

13
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CAMPUS
ARAGÓN

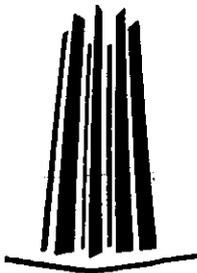
“DISEÑO FUNCIONAL DE UN SISTEMA DE
ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE PARA UN
CENTRO DE CÓMPUTO.”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN

P R E S E N T A

HUGO CRUZ LÓPEZ



ENEP ARAGÓN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MÉXICO, D.F. 1997 **8**

2578 93



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DISEÑO FUNCIONAL DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE PARA UN CENTRO DE CÓMPUTO.

ÍNDICE.

	pág.
INTRODUCCIÓN.	1
CAPITULO I. CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE UN CENTRO DE CÓMPUTO.	
I.1. CARACTERÍSTICAS DE UN CENTRO DE CÓMPUTO.	2
I.1.1. Condiciones ambientales dentro del Centro de Cómputo.	4
I.2. TRANSMISIÓN DE DATOS.	6
I.2.1. Tipos de señales utilizadas en la transmisión de datos.	6
I.2.2. Modos de transmisión.	7
I.3. REDES LAN.	10
I.3.1. Generalidades de una Red de Área Local.	11
I.3.2. Topologías mas utilizadas en redes de área local.	13
I.3.3. Suministro de energía eléctrica ininterrumpible a una red LAN.	17

CAPITULO II. ANÁLISIS DE ALIMENTACIÓN REQUERIDA.

II.1. TIPOS DE CORRIENTES.	20
II.1.1. Corriente Alterna.	20
II.1.2. Corriente Directa.	28
II.2. TIRISTORES.	29
II.2.1. Regímenes de tensión de estado NO.	30
II.2.2. Regímenes de corriente de estado SI.	33
II.2.3. Curvas características.	35
II.3. BATERÍAS.	45
II.3.1. Características importantes de baterías.	50

CAPITULO III. SUBSISTEMAS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

III.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.	68
III.1.1. Sistemas de protección.	68
III.1.2. Componentes de los sistemas de alimentación ininterrumpible.	69
III.2. SISTEMA DE RECTIFICACIÓN DE CORRIENTE.	75
III.3. SISTEMA INVERSOR.	82
III.4. OPERACIÓN DE UN CONMUTADOR	93
III.5. CONTROL Y SEÑALIZACIÓN.	104

CAPITULO IV. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

IV.1. COSTOS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.	110
IV.2. SERVICIOS DE MANTENIMIENTO A UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.	113
IV.2.1. Características de control y diagnóstico.	116
IV.3. FALLAS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.	117
IV.4. PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.	120
IV.5. ANÁLISIS DE FALLAS.	123

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

DISEÑO FUNCIONAL DE SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.

Objetivo:

DESARROLLAR Y DESCRIBIR UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE QUE SEA FACTIBLE DE UTILIZAR EN UN CENTRO DE COMPUTO.

INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico actual en materia de comunicaciones concretamente en tecnología de información, nos obliga a actualizar constantemente nuestros conocimientos, para mantenerlos lo más cerca posible de la llamada tecnología de punta, permitiendo con esto optimizar recursos y aumentar la productividad de nuestros centros de trabajo, hoy tan necesaria como nunca en nuestro país.

Para aumentar dicha productividad es necesario contar con equipos de cómputo sofisticados, para el intercambio de información, así mismo contar con sistemas de energía ininterrumpible para asegurar la continuidad y operación de nuestro proceso ó comunicación. En este sentido, la presente tesis tiene como objetivo analizar estos sistemas de alimentación ininterrumpible que son indispensables en aquellos centros de cómputo, en donde no se puede permitir perturbaciones de energía eléctrica.

Por este motivo, hemos decidido contemplar este tema, ya que es muy necesario conocer a fondo las partes principales que conforman esos equipos, para elegir adecuadamente el equipo o sistema que sea mejor aprovechado a nuestras necesidades.

CAPITULO I. CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE UN CENTRO DE COMPUTO.

Objetivo:

**IDENTIFICAR CADA UNO DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS A
TOMAR EN CUENTA PARA LA INSTALACIÓN DE UN CENTRO
DE COMPUTO.**

CAPITULO I.

I. CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE UN CENTRO DE CÓMPUTO.

La ubicación y distribución de los elementos que conforman un Centro de Cómputo así como los servicios que son necesarios para el buen desempeño de las funciones del mismo, son puntos muy importantes que se deben de tomar en cuenta durante su diseño.

I.1. CARACTERÍSTICAS DE UN CENTRO DE CÓMPUTO.

Un Centro de Cómputo está conformado básicamente por:

- *Un server o computador central.*
- *Terminales.*
- *Canal de comunicación.*
- *Software de comunicación.*
- *Sistema de alimentación ininterrumpible.*

Zona de Trabajo del usuario.

La distribución de los equipos informáticos dentro del centro de Cómputo debe permitir el libre acceso de los usuarios dentro de la zona de trabajo. Deben de existir pasillos que permitan el tráfico de los usuarios a los diferentes equipos de computación, cuando sea necesario. Existen en el

mercado conjuntos modulares que delimitan el lugar de trabajo para cada usuario. Están formados estos conjuntos; por sillas anatómicas con ruedas giratorias que permiten desplazarse de un lugar a otro en su delimitada zona de trabajo. Además la mesa en la que se coloca el monitor permite una excelente visibilidad del mismo, así como el lugar destinado para el teclado es ajustable, según el gusto y la comodidad del usuario. En algunos conjuntos, incluyen locker y libreros en donde el usuario puede tener su información ordenada y a la mano.

Instalación del cableado.

La utilización de un piso falso dentro de un centro de Cómputo es muy común, ya que permite la instalación del cableado necesario para el funcionamiento del equipamiento informático del centro de Cómputo.

Cables necesarios para la interconexión de las computadoras, (canales de comunicación), periféricos, sistemas de alimentación para los equipos antes mencionados, así como el cableado para la correcta iluminación del lugar difícilmente se podría disimular e instalar sin que se entorpeciera el libre tránsito de los usuarios de un lugar a otro, dentro del centro de Cómputo.

La solución al problema se logra construyendo un piso falso con una altura de $\frac{1}{2}$ mto. (aproximadamente) del piso real. Esto permite la cómoda instalación del enjambre de cables y facilita su servicio en caso de alguna eventual compostura.

1.1.1. Condiciones ambientales dentro del Centro de Cómputo.

Temperatura.

Las condiciones técnicas estipuladas por el fabricante indican, entre otra cosa, la temperatura ambiente a la que deben de trabajar los equipos informáticos. Si existe una elevación en la temperatura ambiente del lugar, se puede poner en riesgo el buen funcionamiento del equipo, ocasionado por el sobrecalentamiento del equipo. En los centros de Cómputo, donde existen gran cantidad de equipos trabajando simultáneamente, dentro de un lugar cerrado herméticamente la temperatura ambiente se puede elevar por el calor disipado por los equipos que están trabajando. Para mantener dentro de un rango delimitado para su buen funcionamiento, se instala en dichos centros un sistema de aire acondicionado. Este sistema mantiene el equipo y el ambiente a una temperatura ideal para el desarrollo de su función.

Esta temperatura puede estar en un rango comprendido de los 20 °C hasta los 28 °C.

Humedad y polvo

Un centro de Cómputo debe estar herméticamente cerrado. Esto con el fin de que se mantenga la temperatura proporcionada por el sistema de aire acondicionado, pero además, para impedir que el polvo y la humedad afecte a los sistemas digitales que en algunos casos son demasiado sensibles a las condiciones ambientales (humedad, calor). Aunque periódicamente se

contratan empresas, que proporcionen servicio de mantenimiento a los equipos, no es suficiente, ya que el propio diseño de los equipos existen zonas de difícil acceso para su mantenimiento respectivo. O bien, por que para poder realizar el servicio fuese necesario detener el funcionamiento de equipo, situación que en algunos casos no es posible, siendo conveniente mantener el equipo, libre de polvo y una humedad para garantizar un buen funcionamiento.

Protección de un centro de Cómputo en su alimentación eléctrica.

La alimentación eléctrica del centro de Cómputo debe ser suministrado sin pulsos sobre puestos en la señal eléctrica. Estas pulsaciones vienen implícitas en la señal que proporciona la red pública de suministro eléctrico o bien, puede ser provocado por el funcionamiento cercano, al centro de Cómputo, de grandes motores eléctricos. Para eliminar ese tipo de transitorios indeseables, se utilizan sistemas de rectificación e inversión de la señal, para entregarla al centro de Cómputo libre de pulsaciones indeseables. Estos sistemas se denominan Sistemas de Alimentación Ininterrumpibles (SAI). Y por si esto fuera poco , estos sistemas permiten seguir operando al sistema informático por un tiempo prudente para poder salvar la información que en esos momentos se esté procesando, cuando se presente alguna contingencia que suspenda el suministro eléctrico.

1.2. TRANSMISIÓN DE DATOS.

Una computadora puede conectarse a otra computadora para intercambiar información dentro de una red de dos formas:

- **Punto a punto.** *En este método sólo existen dos computadoras por cada línea o canal de comunicación.*
- **Punto multipunto.** *En este método puede existir más de dos computadoras conectadas a un mismo canal.*

1.2.1. Tipos de señales utilizados en la comunicación de datos.

Señal analógica. *Denominada así porque representa un rango continuo de valores que se repiten, y que cambian de forma gradual desde un mínimo valor hasta un máximo.*

Señal digital. *Es el código utilizado por las computadoras. Está formado por una serie de pulsos (1,0) que en su conjunto conforman la señal binaria. Un nivel 1 (uno) corresponde a la presencia de un nivel de voltaje. La ausencia del mismo equivale a un 0 (cero).*

Características de una señal (analógica o digital).

Amplitud. *Nivel de voltaje observado en una señal eléctrica.*

Frecuencia. Describe el número de formas de onda completa que atraviesan un punto de referencia, durante un intervalo de tiempo.

Fase. Determina el nivel de amplitud que ha alcanzado la señal dentro de un intervalo de tiempo.

Modulación de señales.

Modulación en amplitud (ASK). Técnica de modulación que consiste en modificar la amplitud de la señal de acuerdo al flujo de información.

