1).- Medición de la densidad del electrolito
- 2).- Estadística individual y general para el banco de baterías
- 3).- Chequeo de contactos eléctricos y estado de los mismos
- 4).- Checar los niveles de carga y descarga del banco de baterías y compensación de los mismos
- 5).- Aseo del banco de baterías
- 6).- Checar la existencia de materiales de "stock" para mantenimiento.
- 7).- Chequeo de ventilación durante los periodos inactivos o de carga.
- 8).- Letreros o señalización de seguridad

Dentro del primer punto quedan comprendidos los siguientes aspectos a contabilizar, individual y conjuntamente:

- La densidad del electrolito
- Resultado de la inspección visual de los siguientes puntos:
  - Condiciones del estado eléctrico de las conexiones
  - Condiciones físicas de cada acumulador en cuanto a:
    - Nivel del electrolito
    - Estado de las placas o pastas de la batería
    - Sedimentos
    - Estado de respiraderos de gasificación y sellos de hule
    - Gasificación al cargar
    - Temperatura máxima desarrollada
    - Agua adicionada para reponer la gasificación
    - Estado físico del recipiente de la batería
    - Turbulencias en el electrolito al estar en uso

## MEDICION DE LA DENSIDAD DEL ELECTROLITO

Para llevarlo a cabo se hace uso de un densímetro también conocido como Hidrómetro (tratando de hacer uso de los artículos personales para su seguridad ( Bata, guantes y botas Por lo menos ).

Primamente se quita el tapón del orificio de venteo o respiradero y presionando la bombilla de muestreo se introduce el densímetro en la celda, tratando de no tocar el barril de la celda ni sus elementos, se intenta mezclar el electrolito liberando la ampolla de succión, se saca el densímetro de la batería ejerciendo una leve sacudida con el fin de eliminar burbujas y disociación del líquido hacia la parte alta del aparato efectuando posteriormente su lectura; tomando para ello como referencia el menisco formado por el fluido y no su curvatura.

Se recomienda que el muestreo se efectúe al menos dos veces para verificar esta lectura, cabe mencionar que esto se efectuó solo en la celda denominada piloto; la cual es representativa del banco de baterías, por lo cual se recomienda se cambie hacia otra por lo menos cada mes.

Debe mantenerse siempre limpio el densímetro. Nunca deberá agregarse electrolito o ácido puro a la batería; en caso de agregar agua, deberá ser agua desmineralizada a cada celda que lo requiera un poco más allá del nivel de salpicado ( De acuerdo al tipo de batería el vendedor proporciona este dato ).

Normalmente en algunas baterías el agregado de agua se requiere solamente una vez por semana ( De acuerdo al tipo de estas ) algunas solo casi cada 9 o 10 meses ( Cuando son sujetas a servicio normal ). Por otro lado si se agrega más agua a menudo es señal de que se está sobrecargando o sujetando a regímenes de carga muy elevados.

**Nota.** - Existe un aparato llenador de celdas ( Consiste de un recipiente prolongado por manguera ) para evitar derramamientos de electrolito sobre las celdas.

Normalmente a la batería deberá chequearse su densidad cuando se encuentre:

- 1) - Descargada
- 2) - Cargada a flotación
- 3) - Cargada a valor final
- 4) - En carga de igualación.

En algunas ocasiones los proveedores recomiendan que una vez al mes se registren todas las lecturas de cada una de las celdas a plena carga y la temperatura de una de ellas.

La densidad del electrolito a plena carga deberá de ser de 1.265 a 1.285 sin olvidar hacer la correspondiente corrección por temperatura como se indica en el apéndice de baterías; no debiendo además descargarse abajo de 1.120 puntos de densidad.

#### CHEQUEO DE LOS CONTACTOS ELECTRICOS

Se deberán buscar; conexiones flojas, calientes o herrumbosas (oxidadas), por mal estado del tornillo o la tuerca de unión o acción corrosiva de la acidez.

Debiendo tener extremo cuidado de no provocar cortos circuitos al operar en ellas.

En caso de encontrar elementos sospechosos en su funcionamiento cambiarlos y si solo existe herrumbre o sedimentos limpiar con cepillo de alambre metálico y eliminar las partículas resultantes de la superficie de la celda correspondiente y anegar grasa o lubricante para contactos con el fin de proteger y preservar lo antes limpiado.

Como acción auxiliar se puede hacer uso del voltímetro y chequear la diferencia de potencial entre bornes y bus principal del banco de baterías.



## CHEQUEO DE LOS NIVELES DE CARGA Y COMPENSACION DE LA MISMA

Aunque esto pudiera considerarse innecesario en algunos casos, debido a que algunos sistemas lo hacen automáticamente; siempre es recomendable hacerlo ya que estos no están libres de fallas por un lado y por el otro que si no tenemos en buen estado nuestro banco de baterías; lo cual sería desastroso, pues estas aun con la carga adecuada se calentarían en exceso, gasificando y disminuyendo notoriamente la vida del banco de baterías, afectando el buen funcionamiento de todo el sistema.

En forma general para los cargadores de dos regímenes, la carga alta deberá empezar a 22.5% de la capacidad en A-H de la batería, cargándose de esta manera en 8 horas. Es muy importante no excederse de la capacidad estipulada en la placa del cargador ( en caso de existir ). La carga lenta o baja deberá ser ajustada del 4 al 5% de la capacidad de la batería, la carga igualadora una vez a la semana en seguida de la carga normal, deberá proporcionarse con una carga extra en caso de cargadores con reloj para carga final durante 4 horas.

Recordar que la temperatura del electrolito nunca deberá exceder de los 45°C ( 120°F ) y si es necesario se parará el ciclo de carga temporalmente para que baje la temperatura o se debe incrementar la ventilación.

### ASEO DEL BANCO DE BATERIAS

Si es toda una sección o anaquel de baterías el que se encuentra sucio puede efectuarse su aseo en dos formas:

1).- Aseo preliminar. Con lienzos impregnados de la solución alcalina de carbonato de sodio ( En caso de haber ácido esparcido sobre las baterías ) o cepillo metálico y posteriormente plástico ( en caso de existir suciedad en las mismas ).

2).- Aseo general con agua corriente pero posterior al aseo preliminar para evitar reacciones violentas con el electrolito.

Teniendo extremo cuidado en ambos casos de que las celdas tengan cerrados y en buen estado sus tapones plásticos del respiradero y no se encuentre el banco de baterías en operación.

El cepillo metálico nos servirá tanto inicialmente como finalmente para llevar a cabo la remoción de partículas voluminosas o adheridas al cuerpo del recipiente de la celda. Inicialmente es indistinto que se haga en seco o posterior a un aseo preliminar.