Modulación en frecuencia (FSK). Técnica que consiste en variar la frecuencia, manteniendo constante la amplitud.

Modulación en fase (PSK). Técnica que consiste en alterar de forma abrupta la fase para representar el cambio de 1 (uno) a 0 (cero) o viceversa.

1.2.2. Modos de transmisión.

Durante el flujo de información de computadora se debe de disponer de un método con el que ambos dispositivos lleven el control de la transmisión.

Cuando una computadora envía una señal debe ser capaz de aceptar los datos enviados por la primera en la misma secuencia con que se transmitieron. Para que esta secuencia sea precisa, se plantea la necesidad de una base de tiempo mutua o lo que es lo mismo, un reloj común entre los equipos.

Por lo anterior, fue necesario la creación de dos métodos de sincronización para coordinar el flujo de datos.

Método asíncrono. *Se emplea bastante, por lo sencillo y económico que resulta. Se encuentra conformado con señales específicas y únicas que el dispositivo emisor envía (señales de arranque y parada) al principio y al final de un mensaje o bloque de información. La señal de arranque que proviene del receptor anuncia la llegada de información, mientras que la señal de parada indicada el fin del bloque de información.*

Método síncrono. *En este método de transmisión, se suprimen las señales de arranque/parada que acompañan a cada bloque de información. Estas señales son substituídas en los sistemas modernos por señales de sincronización. Su función es la de alterar al receptor de la llegada de datos.*

Tipos de comunicación.

Transmisión tipo serie. *Consiste en la transmisión de datos por un solo hilo físico. Sólo se puede enviar un solo paquete de información a la vez. Es económico, sin embargo tiene la desventaja de ser un sistema relativamente lento.*

Transmisión tipo paralelo. *Método que consiste en la transmisión de más de un bloque de información a la vez. Es más rápido que el serie pero su costo se incrementa notablemente.*

Medios de Comunicación.

Par trenzado. La mayoría de los sistemas de comunicación de datos emplean para su transmisión pares de cables trenzados. El sistema telefónico convencional es un ejemplo.

Cable trenzado de un solo par. Uno de ellos sirve para transmitir datos y el otro para recibirlo (semiduplex).

Cable trenzado de dos pares o circuito de cuadros. Suele conocerse como circuito dúplex. En él dos hilos transmiten datos y los otros dos reciben.

Cable coaxial. Medio de comunicación conformado por dos conductores paralelos. Uno de ellos está conectado a tierra (blindaje metálico), y el otro transporta la información. El blindaje con que se encuentra forrado el cable coaxial impide que la señal se irradie al espacio.

Fibra óptica. En este medio, se utiliza en lugar de señal eléctrica, señales luminosas. La luz o señal luminosa es generada, mediante diodos emisores de luz o bien, mediante láser y se transmite a través de un diminuto cable conductor de luz. Este conductor está hecho de un material con características similares al vidrio. El equipo emisor enciende y apaga la luz para representar los 1 (uno) y 0 (cero) del código binario (encendido=1 u apagado=0).

I.3. REDES LAN.

Las redes de computadoras han producido en nuestra sociedad un impacto de enormes consecuencias. Se dice que hemos entrado en la "Era de la información". Lo cierto es que estas herramientas revolucionarias han multiplicado la productividad y eficiencia en el trabajo, tanto en las empresas como para los usuarios individuales. Día a día, infinidad de usuarios acuden a las redes informáticas para atender sus necesidades privadas, comerciales o laborales, y esta tendencia aumenta a medida que las empresas y los usuarios van descubriendo la potencia de estos medios. En estos momentos, las computadoras están registrando las operaciones que tienen lugar en un gran almacén, las operaciones bancarias, gestionando las reservaciones de un hotel, etc.

Y así muchas otras actividades económicas dependen por completo de las Redes de Computadoras.

Este cambio de datos permite funcionar a los múltiples servicios informáticos que ya son parte de nuestras actividades cotidianas. Ejemplos de ello son los cajeros automáticos y el correo electrónico.

Redes de área local.

La expansión de las Redes de Área Local (LAN, siglas en inglés que significan Local Area Network) en los últimos años ha sido explosiva. El sector de las Redes Locales es uno de los de más rápido crecimiento en la industria de las

comunicaciones, y se presenta al mercado como la solución definitiva para la automatización de oficinas. Lo que impulsa a las empresas hacia las redes LAN es el incremento de la productividad y eficacia de los usuarios que las utilizan. Por otro lado, como las Redes Locales suelen residir en un mismo edificio, la conexión de la misma tiende a ser mucho más ordenada y estructurada. Son habituales las configuraciones horizontales y circulares. Ver figura 1.1.

1.3.1. Generalidades de una Red de Área Local.

La finalidad básica de una red LAN es la de facilitar el acceso a todas las computadoras de la oficina, entre las que se encuentran no solo ellas, sino también otros dispositivos presentes en casi todas las oficinas: impresoras trazadores gráficos y, cada vez más, archivos electrónicos y bases de datos.

Estas son algunas de las características de este tipo de redes:

- Los canales suelen ser propiedad de la organización a la que pertenecen los usuarios.
- Los canales emplean líneas de muy alta velocidad relativa.
- Las computadoras están muy próximas entre sí, generalmente dentro de una misma planta.
- Los errores presentados en una Red de Área Local, suelen ser considerablemente menores.

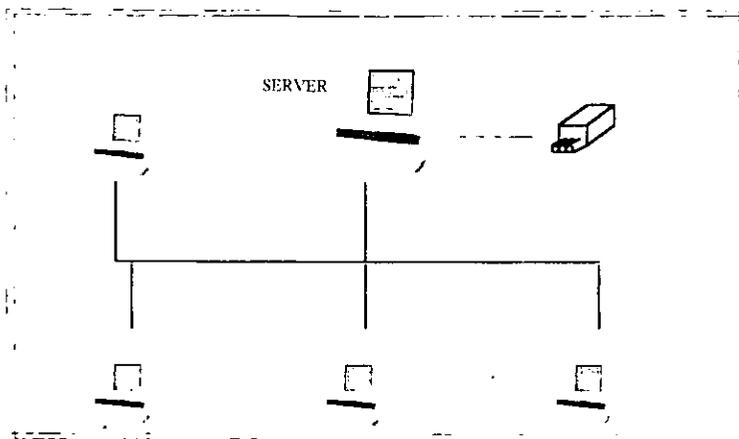


Figura 1.1. Red de área local.

Componentes de una red LAN

La red LAN está conformada esencialmente por los siguientes dispositivos básicos:

- 1. El programa de aplicación. Son los datos que intercambian las computadoras que conforman la red.*
- 2. La computadora. Es la máquina que permite al usuario poderse comunicar e intercambiar información con otro usuario, dentro de la red.*
- 3. El Módem. Su misión es la de hacer posible la conexión de las computadoras a través de la línea o canal de comunicaciones.*

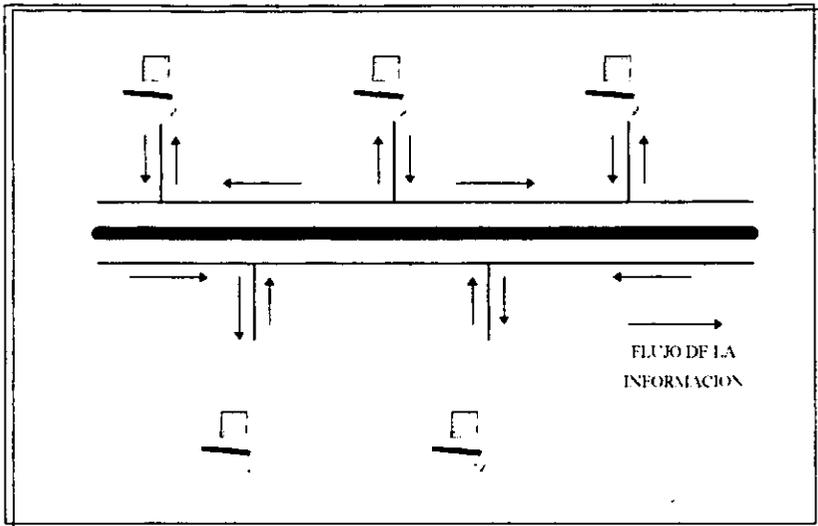
4. Canal de comunicaciones. Es el medio a través del cual fluye el tráfico de información o datos de una computadora a otra.

Finalmente, a la estructura se le agrega un protocolo. El protocolo no es más que el acuerdo de la forma en como se comunican entre sí las computadoras. Incluyen regulaciones concretas que recomiendan u obligan a las mismas, a seguir una técnica o convenio determinado.

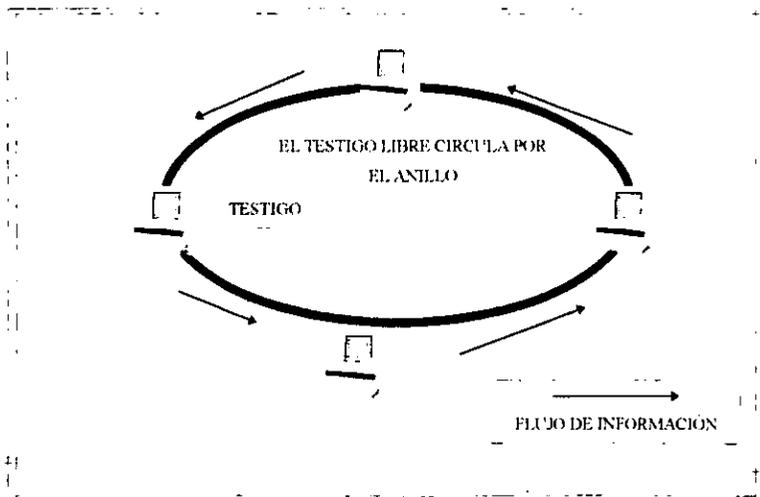
1.3.2. Topologías más utilizadas en redes de área local.

A la configuración o forma geométrica que adquiere la red, después de que han sido interconectados sus componentes y se han determinado el acuerdo (protocolo) a seguir para comunicarse, se llama Topología de Red.

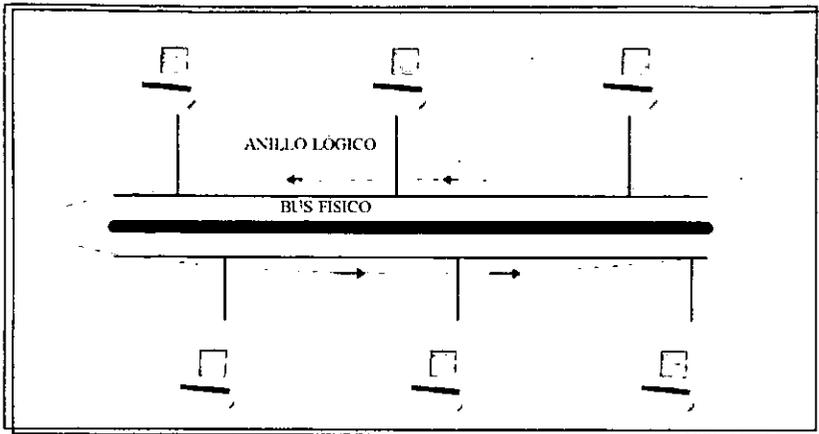
Las topologías de Red comúnmente utilizadas en Redes de Área Local se mencionan a continuación:



- Con sistema de Escucha de Portadora. Figura 1.1.
- Con Paso de Testigo (Token passing) en sus dos variantes:



- Token Ring (testigo en anillo). Figura 1.2.



• *Token Bus. Figura 1.3.*

La finalidad de las topologías antes mencionadas, es la de cumplir con los siguientes requisitos:

- 1. El de proporcionar la máxima confiabilidad en la emisión, flujo y recepción de datos entre computadoras.*
- 2. El de proporcionar la línea más adecuada (rápida y económica) entre computadoras.*
- 3. El de proporcionar el mínimo tiempo de espera, entre la emisión-recepción de datos entre computadoras.*

Sistemas con escucha de portadora.

En la Topología de Red LAN con escucha de portadora, ninguna computadora es más importante que otra, por lo que todas pugnan con el mismo derecho

por el empleo del canal de comunicación. Antes de transmitir, cada computadora que lo desee, primero ha de averiguar si el canal está ocupado (se dice que el canal está ocupado, cuando se ha establecido previamente una comunicación entre dos computadoras). Si el canal está libre, cualquier computadora que desee transmitir datos podrá hacerlo. En caso contrario, es decir que el canal está ocupado, deberá esperar un período aleatorio antes de volver a examinar el canal.

Pasos de testigo en anillo (Token Ring).

Todas las computadoras están conectadas a una configuración similar a la de un anillo concéntrico, de allí su nombre. Los datos recorren cada una de las computadoras conectadas a la red LAN, pero solo una tendrá el derecho de accederlos. Si el anillo está libre (esto se refiere a que ningún usuario esté haciendo uso del canal), irá circulando el testigo o derecho de transmisión de una máquina a otra. El testigo es el que controla el uso del anillo, indicando cuando está libre u ocupado. Un testigo ocupado indica que alguna máquina se ha hecho del control del canal, y está transmitiendo datos. Por el contrario, un testigo libre señala que el anillo está desocupado y cualquier máquina queda autorizada a transmitir en el momento de recibirlo.

Paso de testigo en bus.

Aunque el sistema Paso de Testigo de un canal de comunicación de forma horizontal (de allí el nombre de bus), permite acceder al mismo como si se tratase de un anillo físico. El testigo de acceso o derecho a transmitir confiere

a una computadora el uso exclusivo del Bus. La máquina que ostenta el testigo usará el bus durante un período de tiempo para enviar y recibir datos. Al término de su transmisión, el testigo se entregará a otra estación designada. En la topología en bus, todas las computadoras escuchan y reciben el testigo de acceso, pero la única máquina que queda autorizada para usar el canal es aquella que aparezca indicada expresamente en el testigo de acceso. Todos los equipos deberán esperar su turno, para recibir el testigo. Las computadoras van recibiendo el testigo cíclicamente, con lo cual se configura un anillo lógico aunque sea una topología en bus.

1.3.2. Suministro de energía eléctrica ininterrumpible a una red LAN.

Es bien conocido el problema que se presenta respecto a la poca estabilidad en el suministro de la energía eléctrica y cortes o suspensiones de la misma, más aún, esto se hace más palpable en los equipos de cómputo, basta la más mínima interrupción de la señal eléctrica para que todo un centro de cómputo deje de trabajar, ocasionando la parcial o total pérdida de información que en ese momento se está procesando lo que podría ser fatal en el caso en que se esté alimentando, por ejemplo a un sistema de cómputo, utilizado para el control del tráfico aéreo en un Aeropuerto.

Por lo anterior, para darle una solución satisfactoria al problema, se ha pensado en la instalación de un sistema de suministro de energía jamás ininterrumpible, el cual además de estar regulando el voltaje y la frecuencia

de entrada al equipo de cómputo, proteja a la red contra cualquier interrupción o anomalía, presentando en la línea de alimentación de la red pública.

Sistemas de alimentación ininterrumpible (SAI).

Los sistemas de alimentación ininterrumpible son equipos especializados para aquellas instalaciones, donde no se permite tener vacaciones en el suministro de energía eléctrica, además de garantizar una continuidad en el servicio de un 99.9%.

SEI (Sistema de Energía Ininterrumpible), **UPS** (Siglas que en inglés significan Uninterrumpible Power System) ó **SAI** (Sistema de alimentación ininterrumpible) por su diseño, tiene la capacidad de alta filtración, regulación continua, protección contra variaciones de voltaje, estabilidad de frecuencia, protección contra transitorios y continuidad del suministro en forma temporal ante fallas de energía, dependiendo de la capacidad de su banco de baterías y la demanda de la carga. Gracias al autodiagnóstico con que cuenta, el **SAI** tiene la habilidad de transferir la carga a una alimentación de respaldo, cuando ocurre alguna falla significativa en alguno de sus componentes, sin que se tenga interrupción de energía.

Ventajas de SAI en una red LAN.

El suministro de energía eléctrica proporcionado a la Red LAN por el SAI, debe ser de cubrir las siguientes ventajas:

- *El suministrar energía al centro de cómputo, durante las fallas en la red de Alimentación Comercial.*
- *Compensar variaciones en la frecuencia y en la amplitud del voltaje.*
- *Suprimir señales parásitas y pulsos sobrepuestos a la amplitud del voltaje.*

CAPITULO II. ANÁLISIS DE ALIMENTACIÓN REQUERIDA.

Objetivo:

ANALIZAR LOS VOLÚMENES Y RANGOS DE ENERGÍA REQUERIDOS POR EL EQUIPO DEL CENTRO DE COMPUTO.

CAPITULO II.

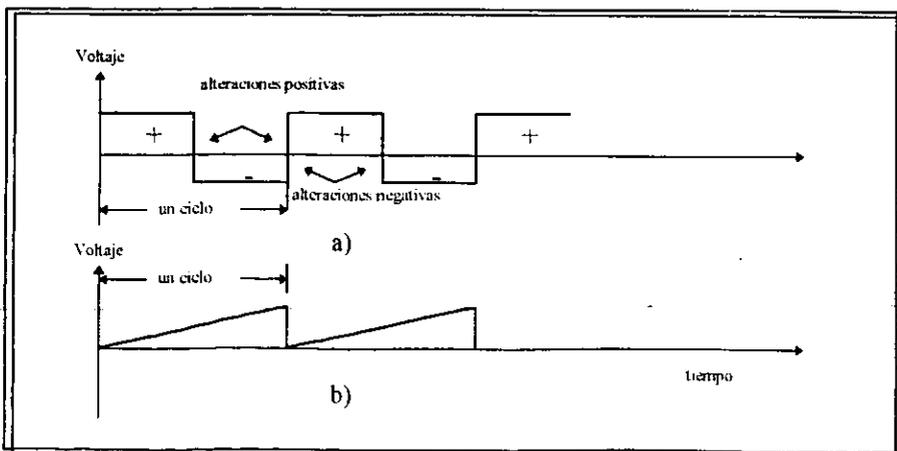
ANÁLISIS DE ALIMENTACIÓN REQUERIDA.

II.1. TIPOS DE CORRIENTES.

II.1.1. Corriente alterna.

En el estudio y aplicación de los circuitos eléctricos se encuentran voltajes y corrientes que varían con el tiempo en forma periódica. En la fig. 2.1 se muestran ejemplos de tales ondas periódicas: las ondas rectangulares se pueden encontrar en generadores de corriente continua (CC) y en circuitos de barrido en osciloscopios; las ondas triangulares están asociadas con el cambio del campo magnético que atraviesa la ventana de una bocina de armadura de CC.

La onda sinusoidal que se muestra en la fig. 2.1 (d) tiene la mayor aplicación y es la más sencilla de trabajar matemáticamente.



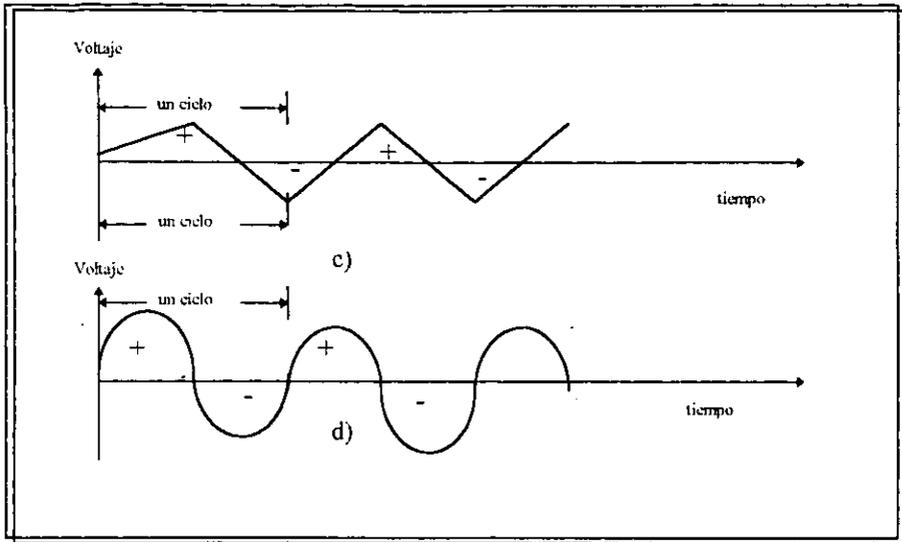


Figura 2.1. Ejemplos de ondas de voltaje periódicas: (a) rectangular (b) diente de sierra c) triangular (d) sinusoidal.