En el aseo preliminar se tomará el lienzo impregnado con la solución y proporción antes mencionada, procediendo a limpiar con él el área sucia evitando acciones en extremo bruscas que puedan causar la caída de los sellos de hule de los respiraderos, de tal manera que provoquen la caída directa de la solución en estos o peor aún al interior de la celda; lo cual provocaría serios trastornos en la concentración del electrólito, afectando directamente el funcionamiento de la celda(s) en cuestión.

Se procede a limpiar posteriormente toda la superficie con lienzo seco incluyendo cuando se hace aseo general.

En el caso de aseo general aplicar agua corriente a la superficie en la cantidad más mínima posible, solo con el fin de remover los residuos generados en el preliminar evitando las mismas acciones riesgosas.

En caso de aplicar agua al piso, evitar salpicamientos directos a la celda o equipos cercanos procurando que los residuos y el agua misma se drenen lo más eficazmente posible. Debiendo secar completamente la zona, previendo exceso de humedad lo cual provocaría variación temporal de la temperatura local.

Cabe hacer notar que debido a ser un equipo estático ( El banco de baterías ) este servicio es bastante esporádico y por ser delicado en su aplicación en caso de ser proporcionado por algún proveedor su costo es bastante elevado.

## CHEQUEO DE LA VENTILACION

Esto solo implica como medida de seguridad y a veces sugerido por el termómetro la revisión de las áreas o dispositivos, destinados a proporcionar o permitir la manutención de la temperatura en un nivel adecuado. Checando en ellos la no existencia de cuerpos extraños, cuya posibilidad de obstrucción sea considerable o que personas no enteradas de su función las cierren. Pues cabe señalar que la concentración de los gases generados por el electrolito son peligrosos para el ser humano y se tiene el riesgo latente de que puedan ocurrir explosiones por combinación violenta de oxígeno-hidrógeno al accesar una área cerrada o mal ventilada cuya concentración de gases sea elevada.

## SEÑALIZACION DE SEGURIDAD

Aunque este punto pudiera considerarse inherente a la realización inicial de la instalación, aquí se subraya su importancia dado que en muchas ocasiones al hacer el mantenimiento preventivo, quitamos estas, las ocultamos con objetos o simplemente las obviamos y las vamos reduciendo cada vez más hasta ser nulo su número de tal manera que no se conservan las más elementales (Puede considerarse que estas están ahí para indicar a las personas ajenas condiciones anormales y previendo que las relacionadas con este medio no las olviden.) Normalmente debemos tener las de:

- No Fumar
- Gases peligrosos
- No use prendas metálicas
- Mantenga ventilado el local
- Use casco, botas y guantes para mantenimiento
- Número de cada celda ( La núm 1 conectada a tierra por norma )
- Número de cada Bastidor o sección ( para evitar equivocaciones de ubicación )
- Indicación de ubicación de extinguidor.
- No deje objetos tirados
- Prohibido el paso a personas ajenas al manejo de este equipo.



Al sistema de energía ininterrumpida se le deberá de efectuar :

- 1) .- Limpieza del (los) gabinete (s)
- 2) .- Chequeo y ajuste ( en caso necesario ), del voltaje de:
  - a) .- Salida del rectificador
  - b) .- Igualación
  - c) .- Flotación
  - d) .- IRFzo del rectificador.
- 3) .- Verificación del circuito de igualación
  - a) .- Automática
  - b) .- Manual
- 4) .- Señal del inversor en cada fase verificando
  - a) .- Voltaje
  - b) .- Frecuencia
- 5) .- Ajusto en caso necesario del punto anterior
- 6) .- Chequeo de
  - a) .- Alarmas Internas
  - b) .- Alarmas Externas
  - c) .- Señalización
  - d) .- Capacitores de salida de CA
- 7) .- Prueba de transferencia síncrona
  - a) .- Sistema de CA a SFI
  - b) .- SFI a Sistema de CA
- 8) .- Ajuste de " cinco minutos de reserva "
- 9) .- Calentamientos en
  - a) .- Fusibles
  - b) .- Relevadores
  - c) .- Interruptores
  - d) .- Ventiladores

La instalación de cualquier tipo de equipo se da en forma particular y los "SFI" no dejan de ser la excepción es decir su forma de llevarla a cabo, obedece exclusivamente a las necesidades, requerimientos y ventajas de cada área de instalación y el arreglo eléctrico específico a instalar por lo que se mencionarán algunos puntos generales a considerar. Teniendo siempre en consideración que va enfocado a la protección de un sistema de procesamiento de datos y que en estos se tiene como requisito la existencia de un sistema de aire acondicionado con la correspondiente cámara plena ubicada normalmente bajo piso falso con retorno por ductos ubicados y distribuidos en la parte superior de la sala de cómputo.

Como es de suponerse esto nos da una flexibilidad y versatilidad de instalación muy grande, en lo que respecta a la parte modular del SFI ( Rectificador, cargador, inversor y control ), ya que nos permite ubicarlo dentro de la sala de cómputo ( lo cual se hace normalmente para facilitar su operación-supervisión por parte del operador o supervisor del sistema de cómputo ), ya que no presenta una carga térmica elevada y cercano al equipo electrónico, pues no causa efectos nocivos sobre este equipo y como único requisito se pide un ambiente de operación entre 0 y 50°C de temperatura y de 0 a 100% de humedad sin condensación y una área de ventilación posterior mínima de 90 cm con entrada de aire por la parte inferior y para las baterías de 25 °C máximo y en ocasiones cableado eléctrico protegido por tubería rígida o flexible, la cual por encontrarse en la misma área del sistema a proteger se reduce en gran cantidad, a excepción de la correspondiente a la del equipo auxiliar o planta de emergencia y el banco de baterías que necesariamente requiere de instalación eléctrica a través de canaletas o tubería rígida.

Normalmente se da el caso de que para estos equipos de protección, la compañía vendedora para proteger sus intereses y prestigio se encarga de la instalación, ajuste, pruebas y mantenimiento de su equipo, restandonos solo atacar como contratantes, los requisitos de instalación civil y eléctrica los cuales debemos proporcionar de acuerdo a sus especificaciones particulares.

**Nota.** - Cabe hacer notar la importancia de considerar la carga térmica del SFI al 100% de su capacidad lo mismo que prever, que la resistencia del piso falso y sus soportes sean adecuados.



En el caso de la primera, es decir la instalación civil, la cual sirve no solo para brindar protección al equipo auxiliar sino también en el elemento humano, en su diseño se deben hacer consideraciones físicas tanto del área en sí como de la funcionalidad que deben desempeñar estas y los efectos a los cuales serán sometidos.