Nomenclatura de las ondas periódicas.

Ciclo: Un ciclo es el conjunto completo de valores de una onda periódica.

Frecuencia: La frecuencia (f) de una onda periódica es el número de ciclos completos por segundo. Un ciclo por segundo es un hertz (Hz).

Periodo: El periodo T de una onda periódica es el tiempo necesario para completar un ciclo. El periodo se expresa generalmente en segundos y es el recíproco de la frecuencia.

$$T = \frac{1}{f}$$

Por ejemplo, el tiempo necesario para completar un ciclo de una onda periódica de 60 Hz es $1/60$ seg.

Alternancia: Los medios ciclos positivos y negativos de las ondas periódicas que tienen alternadamente valores positivos y negativos se denominan alternancias. Las ondas periódicas en las figs. 2.1 (a), (c) y (d) tienen alternancias. La onda de la fig. 2.1 (b) es periódica, pero no tiene alternancias.

Ecuaciones de ondas de corriente y voltajes sinusoidales continuas.

Las expresiones matemáticas para la onda sinusoidal continua que se muestra en la fig. 2.1. (a) son:

$$y = A \text{ sen } x \dots\dots\dots(a)$$

$$y = A \text{ cos } x \dots\dots\dots(b)$$

La selección de la ecuación depende del punto de arranque o del punto de abscisa cero de la onda continua. La función seno se puede utilizar si la onda tiene su valor cero en $X=0$

Utilizando la fig. 2.2. y la ecuación anterior como referencia, la ecuación para la onda continua de voltaje en la fig. 2.3. es

$$e = E_m \text{ sen } a \dots\dots\dots(c)$$

donde E_m es el valor máximo (pico) de la onda. El ángulo alfa (α) se puede expresar en grados o radianes.

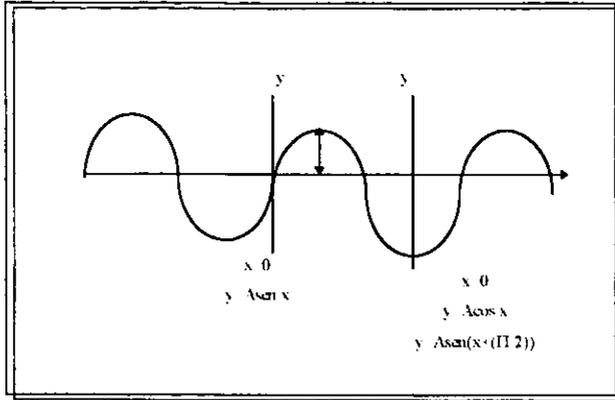


Figura 2.2 (a). Ejemplo de una sola onda sinusoidal continua.

El radian es la unidad comúnmente utilizada para la medición angular en el análisis y diseño de circuitos eléctricos, máquinas y controles. La relación entre grados y radianes es:

$$2\pi \text{ radianes} = 360^\circ$$

o bien

$$1 \text{ radian} = 360^\circ / 2\pi = 57.30$$

$$\pi = 3.142$$

Aunque la ecuación (c) expresa la onda de voltaje sinusoidal de la figura 2.3. en la función del ángulo α , muchas relaciones eléctricas requieren que la onda seno se exprese en función del tiempo. El ángulo α está relacionado con el tiempo t de la siguiente forma:

$$\alpha = \omega t \dots\dots\dots (d)$$

en donde

α : ángulo, radianes (rad)

t = tiempo transcurrido, segundos (seg)

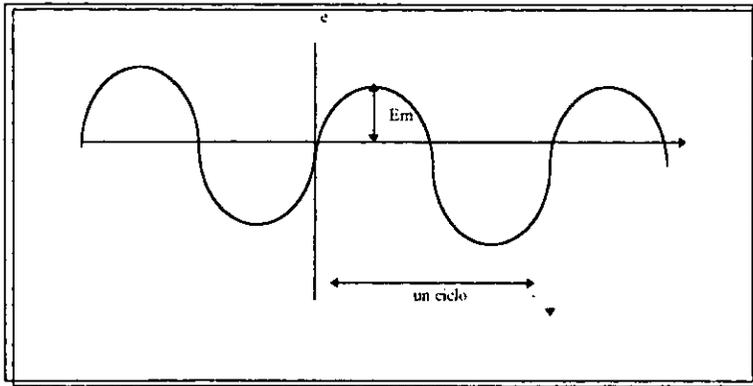


figura 2.3.

La velocidad angular de una onda seno puede obtenerse dividiendo el ángulo reconocido en un ciclo por el periodo de la onda. Como el ángulo recorrido en un ciclo es 2 radianes.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ (rad/s)}$$

puesto que

$$T = \frac{1}{f}$$

$$\omega = 2\pi f \text{ (rad/s)} \quad (e)$$

Sustituyendo las ecuaciones (d) y (e) en la ecuación (c) se obtienen las expresiones más comunes utilizadas para las ecuaciones en dominio del tiempo de una onda de "voltaje sinusoidal".

$$e = E_m \text{ sen } \omega t \quad (f)$$

$$e = E_m \text{ sen } 2 \pi f t \quad (g)$$

en donde

e = valor instantáneo del voltaje en el tiempo t

E_m = valor máximo de la frecuencia de la onda del voltaje, V

f = frecuencia, Hz.

t = tiempo, segs., que ha transcurrido desde que la onda cruzó la abscisa ωt , viajando en la dirección positiva.

1 = radian = 57.3°

En forma similar, la ecuación para una onda de corriente sinusoidal continua es:

$$i = I_m \text{ sen } 2 \pi f t \quad (h)$$

en donde

i = valor instantáneo de corriente en el tiempo t

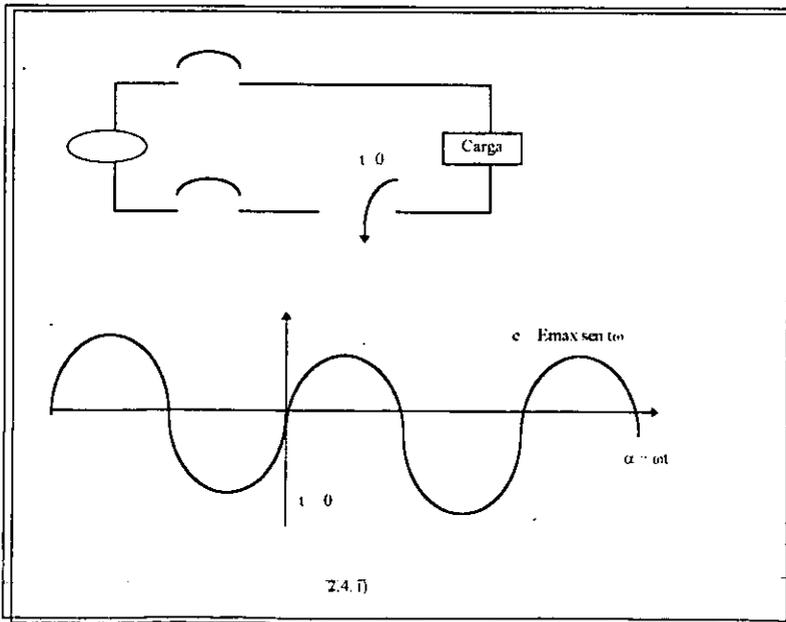
I_m = valor máximo de la onda de corriente, A

f = frecuencia, Hz.

T = tiempo, segs., que ha transcurrido desde que la onda cruzó la abscisa ωt , viajando en la dirección positiva.

Las ondas de voltaje y corrientes son continuas, estas no se detienen después de completar un ciclo si no continúan repitiéndose mientras el generador esté

operando. Por lo tanto, cuando el interruptor se cierra conectando el generador a la carga, el valor instantáneo de la onda de voltaje que se aplica a la carga depende del valor instantáneo de la onda de voltaje en el tiempo del cierre. El instante en que los polos del interruptor hacen contacto, se considera arbitrariamente como " tiempo cero ", y el tiempo transcurrido se mide desde ese instante. La figura 2.4. muestra el "tiempo cero", para tres puntos diferentes de la misma onda de voltaje continuo, indicando las ecuaciones correspondientes. Las ecuaciones difieren únicamente en el ángulo de desplazamiento de la línea de "tiempo cero", con respecto a la intersección de la onda con el eje del tiempo cuando ésta asciende en la dirección positiva.



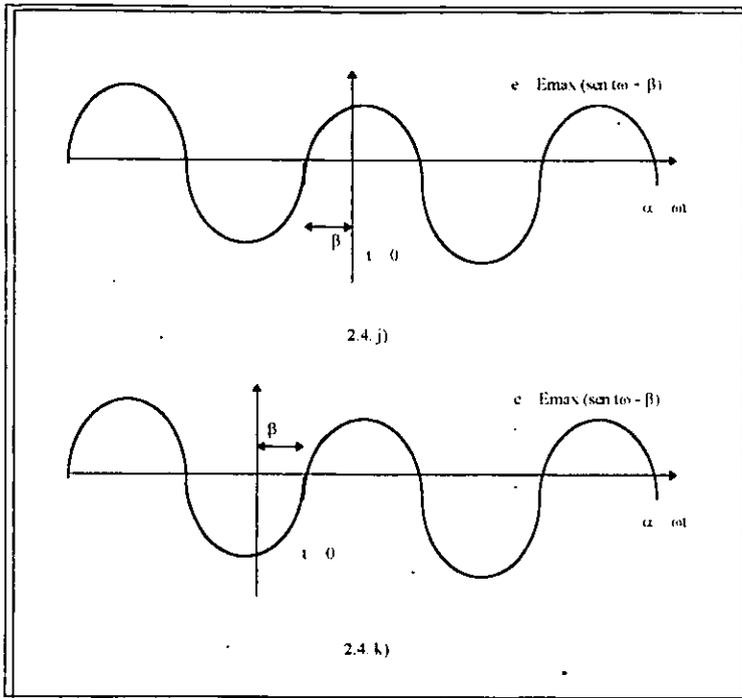


figura 2.4.