En el local para el banco de baterías, el manejo de sustancias y gases corrosivos y uso de aparatos eléctricos complementarios de medición. Y para la planta auxiliar de emergencia, vibraciones, combustibles y gases de combustión; siendo común en ambos casos la generación de gases en diferentes cantidades y de diferente grado de toxicidad y peligro. Y el manejo de líquidos para limpieza y como aspectos complementarios pero no menos importantes, la ventilación e iluminación.

La obra civil es considerada como más laboriosa, tardada y en cierto grado delicada; puesto que deberá proyectarse como permanente, satisfacer todos los requisitos físicos y proporcionar la máxima funcionalidad. Por lo general esta en función de la capacidad y complejidad del equipo a contener.

En lo que respecta a la obra eléctrica la cual va acompañada de un cierto grado de obra civil y en algunos casos esta dependerá de la primera siendo aún más delicada por lo que requiere de una mayor planeación tanto de distribución del equipo como de su suministro eléctrico y la forma de llevarlo a cabo. Debiendo tenerse en cuenta además las ampliaciones, proyectos a futuro o equipos adicionales dentro del crecimiento "normal" del sistema de procesamiento de datos.

Esto último es de especial interés ya que influye en la selección del tamaño "máximo" de marco de los tableros de distribución e interruptores de los mismos de manera que se tenga la capacidad de instalación para el número máximo esperado de "pastillas" para expansión futura y proporcionar en base al 100% de esta el cableado, el transformador, los ductos, canales o trincheras idóneas haciendo énfasis de que los dispositivos de protección serán para la carga instalada y de actual funcionamiento.



En cuanto al local para el generador de emergencia:

- 1) - Deberá ser amplio, de tal manera que permita maniobrar libremente para llevar a cabo la transportación, montaje, instalación y ventilación.
- 2) - La cimentación deberá evitar la propagación de vibraciones hacia otros lugares e instalaciones lo mejor posible.
- 3) - Tener un sistema de drenado adecuado ya que muchas veces se requiere hacer limpieza con líquidos o dispersar los mismos provenientes de fugas o precipitaciones pluviales.
- 4) - El piso deberá ser de concreto semi-liso.
- 5) - Tener un sistema de iluminación adecuada tanto para visualizar el equipo como para efectuar sin problemas de iluminación su mantenimiento en áreas semiaccesibles ( puede proporcionarse dos instalaciones o habilitación de ellas para tal caso ).

En lo que respecta al local destinado al banco de baterías:

- 1) - Lo mismo que el anterior deberá ser amplio de tal manera que permita llevar a cabo la manipulación y mantenimiento de las mismas de la manera más óptima posible.
- 2) - La altura del local o sala de baterías deberá exceder proporcionalmente a la de los bastidores que soportan a las baterías.
- 3) - Contar con anclajes para los bastidores en caso de requerirlos.
- 4) - Poseer una ventilación "natural" de acuerdo al tamaño del banco de baterías para evitar acumulaciones peligrosas de gases y si es posible o en caso de no contar con dimensiones amplias óptimas de la sala; proporcionarle un sistema de ventilación por aire forzado hacia el exterior.
- 5) - La iluminación deberá ser adecuada y el local deberá contar con los conductores suficientes para casos de emergencia para el equipo auxiliar de mantenimiento, debiendo estar conectados tanto a la línea comercial como al SFI.

Como medidas de seguridad. Es recomendable proporcionar desde la instalación, avisos o letreros visuales de acuerdo a las áreas o situaciones que se consideren riesgosas o propensas a ocasionar accidentes y daños así como documentación informativa al personal relacionado con este equipo, para evitar uso inadecuado y concientizar al personal de los riesgos latentes de operación y fallas. Visualizando así acciones preventivas a estas.

Además de proporcionar extinguidores contra incendios clase C en cantidad y capacidades adecuadas a las áreas asignadas a cada local.

Como aspecto complementario mencionaremos que una vez instalado el SFI se establece un periodo de aceptación de mutuo acuerdo durante el cual se supervisa por ambas compañías la adecuada funcionalidad del equipo en operación conjunta e interactuada al sistema de cómputo durante la protección de fallas reales o en caso de no existir estas, mediante simulaciones; con lo cual se logran varios objetivos como son:

El arranque, prueba y demostración del equipo por parte de la compañía contratada.

El aprendizaje de operación, prueba y manejo de los equipos auxiliares como son: la planta de emergencia y el banco de baterías. Además de la interpretación y manejo de indicadores, controles y acciones de restauración de fallas por parte del cliente a un grado relativamente satisfactorio para el vendedor, ya que con esto asegura en cierta forma el manejo adecuado del equipo y los diagnósticos de falla lo más veraces posible.

Esto último es muy importante para el contratista desde el punto de vista mantenimiento preventivo como correctivo ya que al evaluar la falla en base al diagnóstico acertado del cliente se determina el equipo necesario para solucionar la falla o proporcionar un mantenimiento preventivo láser. Puesto que no es posible en la mayoría de los casos tener un equipo completo de los instrumentos y partes de refacción (por su alto costo) en cada una de las instalaciones a las cuales el contratista atiende y mucho menos a una persona asigna



da en forma permanente con este propósito en la instalación ( excepto en el periodo de aceptación ), influenciada además por la confiabilidad alcanzada por estos sistemas.

Pasado este periodo y algunas pruebas del mismo quedan en manos del cliente ya que como se mencionó, también el mantenimiento preventivo es efectuado por la compañía suministradora.

Normalmente en el campo práctico de la instalación de SFI's se tienen los siguientes arreglos:

- 1).- Diseño Básico ( figura 1 )
- 2).- Con transferencia a la línea comercial:
  - a).- Electromagnética ( figura 2 )
  - b).- Electrónicamente ( Estáticos ) ( figura 3 )
- 3).- En paralelo con transferencia:
  - a).- Electromagnética ( figura 4 )
  - b).- Electrónicamente ( De switch Estático ) ( figura 5 ) .

En el diseño básico como puede verse el SFI esta controlando la calidad de la línea comercial y cuando hay ausencia de esta trabaja en base al banco de baterías por lapso estipulado en su diseño y en caso de existir un nivel de voltaje inferior al de operación nominal del equipo el SFI podría alimentar su banco de baterías para incrementar el tiempo de respaldo a la carga a proteger.

Más si existe una condición de demanda de corriente anormal por parte de la carga el SFI se dañaría, si los dispositivos de sobrecorriente no fueran adecuados o si reconectara existiese una condición.

En el segundo tipo de transferencia, se compensa la desventaja anterior reduciendo al mínimo el uso del sistema rectificador a plena carga y permitiendo la transferencia a la línea comercial cuando los parámetros requeridos de calidad sean satisfactorios, efectuando solo el cargado del banco de baterías sin ninguna interrupción aparente de energía.