Ejemplos de "tiempo Cero" en diferentes puntos de una onda sinusoidal.

Las ecuaciones que representan los tres instantes de tiempo diferentes del cierre del interruptor son:

Para la figura (i)

$$e = E_m \sin \omega t \quad B = \text{ángulo de fase.}$$

Para la figura (j), $W = 2f$

$$e = E_m \text{ sen } (\omega t - B) \quad t \quad - \text{ tiempo en seg.}$$

E_m - valor máximo de voltaje.

$$e = E_m \text{ sen } (\omega t - B)$$

II.1.2. Corriente Directa.

El voltaje continuo, o corriente continua, puede considerarse como un caso especial de una onda de corriente o voltaje sinusoidal cuya frecuencia es el límite de cero hertz. Esto se explica con la ayuda de la figura 2.5, la cual muestra un generador ideal que entrega una tensión de excitación sinusoidal a una carga resistiva. El generador ideal tiene su E_m constante, pero la frecuencia es ajustable cero hertz hasta infinito.

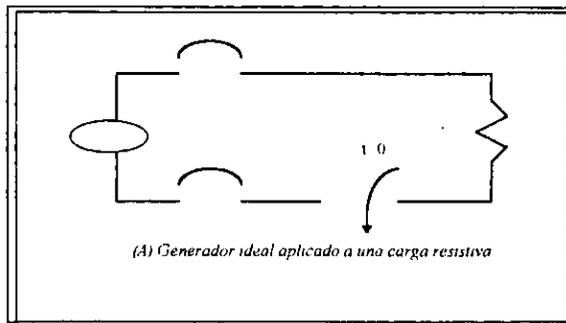


figura 2.5.

A medida que la frecuencia de la onda de voltaje se hace más pequeña, aproximadamente a 0Hz., en el límite, su período se aproxima a infinito ($T = 1/f$); es decir, se requiere de un tiempo infinito para completar un ciclo. Esta magnitud es constante para todos los valores de tiempo.

Las ecuaciones representativas para todas las ondas de voltaje en la figura 2.5 son:

$$e = E_m \cos 2 E_m \pi f t$$

$$e = E_m \text{ sen } (2 \pi f t + 90^\circ)$$

$$e = E_{\text{máx}} \text{ sen } (2 \pi f t + B) \text{ Expresión (L)}$$

Sustituyendo 0Hz. por f en el conjunto de ecuaciones (L)

$$e = E_m \text{ sen } (2 \pi 0t) = E_m$$

$$e = E_m \text{ sen } (2 \pi 0t + 90^\circ) = E_m \quad (M)$$

Por lo tanto, a una frecuencia de 0 Hz., $e = E_m$ para todo tiempo finito.

Por consiguiente, en los circuitos eléctricos donde cualquier frecuencia, se sustituye f por cero, obtendremos una respuesta de fuente de CC.

II.2. TIRISTORES.

Los tiristores son dispositivos de estado sólido cuyas características son similares a las de las vácuolas tiratón. Más específicamente, son interruptores de estado sólido cuyo estado biestable depende de la realimentación positiva asociada a una estructura p-n-p-n. Básicamente este grupo incluye cualquier dispositivo semiconductor biestable con tres o más junturas (es decir, cuatro o más capas semiconductoras) que puede pasarse de un estado de alta

impedancia (estado no) a un estado de conducción (estado si) y viceversa, dentro de un cuadrante, por lo menos de las curvas características de la tensión principal.

Regímenes y características límites.

Los tiristores deben funcionar dentro de los regímenes máximos especificados por el fabricante para asegurar los mejores resultados en lo que definen al comportamiento, duración y confiabilidad. Estos regímenes definen los valores límites, determinados en la base a numerosas pruebas que representan el criterio del fabricante sobre la capacidad de funcionamiento seguro del dispositivo. El fabricante también especifica varias características del dispositivo, que son propiedades que definen las cualidades y características interesantes del tiristor.

II.2.1. Regímenes de tensión en estado NO.

Todas las estructuras de tiristores se componen de una región de base, ancha y levemente contaminada, colocada entre dos regiones más contaminadas con impurezas de tipo opuesto. Esta región de base levemente contaminada soporta la principal tensión de bloqueo en ambos sentidos. La elección de los parámetros de diseño (ancho y contaminación) para esta base tiene fundamental importancia en todas las propiedades eléctricas del tiristor porque las tensiones del bloqueo, tensión en estado sí, disipación de potencia y velocidad de conmutación provienen del diseño de esta región.

La ruptura por tensión es el criterio de diseño más importante en un tiristor. El encendido iniciado por la tensión puede producirse como resultado de la ruptura por avalancha o por perforación por tensión.

La ruptura por avalancha se produce cuando el campo eléctrico de la región de diserción alcanza el campo crítico en el cual los portadores que atraviesan el campo adquieren suficiente energía ente las colisiones como para generar portadores adicionales al producirse las colisiones. La tensión de la avalancha aumenta cuando la contaminación eleve. La perforación puede ocurrir con una tensión de bloqueo excesiva de una polaridad con la cual el encendido es posible. En contraste con la ruptura por avalancha, la tensión de perforación con contaminaciones fuertes y anchos de bases grandes.

Los regímenes de tensión de los tiristores se dan para el funcionamiento en estado constante y también para las condiciones de bloqueo e inverso (sólo para los RCS en este último caso). En los RCS, las tensiones se consideran que están en sentido directo o positivo cuando el ánodo es positivo con respecto al cátodo. Las tensiones negativas de los RCS se denominan tensiones de bloqueo inverso.

Cuando la tensión aplicada a un tiristor tiene la polaridad con la cual es posible la conmutación al estado SI, la capacidad de bloqueo de tensión del dispositivo es sensible a la temperatura. La temperatura de juntura máxima de los tiristores oscila generalmente entre los 100 y 150 grados centígrados. Los aumentos de la temperatura de juntura superiores a este valor máximo

reducen la confiabilidad y afectan adversamente a las características de conmutación de los tiristores.

La tensión de pico repetitiva de estado NO es el valor máximo de tensión en estado NO que el debe bloquear en las condiciones establecidas de temperatura y resistencia compuerta-cátodo. Se excede esta tensión el tiristor puede pasar al estado SI. Las corrientes térmicas tienden a multiplicarse. Si esta corriente de bloqueo cruza la juntura compuerta-cátodo, su efecto en el tiristor es similar al de la corriente de compuerta, tendiendo así a reducir la tensión de ruptura V_{BO} . por esta razón los regímenes de tensión de estado NO se especifican para la máxima temperatura nominal de juntura. Se puede utilizar una resistencia derivadora entre compuerta y cátodo para proporcionar un camino a la corriente de bloqueo que deriva la juntura compuerta cátodo. El uso de esta resistencia derivadora mejora la capacidad del bloqueo en estado NO pero reduce la sensibilidad de la compuerta. Por consiguiente, los regímenes de tensión de estado NO generalmente con la compuerta abierta para representar las condiciones en el peor de los casos.

Tensiones inversas (para los RCS).

Los regímenes de tensión inversa de los RCS sirven como guía para el funcionamiento en el tercer cuadrante o modo de bloqueo inverso.

La tensión de pico repetitivo V_{RSQM} es el máximo valor de tensión admitida de tensión inversa, incluyendo todas las tensiones transitorias repetitivas, que puede aplicarse al RCS.

Temperatura máxima de juntura

La temperatura máxima de juntura es el segundo factor en importancia en el diseño de los tiristores. En la determinación de la temperatura máxima de juntura es necesario tener en cuenta varios factores.

II.2.2. Regímenes de corriente de estado SI.

Los regímenes de los tiristores definen los valores máximos para corrientes normales o repetitivas. Estos regímenes máximo son determinados en base al régimen de temperatura de juntura máxima, la resistencia térmica entre juntura y carcaza, la disipación de potencia interna resultante de la circulación de corriente a través del tiristor y temperatura ambiente.

Los regímenes de corriente de estado SI de un tiristor indican los valores máximo de corriente promedio, eficaz y de pico (sobrecorriente) que puede circular a través de las terminales principales, en las condiciones establecidas cuando el tiristor está en estado SI. En los tiristores en disipadores térmicos, estos regímenes máximos están basados en la temperatura de la carcaza, en los tiristores montados en terminales, los regímenes están basados en la temperatura ambiente.

Regímenes de sobrecorriente transitoria.

El régimen de sobrecorriente transitoria de estado SI, I_{TSM} , indican el valor de pico máximo de un pulso de corriente de corta duración que puede circular a través de un tiristor durante un ciclo de estado SI, en las condiciones establecidas. Este régimen es aplicable para cualquier condición de carga de régimen. Durante el funcionamiento normal la temperatura de juntura de tiristor puede elevarse hasta el valor máximo admisible; si la corriente transitoria se produce en ese momento, se excede el límite máximo. Por esta razón, un tiristor no bloquea la tensión de estado NO inmediatamente después de la aparición de una sobrecorriente transitoria. Se debe dejar transcurrir el tiempo suficiente para permitir que la temperatura de juntura vuelva al valor de funcionamiento normal antes de devolver al tiristor el control de la compuerta.

Corrientes de retención y enganche.

Después de un tiristor a pasado a condición de estado SI, se requiere cierto valor mínimo de corriente anódica para mantener al dispositivo en estado de baja impedancia. Si la corriente de ánodo disminuye por debajo de este valor crítico de corriente de sostén, el tiristor no puede mantener la generación y pasa al estado NO o de alta impedancia. Como la corriente de retención (I_H) es sensible a las variaciones de temperatura (aumenta a medida que disminuye la temperatura) este régimen se especifica a temperatura ambiente y con la compuerta abierta.

La corriente de enganche de un tiristor es aquel valor de corriente anódica levemente superior a la corriente de retención, que es la cantidad mínima requerida para mantener la conducción inmediatamente después de que el tiristor ha pasado del estado NO al estado SI y la señal de compuerta ha desaparecido. Una vez alcanzada la corriente de enganche (I_1), el tiristor permanece en estado SI o de baja impedancia, hasta la corriente anódica disminuye por debajo del valor de corriente de retención.

II.2.3. Curvas características

Curvas características de tensión corriente del RCS.