FIG. 1 - SFY BASICO



FIG. 2 - SFY CON TRANSFERENCIA A LA LINEA



FIG. 3 - SFY CON TRANSFERENCIA DE SWITCH ESTATICO



FIG. 4 - SFY RESONANTE CON TRANSFER ELECTROMAGNETICO

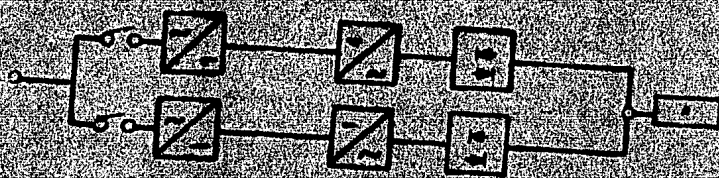


FIG. 5 - SFY RESONANTE CON TRANSFER ESTATICO

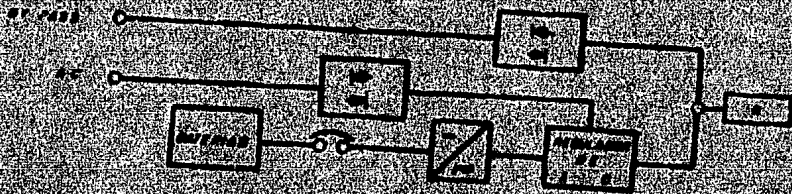


FIG. 6 - SFY CON SWITCH ESTATICO CONTROLADO BY PHASE

Tomando en cuenta que con la opción de switch estático controlado en ausencia de elementos electromecánicos y la inercia de estos se logra un tiempo de conmutación y distorsión mínimos.

En el tercer caso solo se busca ampliar el rango de capacidad que el modelo más grande no pudo cubrir, esto logrado por un arreglo en paralelo de dos o más SFI's denominado " redundante " . Obteniendo también beneficios en caso de ser dos sistemas que sí soportan independientemente la carga con lo cual se tendría doble tiempo de respaldo y protección de la carga manejada. Ya que en el caso de bajo voltaje de la línea comercial un SFI podría a través del banco de baterías alimentar la carga mientras el otro carga su banco o usando ambos para lograr un mayor tiempo de protección.

Se mencionó anteriormente la existencia de un SFI modular cuyo arreglo mostrado en la figura 6 nos indica que se pueda efectuar a través de únicamente el sistema inversor y regulador conmutados a la línea en caso de incremento de frecuencia por un lapso mayor al de respaldo del banco de baterías controlar esta directamente, con la ventaja de no sobretabajar el rectificador para cargar el banco de baterías. Puesto que debería aportar por lo menos la corriente total de la carga considerando que el banco de baterías no reduce el nivel de voltaje para el inversor con lo cual se saldría de operación el SFI.

En ocasiones estos modelos se complementan con otro sistema inversor destinado a controlar la línea comercial exclusivamente para no dañar al del SFI en caso de anomalía en la carga.



## FACTORES O PARAMETROS A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE UN S.F.I

- 1).- Capacidades ofrecidas por el fabricante ( Datos técnicos )
- 2).- Estabilidad del del fabricante ( Experiencia )
- 3).- Ventajas de los equipos propuestos
  - a).- Características del diseño ( Tipo de componentes )
  - b).- Garantía y amplitud de la misma
- 4).- SERVICIO
  - a).- Disponibilidad, experiencia y cantidad de personal
  - b).- Localización geográfica del centro de apoyo técnico
  - c).- Versatilidad y modularidad del equipo para su reparación
  - d).- Disponibilidad de refacciones
  - e).- Equipo auxiliar para reparación e Instrumentación
  - f).- Capacitación de su personal ( Actualización )
- 5).- Eficiencia del sistema en operación
- 6).- Posibilidad de expansión
- 7).- Costos de instalación-Mantenimiento.



A N A L I S I S

E C O N O M I C O

El presente análisis, tiene como finalidad la justificación económica de un sistema de fuerza ininterrumpible ( SFI ), para el sistema de cómputo de la Gerencia de Informática, Oficinas Centrales México, de Petroleos Mexicanos; arrendado a esta por la compañía Control Data Corp. ( CDC ), modelo CYBER 170-730. Con el fin de protegerlo de las variaciones de voltaje, más que de las fallas de energía y eliminar o absorber los transitorios de arranque de la planta de emergencia al suplir energía durante las variaciones y/o ausencias de la misma en la red comercial.

Cabe hacer la aclaración de que tanto los controladores de periféricos como el procesador central, trabajan a 208 Volts  $\pm$  5% y a la frecuencia de 60  $\pm$  1%; por lo cual se hace uso de convertidores de frecuencia rotatorios de una capacidad de 40 KVA ( Dns ), siendo uno de soporte. El manejo de estos valores de frecuencia y el tipo de convertidores hacen un poco más críticos los efectos de las variaciones de voltaje en el sistema de cómputo.

A pesar de que este Centro de trabajo se encuentra ubicado cerca de la subestación de distribución de la Comisión Federal de Electricidad ( CFE ), Zona Centro, también se encuentra rodeado de una gran variedad de industrias ( Llavero, periodísticas, Automotriz, Alantera y Rodevoro ) las cuales inducen variaciones al sistema por switches constantes de grandes cargas, siendo esto más notorio en las horas pico ( 10:00 y 22:30 ).

El análisis se hará en base a los tiempos muertos del personal directamente afectado, en el caso de no operar el sistema de cómputo, con las siguientes consideraciones:

- 1) - La compañía arrendadora exige que el sistema de suministro de energía eléctrica sea estable y capaz de suministrar la cantidad de energía requerida por el sistema de cómputo.
- 2) - Cuando exista una falla de energía eléctrica causada por factores externos al sistema de cómputo cualquiera que sea su duración CFE no recibirá compensación alguna por no usar el equipo.



3).- Si llegara a ocurrir daño alguno en cualquiera de los elementos del sistema de cómputo debido a estas variaciones o carencias de energía la compañía arrendadora puede cobrar adicionalmente la reposición de las piezas o equipo afectados.

4).- Al existir una variación de voltaje que provoque el apagado total o parcial, se debe esperar al menos cinco minutos para la estabilización del voltaje dentro del rango de operación del equipo antes de volver a energizarlo.

5).- Si una falla de energía persiste más de 15 minutos, se debe disponer de un tiempo adicional de al menos 30 minutos para la estabilización de la temperatura dentro de la sala de cómputo, ya que de lo contrario el sistema de protección contra alta temperatura provocara un apagado inmediato del equipo, sin considerarse falla del mismo.

6).- Existen dos turnos de trabajo, los cuales cubren los horarios de 7:00 a 15:00 y de 15:00 a 23:00 hrs de lunes a viernes excepto los sábados en los cuales labora un solo turno cubriendo de 7:00 a 15:00 hrs y los domingos los cuales se les dedica por estar destinado al mantenimiento preventivo general de al sistema de cómputo.