Las principales curvas características de tensión-corriente de los RCS, indican que estos dispositivos son ideales para la conmutación de potencia. Cuando la tensión existe a través de los terminales principales de cualquiera de los tipos de tiristores está por debajo del punto de ruptura, la corriente que atraviesa el dispositivo es extremadamente pequeña y el tiristor es efectivamente un interruptor abierto. Cuando la tensión entre los terminales principales aumenta hasta un valor superior al punto de ruptura el tiristor pasa a su estado de alta conducción y es efectivamente un interruptor cerrado. El tiristor permanece en el estado hasta que la corriente que pasa por las terminales principales disminuye por debajo de un valor denominado corriente de sostén. Cuando la tensión de la fuente del circuito de las terminales principales no pueden soportar una corriente igual a la corriente de sostén, el tiristor vuelve al estado de alta impedancia (estado no).

Curva del RCS.

La figura 2.6. muestra la curva característica principal de tensión corriente de un RCS. Esta curva indica que el funcionamiento de un RCS en las condiciones de polarización inversa (ánodo negativo con respecto al cátodo) es muy similar a la de los rectificadores de silicio u otros diodos de estado sólido polarizados inversamente. En este modo de polarización, el RCS exhibe una impedancia interna muy alta a través de la estructura p-n-p-n solo puede circular una pequeña cantidad de corriente inversa, llamada corriente de bloque inverso. Esta corriente es muy reducida hasta que la tensión inversa exceda la tensión de ruptura inversa, pero más haya de este punto la corriente inversa aumenta rápidamente. El valor de la tensión de ruptura inversa varía de acuerdo con los diferentes tipos de RCS.

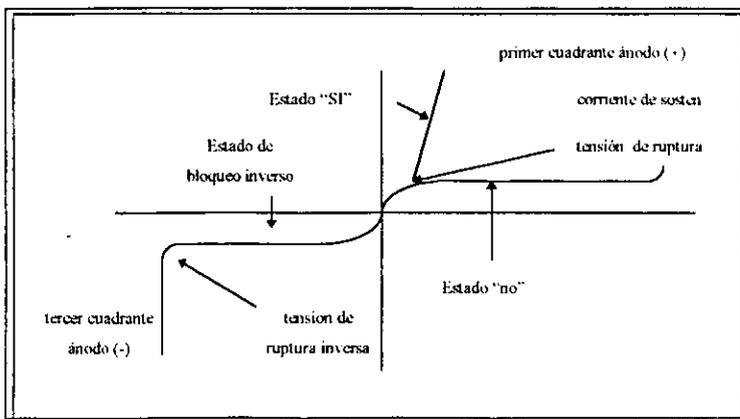


Figura 2.6. Curva característica principal de tensión-corriente de un RCS.

Curvas características de compuerta.

Los RCS están proyectados específicamente para ser disparados por una señal aplicada al terminal de compuerta. Las especificaciones del fabricante indican los valores absolutos de la corriente y tensión de la compuerta requeridos para encender estos dispositivos. Sin embargo, las curvas características de compuerta varían de un dispositivo a otro incluso entre los dispositivos de la misma familia. Por esta razón, las especificaciones del fabricante sobre las características de compuerta proporcionan una gama de valores en forma de diagramas de curvas. Un ejemplo de estos diagramas es el que aparece en la figura 2.7., el cual define los límites de corrientes y tensiones de compuerta que pueden usarse para disparar cualquier dispositivo de una familia específica. Los límites máximo y mínimo de impedancia de compuerta de estas curvas, representan los lugares geométricos de todos los puntos posibles de disparo para los tiristores de esta familia. las curvas OA representan las curvas características de compuerta de un determinado dispositivo que es disparado dentro del área sombreada.

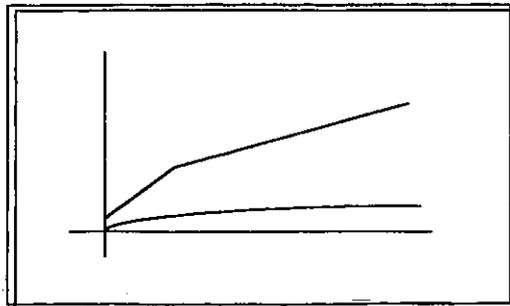


Figura 2.7. Curvas características de compuerta de un RCS típico de RCA.

Nivel de disparo.

El valor absoluto de la corriente y tensión de compuerta requerido para disparar un tiristor varia inversamente con la temperatura de juntura. A medida que la temperatura de juntura aumenta, el nivel de la señal de compuerta necesaria para disparar el tiristor disminuye. Por consiguiente, las condiciones de disparo para el peor de los casos se produce cuando la temperatura de juntura de funcionamiento es mínima.

El valor máximo de tensión de compuerta inferior al nivel requerido para disparar cualquier unidad de una determinada familia de tiristores es también una característica importante de la compuerta con temperaturas de funcionamiento y altas, el nivel de la tensión de compuerta necesaria para disparar un tiristor se aproxima al valor mínimo y señales de ruido indeseables pueden disparar inadvertidamente el dispositivo. Por lo tanto, la tensión de compuerta máxima que produce el disparo, y la temperatura de juntura máxima de funcionamiento del dispositivo, es una medida del nivel de rechazo de ruido de un tiristor.

Disparo por pulsos.

La corriente de compuerta especificada en los datos técnicos para los tiristores es la corriente de disparo de compuerta de CC requerida para pasar un RCS a su estado de baja impedancia. A los fines prácticos, este valor de CC puede considerarse equivalente a una corriente de pulsos que tiene pulsos de 50 microsegundos de ancho, con anchos de pulsos de corriente de

compuerta menores que 50 microsegundos, se deben usar las curvas de corriente de pulsos asociadas a un dispositivo particular para asegurar el encendido.

Cuando se requiere el disparo por pulsos de un tiristor, siempre es conveniente proporcionar un pulso de corriente de compuerta que tenga un valor absoluto superior al valor de CC necesario para disparar el dispositivo. El uso de grandes corrientes de disparo reduce las variaciones en el tiempo de encendido, reduce al mínimo el efecto de la variación de temperatura en las características de disparo y permite tiempos de conmutación muy breves.

Requerimientos del circuito de disparo.

El circuito de disparo básico de compuerta de un tiristor puede representarse por una fuente de tensión y una resistencia en serie, figura 2.8. La resistencia en serie debe incluir tanto a resistencia externa del circuito como la resistencia interna del generador, con el disparo por pulsos, se supone inicialmente que se conoce el tiempo de encendido requerido para disparar todos los tiristores del mismo tipo, y que se van a determinar los anchos máximos admisibles de los pulsos de disparo de compuerta para determinadas potencias de entrada de compuerta.

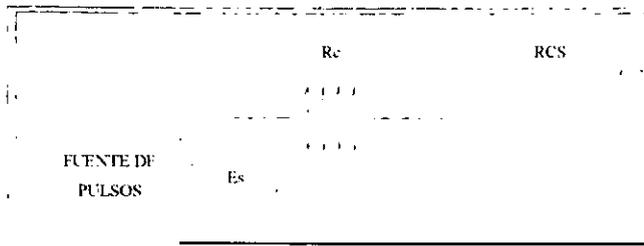


Figura 2.8. Diagrama equivalente del circuito básico de disparo de compuerta en un tiristor.

El valor absoluto de la corriente de disparo de compuerta requerido para encender todos los RCS de un tipo dado determina mediante las curvas de encendido de la figura 2.9.

Las curvas características de encendido de la figura 2.9. indican que se requiere una corriente de disparo de compuerta de un ampere para asegurar que todos los dispositivos de este tipo se enciendan en 2.5 microsegundos (el nivel de 2.5 microsegundos corta a la curva superior a los 500 miliamperios). Además de el ancho del pulso de disparo de compuerta debe ser por lo menos 2.5 microsegundos para asegurar que el RCS permanezca encendido después de que el ha sido disparada. En realidad, requerimiento mínimo es que el ancho de pulsos sea lo suficientemente grande como para que la corriente anódica del RCS alcance el valor de enganche.

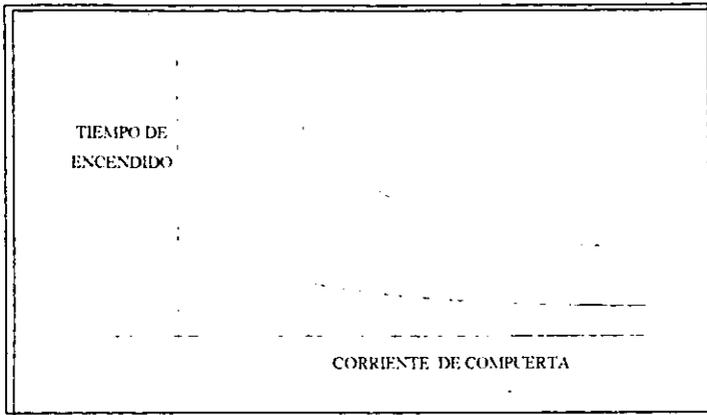


Figura 2.9. Distribución del tiempo de encendido entre los RCS de RCA

Curvas características de conmutación.

Los regímenes de los tiristores están basados principalmente en la cantidad del calor generado dentro de la pastilla y de la amplitud de la cápsula del dispositivo para transferir el calor interno a la carcasa externa. En las aplicaciones de alta frecuencia en las cuales la relación entre corrientes de pico y promedio es alta, o en las aplicaciones de alto rendimiento que requieren valores de pico grandes pero pulsos de corriente angostos, la energía perdida durante el proceso de encendido puede ser la principal causa de generación de calor dentro del tiristor. Por consiguiente, es necesario conocer las propiedades de conmutación del dispositivo para determinar la disipación de potencia que puede limitar su rendimiento.

Tiempo de encendido.

Cuando un tiristor es disparado por una señal de compuerta, el tiempo de encendido del dispositivo se compone de dos etapas: un tiempo de retardo t_d y un tiempo de crecimiento t_r . El tiempo total de encendido t_{gt} se define como el intervalo de tiempo que hay entre la iniciación de la señal de compuerta y el tiempo en que la corriente resultante que pasa por el tiristor alcanza el 90 % de su valor máximo con una carga resistiva. El tiempo de retardo t_d se define como el intervalo de tiempo que media entre el punto de 10 % del borde delantero de la tensión de disparo de compuerta y el punto 10 % de la corriente resultante con una carga resistiva. El tiempo de crecimiento t_r es el intervalo de tiempo requerido para que la corriente principal se eleve desde el 10 % al 90 % de su valor máximo. Por consiguiente, el tiempo de encendido total es la suma de los tiempos de retardo y de crecimiento de tiristor.