7).- La Compañía arrendadora por convenio contractual renta su equipo por un periodo mínimo de tres años.

Tomando como tiempo mínimo de variación de voltaje el considerado por el punto dos ( mínimo cinco minutos ) y con un promedio de variaciones al día de 14 veces y las características del equipo ( ver tabla A) se adquirirá un SFI con las siguientes características:

- Transparencia Sfrcción Automática
- Sistema regulador ferroresonante
- Tiempo de reserva 15 minutos
- Ocho minutos al 80% de carga total
- Capacidad 150 kvx



| DESCRIPCION          | MODELO     | CANT | KVA (400 Hz) | KVA (60 Hz) | TOTAL  |
|----------------------|------------|------|--------------|-------------|--------|
| Perforadoras         |            |      |              |             |        |
| IBM                  | 129        | 6    |              | 0.660       | 0.920  |
| UNIVAC               | 1810       | 6    |              | 0.792       | 1.583  |
| DECISION DATA        | 8010       | 3    |              | 0.531       | 0.530  |
| CAPTURADORAS         | XI-40      |      |              |             |        |
| Monitor y teclado    |            | 42   |              | 0.100       | 1.400  |
| Impresora en línea   |            | 3    |              | 0.550       | 0.550  |
| Proc. Microcontrol   |            | 3    |              | 1.600       | 1.660  |
| Terminales de Video  |            | 25   |              | 0.500       | 4.188  |
| Remote Job Entry     |            | 3    |              | 3.500       | 3.500  |
| Procesador central   | 170-730    | 1    | 11.30        | 4.100       | 15.400 |
| Consola              | 170-730    | 1    | 0.80         | 0.100       | 0.900  |
| Canal Conv. de Datos | 6681A      | 3    | 0.90         | 0.400       | 1.300  |
| CONTROLADORES DE:    |            |      |              |             |        |
| Lectora              | 40573447   | 1    |              | 3.400       | 3.400  |
| Impresora            | 512/3555-1 | 2    | 0.30         | 2.500       | 2.800  |
| Discos               | 7054-21    | 1    | 0.60         | 0.300       | 0.900  |
| Discos               | 7054-1     | 1    | 0.60         | 0.100       | 0.500  |
| Cintas Magnéticas    | 667-V      | 2    | 0.90         | 0.400       | 1.300  |
| Unidades de:         |            |      |              |             |        |
| Disco Magnético      | 844-21     | 10   |              | 1.400       | 1.400  |
| Cinta Magnética      | 699-3      | 4    |              | 2.900       | 11.600 |
| Conv. de Frecuencia  | 60-400 Hz  | 1    |              | 40.000      | 40.000 |
| TOTAL                |            | 118  |              | 40.000      | 60.000 |

103.91

TABLA A1 - CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

### DATOS DEL COSTO DE PERSONAL QUE LABORA EN LA GERENCIA

|                                  |         |                  |      |
|----------------------------------|---------|------------------|------|
| Personas/Confianza nivel Prom 28 | ( 165 ) | \$ 6'810,793.00  | CAT* |
| Personas/Sindicato nivel Prom 15 | ( 245 ) | \$ 6'015,828.90  | "    |
| Personas/Mantto nivel Prom 15    | ( 6 )   | \$ 147,326.00    | "    |
| TOTAL                            | 416     | \$ 12'973,965.00 | "    |

Se considera que el 80% del personal de confianza y el 60% de los sindicalizados representan al personal directamente afectado es decir no productivo, teniendose las siguientes pérdidas:

Tomando todos los costos a periodos mensuales tenemos que para el personal de confianza ( 165 personas ):

$$\begin{aligned}
 6'810,793.00 \text{ CAT} / 14 &= 486,485.21 \text{ Diarios} \\
 &= 486,485.21 \times 30 = 14'594,556.00 \text{ Mensuales}
 \end{aligned}$$

Para el 80% de este personal ( 132 personas ):

$$\begin{aligned}
 \$ 14'594,556.00 \times 0.8 &= 11'675,645.00 \text{ Mensuales} \\
 &= 11'675,645.00 / 30 = 389,188.17 \text{ Diario} \\
 &= 389,188.17 / 16 = 24,324.26 \text{ Hora}
 \end{aligned}$$

Para el personal sindicalizado ( 245 Personas ):

$$\begin{aligned}
 \$ 6'015,826.5 \text{ CAT} / 14 &= 429,701.89 \text{ Diarios} \\
 &= 429,701.89 \times 30 = \$ 12'891,057.00 \text{ Mens}
 \end{aligned}$$

Para el 60% de este personal ( 147 Personas ):

$$\begin{aligned}
 \$ 12'891,057.00 \times 0.6 &= 7'734,634.00 \text{ Mensuales} \\
 &= 7'734,634.00 / 30 = 257,821.13 \text{ Diario} \\
 &= 257,821.13 / 16 = 16,103.82 \text{ Hora}
 \end{aligned}$$

Esto implica un costo total por Hora del:

$$(\$ 24,324.26) + (\$ 16,103.82) = \$ 40,428.08 \text{ Hora}$$



El análisis se llevará a cabo entre las alternativas de trabajar un sistema de cómputo con o sin un Sistema de Fuerza Ininterrumpible teniendo varias opciones esta primer alternativa:

Todos los valores manejados son mensuales, excepto los costo del SFI y su valor de rescate o salvamento los cuales son inicialmente y posterior al tercer año en caso de venta.

#### ALTERNATIVA A:

Comprar un sistema de cómputo y trabajar "normalmente" con un promedio de 36 Hrs de tiempo muerto debido a las variaciones de voltaje, tres Hrs más de falla indirecta provocada por estas variaciones y por último una hora de falla considerada como normal dentro de la operación satisfactoria del equipo. Teniendo los siguientes costos:

#### OPCION A:

- \$ 48,000.00 Compensación por fallas indirectas ( 3 Hrs ), más 1 hora normal.
- \$ 161,712.00 Por gente inactiva de estas 4 Hrs
- \$ 1'455,408.00 De 36 Hrs de tiempo muerto por variaciones de voltaje.

#### ALTERNATIVA B:

Comprar el sistema de cómputo de la alternativa A y un SFI para el mejor funcionamiento del sistema de cómputo. Perdiendo con esto la bonificación de las tres Hrs. por falla indirecta del equipo por variaciones de voltaje y evitando las 36 Hrs de tiempo muerto; mediante alguno de los siguientes arreglos de SFI's.

Teniendo en común los siguientes costos:

- \$ 12,000.00 Compensación por falla normal del equipo 1 Hora
- \$ 1'576,692.00 Ahorro de 36 Hrs de tiempo muerto
- \$ 2'972,188.00 Renta y mantenimiento del equipo de cómputo



| OPCIÓN | MODELO  | VALORES UNITARIOS |            |         | N.º | VALORES TOTALES |            |         |               |
|--------|---------|-------------------|------------|---------|-----|-----------------|------------|---------|---------------|
|        |         | CAPACIDAD         | COSTO      | MANTTO  |     | CANT            | CAPACIDAD  | COSTO   | MANTTO        |
| E      | 103 CQH | 10 KW             | 3'816,834  | 40,000  | 9   | 155 KW          | 34'351,506 | 169,210 | 31'078,682.00 |
| D      | 303 CRH | 30 KW             | 12'409,000 | 69,998  | 4   | 120 KW          | 37'227,000 | 183,375 | 33'680,214.00 |
| C      | 603 CRK | 60 KW             | 16'246,000 | 81,996  | 2   | 120 KW          | 32'492,000 | 160,051 | 29'396,339.00 |
| B      | 124 CRK | 120 KW            | 28'736,000 | 163,992 | 1   | 120 KW          | 28'738,000 | 163,992 | 26'000,000.00 |

Tabla de valores unitarios y totales de las diferentes opciones a la alternativa B

A continuación se muestran los diagramas de flujo de efectivo o costos de cada una de las diferentes opciones donde los valores ubicados en la parte superior del mismo representan ingresos y los de la parte inferior egresos.

La ecuación generalizada para la evaluación por  $V_p$  es:

$$VP_T = \sum I_p - \sum E_p$$

Donde:

$I_p$  = Ingresos referenciados al Presente

$E_p$  = Egresos referenciados al presente.

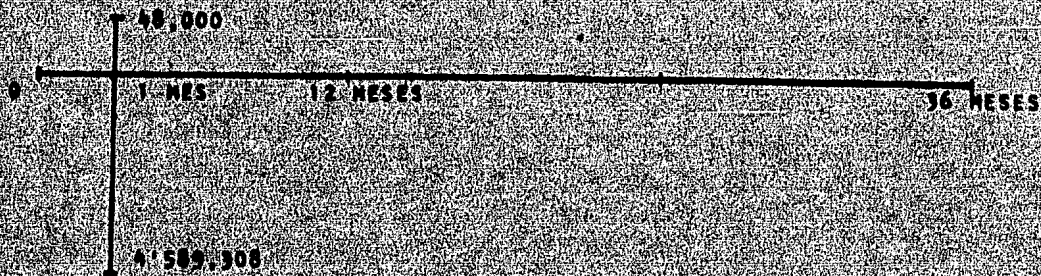
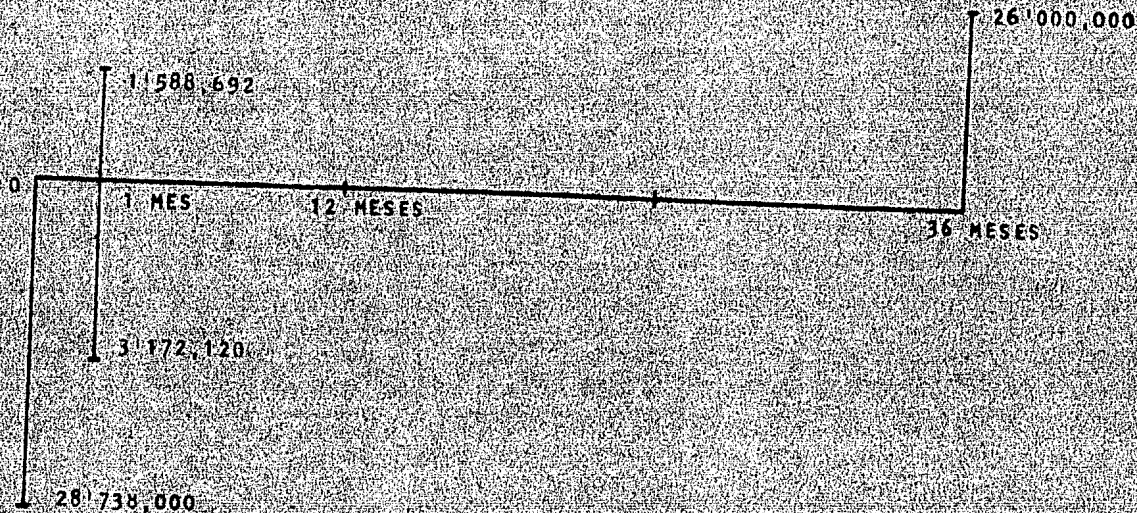


DIAGRAMA DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA A Y SU ECUACION PARA  $V_A$

$$\begin{aligned}
 VF_A &= 48,000 ( P/A, 10\%, 36 ) - 4'589,308 ( P/A, 10\%, 36 ) = \\
 &= -4'541,308 ( P/A, 10\%, 36 ) = \\
 &= -43'918,990.00
 \end{aligned}$$





DIARRAMA DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA B Y SU ECUACION PARA  $V_p$

$$\begin{aligned}
 MP_B &= 1'588,692 (P/A, 10\%, 36) - 3'172,120 (P/A, 10\%, 36) - 28'738,000.00 \\
 &+ 26 \cdot 10^6 (P/F, 10\%, 36) = 15'364,240 - 30'677,573 - 28'738,000.00 + 855,400 = \\
 &= 15'364,240 + 855,400 - 59'415,573 = \\
 &= -43'195,932.00
 \end{aligned}$$