Aunque el tiempo de encendido es afectado en cierta medida por la tensión pico de estado NO y el nivel de corriente de pico de estado SI, la principal influencia proviene del valor absoluto del pulso de corriente de disparo de compuerta. Cuando los pulsos de disparo de compuerta proporcionan corrientes grandes, la proporción del tiempo de retardo del periodo de encendido se reduce y el tiempo de encendido total disminuye. Cuando es conveniente reducir la variación en el tiempo de encendido entre los dispositivos del mismo tipo, debe usarse señales de excitación de compuertas mayores.

Tiempo de Apagado (de los RCS).

El tiempo de apagado de un tiristor está asociado solamente con los RCS. Cuando la corriente directa de un RCS se reduce a cero al término del periodo de conducción, la aplicación de tensión directa entre el ánodo y el cátodo tendrá que postergarse por un espacio definido si el dispositivo debe bloquear la tensión directa reaplicada. Este espacio de tiempo mínimo requerido se conoce como tiempo de apagado del RCS. En la mayoría de las aplicaciones prácticas la corriente directa se elimina del RCS invirtiendo la circulación de corriente en el circuito en forma gradual y controlada. La corriente decreciente pasa a través de cero y se hace negativa antes de que el RCS deje de conducir y bloquee la tensión inversa aplicada al dispositivo por el circuito. El tiempo de apagado t_q se mide desde el momento en que la corriente directa decreciente I_T pasa por cero hasta el punto en que la tensión inversa bloqueada por el RCS pase por cero y se haga positiva.

Después de la conducción directa, la corriente inversa del circuito continuará circulando a través del RCS hasta que se haya formado una capa de deserción a través de la juntura de bloqueo inverso. La corriente inversa alcanza un valor de pico (I_{RRM}) y luego comienza a bajar a cero. Antes de que la corriente inversa comience a disminuir la rapidez de variación de esta corriente, es controlada por el circuito manteniéndose una tensión positiva a través de los terminales por las cargas almacenadas en el RCS. Durante la disminución, la rapidez de variación de la corriente inversa es controlada principalmente por el RCS, y la tensión inversa aumenta a través de los

terminales cátodo-ánodo hasta obtener toda la tensión de bloqueo inversa aplicada al RCS por el circuito.

Temperatura.

Entre los parámetros, la temperatura es la que más afecta al tiempo de apagado. El tiempo de apagado del RCS aumenta al elevarse la temperatura de juntura. El tiempo de apagado se mide normalmente con temperaturas elevadas.

Tiempo de apagado del RCS.

Un aumento de la corriente de estado. Si produce un aumento correspondiente en el tiempo de apagado. El efecto de la corriente de estado SI en el tiempo de apagado es algo mayor a altas temperaturas. El tiempo de apagado también es afectado por la rapidez de variación de la corriente de estado SI antes del apagado. En otras palabras, el RCS parece "recordar" la historia de la corriente de estado SI durante varios microsegundos antes del apagado. La sensibilidad de los RCS a la historia de corriente de estado de un dispositivo a otro.

Polarización negativa de compuerta.

Normalmente, durante la medición del tiempo de apagado, la compuerta del RCS está conectada a tensiones cero que aplican a través de un resistor de compuerta determinado. Si se aplica polarización negativa a la compuerta, el

tiempo de apagado del RCS puede reducirse mejorándose la capacidad de dv/dt . El efecto de la polarización negativa en el tiempo de apagado es más pronunciado con temperaturas de juntura elevadas. Con tensiones de polarización mayores la eficacia de la polarización negativa disminuye lentamente.

Tensión de bloqueo inversa.

El efecto de la tensión inversa aplicada en los terminales ánodo-cátodo en el tiempo de apagados se hace menor por encima de cierto nivel de tensión. Normalmente, el tiempo de apagado disminuye al aumentar la tensión inversa.

II.3. BATERÍAS.

Actualmente se tiene un espectro muy amplio de dispositivos que almacenan energía eléctrica a partir de una reacción controlada. Por su tamaño van desde las celdas de "botón" disminuido de mercurio, como las empleadas en suministrar potencia a los dispositivos para la audición, hasta las celdas más grandes de plomo-ácido empleadas para proporcionar toda la potencia requerida, incluyendo la necesaria para impulsar los submarinos sumergidos.

No solo existe una continuidad de tamaños casi completa entre los extremos, sino que ahora también hay, como productos comerciales usuales, varios sistemas de celdas diferentes, cada uno de los cuales tienen una combinación diferente de propiedades para cada una de las necesidades específicas

distintas. Además de las celdas de Plante y de LeClanche, se puede utilizar las baterías de cadmio para un ciclo de vida mayor, las celdas de hierro-níquel para el trabajo pesado, las de plata-zinc para alta potencia, las de mercurio para altas capacidades, las alcalinas para una flexibilidad sobresaliente, las secas de magnesio para una buena estabilidad en condiciones de calor, climas húmedos, y así sucesivamente. Además de los tamaños y tipos, se puede obtener muy distintas formas cilíndricas y rectilíneas (que emplean electrodos planos o tubulares). En otras formas se incluyen las celdas de oblea (redondas o rectangulares) para facilidad de apilamiento con objeto de generar altos voltajes y ahora, incluso en forma de pila para apilarlas mejor y generar voltajes aún más altos.

Consideraciones generales.

Entre los diferentes tipos de reacciones que se pueden generar, un tipo de reacción llamado redox (es decir reducción-oxidación) resulta ser de particular interés. Una reacción redox no solo implica una reacción química entre dos sustancias, sino también una transferencia de electrones de una de las sustancias (el agente reductor) a las otras sustancias (el agente oxidante). Como podría esperarse, si una reacción redox se estableciera de manera que causara que la transferencia de electrones se llevara a cabo por un alambre, se tendría realmente un medio de generación de corriente eléctrica. (Una batería es un grupo de celdas conectadas en serie y en paralelo para proporcionar el voltaje y la potencia deseada. Por lo general las celdas individuales también se denominan baterías).

Existen tres componentes esenciales en una batería: un ánodo, un cátodo y un electrolito. Al ánodo y al cátodo juntos se les conoce como electrodos y están compuestos por productos químicos que finalmente reaccionan para causar la transferencia de electrones.

El ánodo es el electrodo que libera a los electrones (que llegan a oxidarse) durante la descarga de la batería. Igualmente el cátodo es el electrodo que absorberá los electrones (que se reducirán) durante la descarga de la batería. El electrolito es un líquido generalmente una solución acuosa hecha conductiva por medio de la disolución de un ácido, una base o una sal. El electrolito completa la trayectoria conductiva entre los electrodos de polaridad opuesta.

Batería secundarias.

Cuando los materiales se agotan, una batería primaria no es capaz de generar ninguna energía eléctrica y en consecuencia se encuentra descargada. Otros sistemas de baterías utilizan materiales que se pueden restablecer en su estado químico original al intervenir el flujo de la corriente, es decir, al proporcionar energía eléctrica a la celda a partir de una fuente externa. A este proceso se le conoce como carga, y una batería en la cual se pueden llevar acabo varios ciclos de descarga-carga se conoce comúnmente como batería secundaria. Un ejemplo de batería secundaria es el sistema desarrollado a partir del ácido-plomo. Por definición el ánodo en el proceso de descarga llega a ser el cátodo en la carga. Sin embargo, las designaciones positivas y negativas de las terminales no cambian ya que el flujo o

circulación de la corriente se invierte cuando la función de los electrodos de las baterías secundarias se denominan como frecuencia positivos y negativos y aún cuando esta designación también se puede utilizar para baterías primarias, los electrodos de estas últimas generalmente se conocen como ánodos y cátodos.

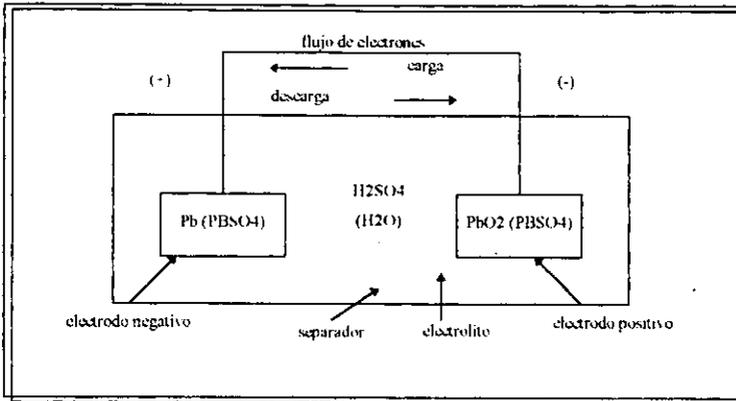


Figura 2.10. Funcionamiento básico de una batería de plomo-ácido (secundaria).

En sus formas más comunes tanto las baterías primarias como las secundarias son completamente funcionales, a partir del momento en que se fabrican. Debido a esta característica puede ocurrir un deterioro lento a consecuencia de que una pequeña cantidad reaccione espontáneamente una (acción local) que aparezca cuando se encuentren funcionando las baterías.

Baterías de reserva.

Cuando se desea que la batería tenga un tiempo extra de vida de almacenamiento, (es decir que sea capaz de proporcionar energía eléctrica

después de un largo tiempo de almacenamiento), el electrolito se retiene en la batería y se toma algunas medidas para excluir la humedad, ya que el agua en alguna forma, se suele necesitar para que puedan llevar a cabo las reacciones locales. Este tipo de batería es extremadamente estable durante su tiempo de almacenamiento y se activa por medio de la presencia de un electrolito apropiado. Debido a que la potencia de este tipo de batería se conserva de esta manera en reserva, con frecuencia se conocen como "baterías de reserva". Un tipo especial de batería de reserva se conoce también como batería de carga seca. En este caso los electrodos de la batería se llevan al estado de carga completa en el momento en que se fabrican y después se desactivan al quitar el electrolito. El establecimiento del electrolito en el momento y el lugar en que la batería lo necesita da lugar a que virtualmente se puede tener una batería de fabricación reciente. Gran cantidad de baterías para automóvil se transportan hoy en condiciones de cargado seco, de tal manera que el vendedor debe añadirle el electrolito (ácido sulfúrico diluido) en el momento de su instalación.