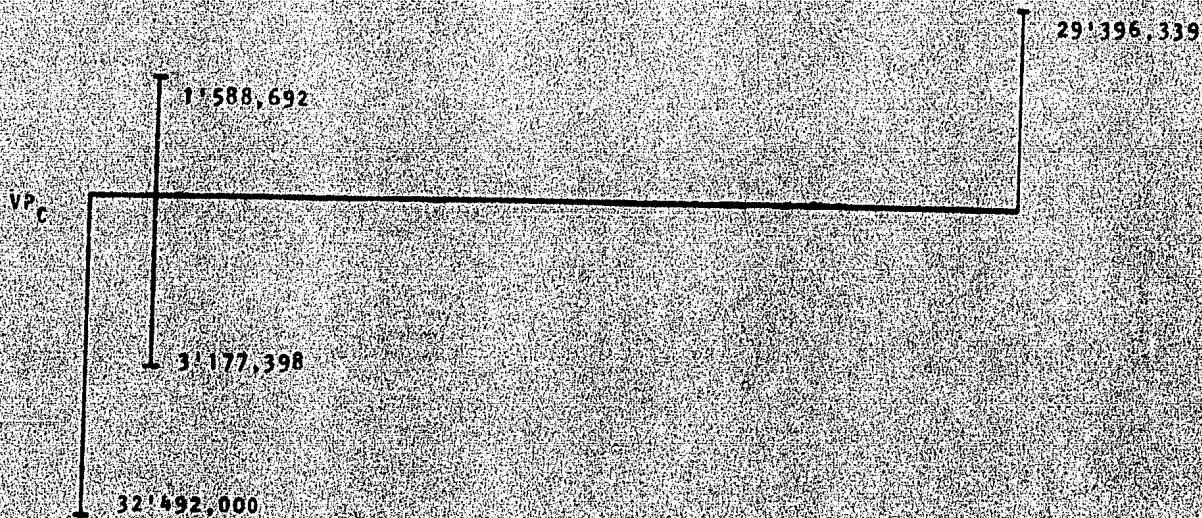


DIAGRAMA DE COSTOS DE LA OPCION "C" Y SU ECUACION PARA  $V_p$

$$\begin{aligned}
 V_p &= - 32'492,000 - 3'177,398 \left( \frac{P/A}{P/F, 10\%, 36} \right) + 1'588,692 \left( \frac{P/A}{P/A, 10\%, 36} \right) + 29'396,339 \\
 &\quad \left( \frac{P/F, 10\%, 36}{P/A, 10\%, 36} \right) = \\
 &= - 32'492,000 - 1'588,686 \left( \frac{P/A, 10\%, 36}{P/A, 10\%, 36} \right) + 29'396,339 \left( \frac{P/A, 10\%, 36}{P/A, 10\%, 36} \right) = \\
 &= - 32'492,000 - 15'364,182 + 967,139,55 = \\
 &= - 46'889,043
 \end{aligned}$$

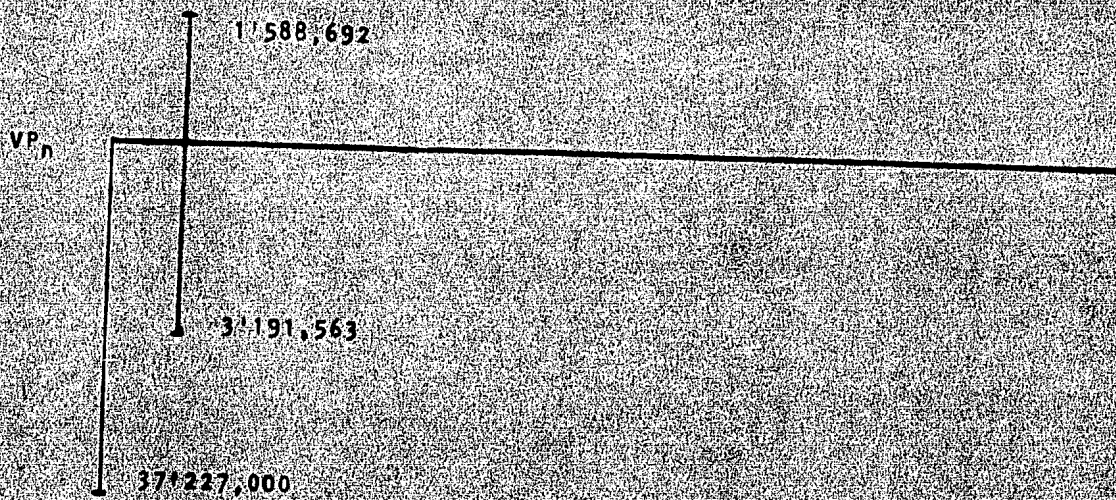


DIAGRAMA DE COSTOS DE LA OPCION "D" Y SU ECUACION PARA  $V_p$

$$\begin{aligned}
 VP_D &= - 37'227,000 - (3'191,563 - 1'588,692) \cdot (P/A, 10\%, 36) + 33'680,214 \cdot (P/A, 10\%, 36) = \\
 &= - 37'227,000 - 1'602,871 \cdot (P/A, 10\%, 36) + 33'680,214 \cdot (P/A, 10\%, 36) = \\
 &= - 37'227,000 - 15'501,365 + 1'108,079 = \\
 &= - 51'620,286
 \end{aligned}$$



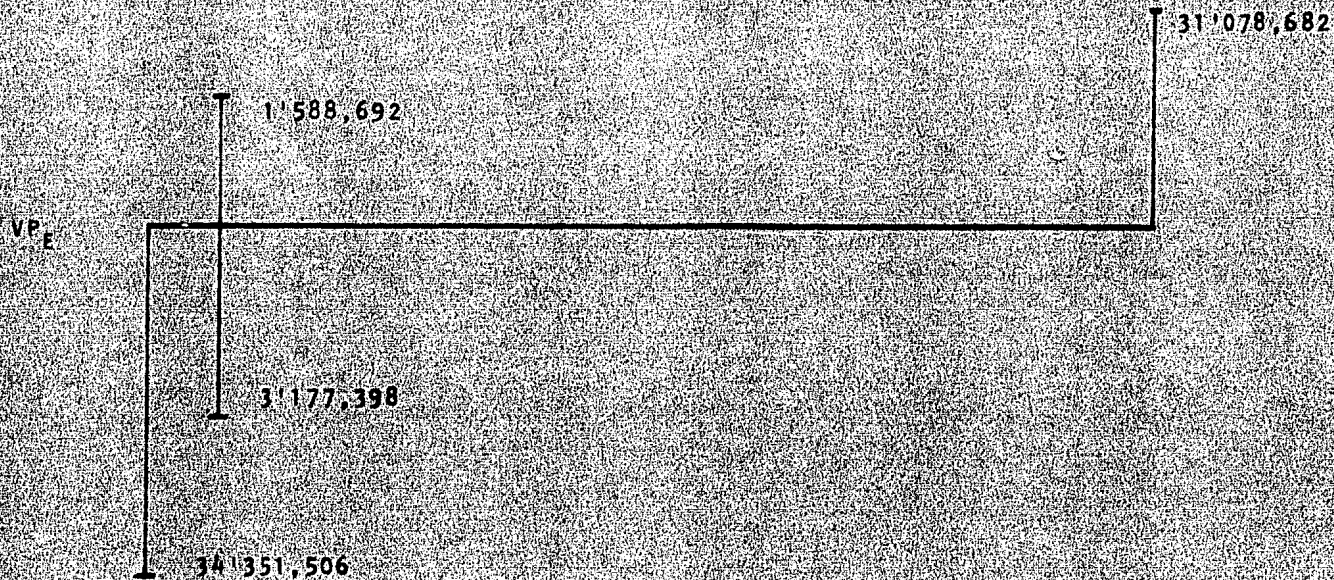


DIAGRAMA DE COSTOS DE LA OPCION "E" Y SU ECUACION PARA  $V_{PE}$

$$\begin{aligned}
 V_{PE} &= - 34'351,506 - 3'177,398 ( P/A, 10\%, 36 ) + 1'588,692 ( P/A, 10\%, 36 ) \\
 &\quad + 31'078,682 ( P/F, 10\%, 36 ) = \\
 &= - 34'351,506 - 1'588,706 ( P/A, 10\%, 36 ) + 31'078,682 ( P/F, 10\%, 36 ) = \\
 &= - 34'351,506 + 15'364,376 + 11'022,488,60 = \\
 &= - 48'694,393
 \end{aligned}$$



GENERALIZANDO LAS ECUACIONES DE COSTOS DE LAS DOS ALTERNATIVAS  
Y PARA VARIOS VALORES DE PORCENTAJE DE EVALUACION TENEMOS:

| i  | P/A     | P/F     | VALOR VP <sub>A</sub> | VALOR VP <sub>B</sub> | S <sub>i</sub> |
|----|---------|---------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| 4  | 18.8506 | 0.2443  | 85'798,033            | 33'489,928            | B              |
| 10 | 9.6710  | 0.0329  | 41'518,990            | 41'195,932            | B              |
| 12 | 8.1896  | 0.01726 | 37'191,596            | 41'256,882            | A              |

$$VP_A = 1'541,308 \cdot (P/A, 16\%) =$$

$$VP_B = 1'581,308 \cdot (P/A, 36\%) = 28'738,000 + 26'000,000 \cdot (P/F, 35\%) =$$

Como puede apreciarse la mejor opción dentro de nuestra tasa de interés mínima (10%) es la opción B.

De la anterior tabla podemos ver que para tasas menores al 10% siempre resultará mejor la alternativa B, más para tasas de mayor valor del 12% siempre será más recomendable la alternativa A.

Note - Los factores P/A y P/F fueron interpolados por incrementos dado que no son registrados para períodos de 36 intervalos de tiempo.

En las siguientes hojas se muestran las características del equipo seleccionado cumpliendo además las características requeridas.

**REGIMEN DE ENTRADA AL SISTEMA:**

**RECTIFICADOR:**

Voltaje 208 Volts  $\pm$  10% Trifásico, tres hilos.  
 Frecuencia 57 a 63 Hz

Corriente de entrada:

Modo normal de operación 512 Amps  
 Modo de recarga 700 Amps.

Regulación 0.5% dentro de 260 a 279 Volts CD.

**INVERSOR:**

Voltaje 216 a 291 Volts CD

Corriente de entrada, con falla de línea ( 217 Volts ) 677 Amps.

**PROTECCIONES DE ENTRADA:**

Derivación del sistema : Un interruptor de 3 polos 600 Amps

Rectificador " " " 3 " 700 "

Inversor " " " 2 " 800 "

**PROTECCIONES DE SALIDA:**

Rectificador Un interruptor de 2 polos 600 Amps.

Inversor: Por limitación de corriente ( mediante la impedancia equivalente del transformador de salida)

Sistema: Un interruptor de 3 polos 600 Amps.

**MEDIDORES:**

**Rectificador:**

Voltmetro de CD 0 a 300 Volts  $\pm$  2%

Ampermetro CD 0 a 800 Amps  $\pm$  2%

**Inversor:**

Voltmetro CD 0 a 300 Volts  $\pm$  2%

Ampermetro CD 800-0-800 Amps  $\pm$  2%

Voltmetro CA 0 a 150 Volts  $\pm$  2% Monofásico

Wattmetro CA 0 a 60 KWatts  $\pm$  2% Monofásico

Frecuencímetro 58 a 62 Hz 1 div/Hz Monofásico.

## ALARMAS:

Tanto en el rectificador como en el Inversor se ubican al frente de cada módulo, además de un tablero de prueba de alarmas, que puede utilizarse sin afectar la operación del sistema, cuenta también con un panel remoto y una alarma audible.

## REGIMEN DE SALIDA DEL SISTEMA:

Voltaje: 208 Volts, tres fases, cuatro hilos.

Regulación:  $\pm 3\%$

Frecuencia:  $60 \pm 1\%$

Distorsión armónica:

Menor del 3% de línea a línea

Menor del 5% de línea a neutro.

## COSTOS DE SFI

El SFI es de la marca LORAIN modelo 124 CRK

COSTO DE COMPRA: \$ 28,738,000.00

MANTENIMIENTO: \$ 163,932.00 Mensuales ( Incluye mano de obra, refacciones y guardías ).

VALOR DE RESCATE: \$ 26,000,000.00 A los tres años

Se suministra incorporado el banco de baterías del tipo Plomo-Acido consistente de 124 baterías con sus interconectores y además su estante de soporte de acuerdo a los requerimientos del cliente.

## COSTOS DE SISTEMA DE COMPUTO

COSTO DE RENTA: \$ 2,501,282.00 Mensuales

MANTENIMIENTO: \$ 163,932.00 Mensuales

TOTAL: \$ 3,172,120.00 Mensuales

COMPENSACION: \$ 12,000.00 Por HORA de Equipo caldo.

Compensación de EQUIPO CA100 ( Promedio ), como consecuencia de las variaciones de energía, 4.00 Hrs



C O N C L U S I O N



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Básicamente el uso de este tipo de equipos, obedece a la necesidad de contrarrestar las anomalías en la calidad del servicio de suministro eléctrico comercial y su justificación económica está en función del volumen, importancia, necesidad y porcentaje que representa una computadora como parte del sistema productivo de un centro de cómputo, ya sea administrativo, técnico, científico o comercial; tomando en consideración el costo de horas-hombre, dependiente o relacionado con esta.

La evaluación económica debe hacerse respecto al costo-beneficio obtenido y su resultado es reflejado notoriamente en función del tiempo y de acuerdo al tipo de SFI seleccionado. Dado el enfoque semi-práctico que representa este trabajo, nos permite tomar en cuenta una serie de consideraciones para la selección de nuestro equipo dentro de los existentes en el mercado, en función de la tecnología y su funcionamiento de cada uno de ellos de acuerdo a esto y su topología o arreglos de utilización; independientemente de los posibles acuerdos y sus ventajas a que se pudieran llegar entre contratista y contratante.

Se considera que este trabajo logra su fin, ya que sí nos brinda una visualización técnica de los diferentes productos del mercado y nos permite formarnos un criterio de selección en función del desempeño y confiabilidad de estos sistemas. Permitiéndonos una decisión técnica-económica menos limitada en su selección como alternativa por este último factor.



- REDES ELECTRICAS

Jacinto Viqueira Landa

Representaciones y Servicios de Ingenieria

- PRINCIPLES OF INVERTERS CIRCUITS

B.D. Bedford

John & Wiley Sons

- PRINCIPIOS DE ELECTRONICA

Albert Paul Malvino

Mc Graw Hill

- EVALUACION ECONOMICA

José López Leautaud

Mc Graw Hill



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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