Hay una clase especial de baterías de reserva que utilizan una sal electrolítica no acuosa o fundida. Estos tipos de electrolitos no contienen agua y utilizan líquidos orgánicos, o sales que llegan a ser conductivas cuando están fundidos. Este último tipo de electrolito se deberá licuar antes de que llegue al estado funcional y la batería, por lo tanto se activará por medio del calor. Esto se suele llevar a cabo por medio de un dispositivo que lo calienta, sin que llegue a estallar y funda el electrolito para que active la batería. A este tipo de batería se le conoce como batería de reserva tipo termal, batería de reserva activada por calor o simplemente batería térmica.

II.3.1. Características importantes de baterías.

Gran cantidad de diferentes tipos de celdas primarias se producen actualmente para su venta, pero sólo algunas de ellas han logrado producción y distribución masivas. En la actualidad cada uno de los sistemas de celdas tienen propiedades físicas y eléctricas diferentes a las demás, para que el usuario tenga una amplia variedad en donde escoger el tipo que mejor se adapte a su aplicación particular.

Tipos básicos.

La industria de las celdas secas las ha estandarizado en tres tipos básicos: redondas, y de tipo oblea. Además la industria estandarizó las dimensiones para 14 tamaños de celdas redondas, 4 tamaños para planas y 5 para la del tipo oblea. Virtualmente, todas las baterías son de estos tamaños estándar. No obstante, algunos fabricantes establecen su propio catálogo de información en el que muestran las dimensiones exactas de sus celdas y baterías. Las celdas secas se utilizan para atender gran cantidad de necesidades eléctricas en términos de capacidad, voltaje y corriente.

Polarización de celdas secas.

Durante el proceso de descarga de una celda seca, el electrolito toma parte activa en las reacciones del electrodo. En la vecindad de los sitios reales de la reacción, el electrolito es un electrodo, llega a empobrecerse en los reactantes que los constituyen, mientras que el electrolito de otro electrodo

llegó a concentrarse con los productos de la reacción. Este efecto da como resultado la disminución de voltaje a razón del cual la batería se está descargando, o la restricción de la magnitud de la corriente que puede tomarse de la batería. Cuando la batería puede permanecer en circuito abierto, la difusión natural de los componentes del electrolito permite que los reactantes y productos se distribuyan con más uniformidad, reduciendo de esta manera (o incluso venciendo completamente) los efectos de polarización.

Después de que ocurre esto, la batería continúa descargándose. De esta forma, las celdas secas pueden generar más energía cuando se tiene una descarga interminente que si fuese continua. Como podría esperarse de esto, la descarga normal de una celda seca muestra una disminución continua de voltaje, hasta que se alcanza el voltaje de corte deseado (generalmente 0.9 V). Ya que el efecto de difusión actúa contra la polarización, las celdas que descargan a bajas velocidades (en las que la difusión puede seguir el paso de la polarización) muestra voltajes que disminuyen muy despacio, pero disminuyen muy rápidamente cuando la batería se va agotando. Cuando las celdas se descargan a gran velocidad (en las que los efectos de polaridad dominan), muestran una disminución muy rápida de voltaje, durante la descarga, pero también una buena recuperación después de un periodo de reposo.

Vida de almacenamiento.

Entre las características especiales de las baterías secas, una de las más importantes es la vida o tiempo de almacenamiento. Como se indicó

previamente, las baterías producen energía eléctrica como resultado de las reacciones que tienen lugar simultáneamente en dos electrodos, de otra manera independientes. En algunas circunstancias, es posible que la reacción de cada uno de los electrodos suceda con independencia del otro, proporcionando de esta forma energía eléctrica útil para un circuito externo a estas reacciones se les conoce como fenómenos de "acción local" y tienen el efecto de consumir los materiales sin proporcionar energía eléctrica utilizable. En una batería local afecta básicamente el ánodo o electrodo negativo.

La vida de almacenamiento de las baterías secas de calidad durante el almacenamiento (es decir a la temperatura y humedad normales), ha alcanzado el nivel de 18 a 21 meses, tiempo en el cual la batería todavía puede proporcionar hasta las terceras partes de la vida de servicio original.

Las propiedades eléctricas especiales, aunadas a la variedad de diseños y formas disponibles en el mercado, han dado como resultado un empleo muy amplio de las baterías de LeClanche en las luces de flash, en radiorreceptores y radiotransmisores, en equipo fotográfico, en medidores portátiles y algunos otros dispositivos (generalmente de baja potencia).

Batería de plomo-ácido.

El sistema de plomo-ácido, es el más importante desde el punto de vista comercial y además está ampliamente distribuido. Se encuentra en el mercado en gran variedad de tamaños y formas para satisfacer las aplicaciones que

necesitan una amplia gama de capacidades y niveles de potencia. Es importante observar que la capacidad y las posibilidades de potencia de una batería recargable dependen en gran medida de su historia anterior. Una situación común sobre todo en las baterías de plomo-ácido, es que la capacidad creció durante la primera parte del ciclo de vida, después mantuvo un valor substancialmente uniforme durante la mayor parte de la vida útil de la batería y finalmente decae cada vez más rápidamente a medida que se acerca al final de su vida. A menos que ocurra un hecho accidental que termine con su vida, puede ser un corto circuito o la pérdida del electrolito a través de un recipiente fracturado, etc., el fin de vida de una batería llegará cuando su capacidad decaiga por debajo de un nivel en el cual la aplicación ya no resulta útil. Para la mayor parte de las aplicaciones, este nivel será aproximadamente el 60 % de su capacidad original.

Las condiciones de descarga afectan también profundamente la capacidad y las posibilidades de potencia de las baterías recargables. Como regla general, una batería de plomo-ácido, esta rapidez de descarga se escoge por lo general como 20h, aproximadamente.

El sistema de plomo-ácido tiene varias características que son especialmente importantes. Aunque estas baterías no mantienen un buen estado de almacenamiento a altas temperaturas (cualquier valor por arriba de 130 grados F, de alguna forma ocasiona cierto daño), pero este tipo de baterías si mantienen un excelente almacenamiento a bajas temperaturas y además son capaces de producir una potencia y funcionamiento razonables a bajas temperaturas.

Baterías de níquel-cadmio

Un segundo tipo de batería recargable de gran importancia y que continúa en ascenso es el sistema de níquel-cadmio. Dentro del sistema básico existen diferentes tipos de ingeniería y diseño, cada uno de los cuales refleja el desarrollo de las propiedades específicas para el campo de aplicación en particular. Por ejemplo, la batería de níquel-cadmio de bolsillo es una unidad con vida útil extremadamente larga, capaz de soportar miles de descargas internas. Ya que también puede moderar diferentes velocidades de descarga, ésta se utiliza en aplicaciones donde primordialmente se necesita potencia, como por ejemplo, en vehículos eléctricos o aparatos semejantes. Una batería desarrollada más recientemente es la de plato sintetizado de níquel-cadmio, que se encuentra disponible en su forma sellada o con un pequeño respiradero.

Básicamente, el tipo de plato sinterizado utiliza un níquel poroso para soportar los materiales activos y servir como una trayectoria de corriente a la vez. Esta matriz se hace por medio de un fino aglutinado dividiendo partículas de polvo de níquel carbonizado. Los discos resultantes pueden tener hasta 85 % de porosidad y estar impregnados con materiales activos, por ejemplo, hidróxido de níquel en el electrodo positivo y cadmio metálico en el negativo. Como es común en todos los tipos de níquel-cadmio, la batería de níquel-cadmio sinterizada utiliza un electrolito de hidróxido de potasio.

Las celdas con respiradores se suelen empacar con recipientes de plástico, mientras que las selladas se empacan siempre en recipientes de acero con

paredes muy delgadas. Cualquiera de los dos tipos es extremadamente duro y la batería puede resistir fácilmente cualquier tipo de abuso físico o eléctrico sin sufrir daños permanentes. Las baterías de níquel-cadmio son capaces de soportar descargas a altas velocidades y de hecho, en muchas aplicaciones estas baterías se descargarán con rapidez de una o media hora con buena eficiencia. La capacidad de una velocidad alta de descarga en estas baterías también las hace muy útiles para descargas "pulsátiles" (es decir descargas con gran velocidad y muy poca duración).

Además de sus extraordinarias características físicas, las baterías de níquel-cadmio se comportan muy bien a temperaturas altas y bajas, pero su capacidad decae si la temperatura se eleva o disminuye, respecto a la temperatura ambiente. El decaimiento de la capacidad a medida que la temperatura disminuye es aproximadamente que en la baterías de plomo-ácido entre los límites de temperatura que abarcan. Sin embargo, cuando la temperatura disminuye más allá del límite, el comportamiento de la batería de níquel-cadmio cae más lentamente que su contraparte de plomo-ácido. En este caso solo se puede citar datos cualitativos, una batería de níquel-cadmio puede ser mucho más útil incluso por debajo de -40 grados F mientras que una batería de plomo-ácido probablemente tendría un límite práctico de -20 grados F.

Las características de retención de carga de una batería de níquel-cadmio no son muy diferentes a las de una batería de plomo-ácido, pero al menos una de las celdas de níquel-cadmio tiene una característica muy importante: se puede mantener almacenada inactiva durante largo tiempo (hasta 7 o 10 años por lo

general) sin que se presente un efecto dañino permanente. De hecho, cuando se desea almacenar una batería, deberá descargarse completamente hasta alcanzar el valor de 0 volts (incluso cortocircuito la batería lentamente cuando el valor de su voltaje ha caído a un punto en que puede hacerse esto sin correr ningún riesgo). En contraste con esto, la batería de plomo-ácido deberá mantenerse eléctricamente durante su tiempo de almacenamiento inactivo (por medio de un rociado mensual lento o alguna otra forma de refresco de carga). Una batería de níquel-cadmio no necesita este tipo de mantenimiento eléctrico y una vez que se pone en servicio, después de estar mucho tiempo almacenada inactivamente y considerándola después de algunos ciclos, vuelve a adquirir su propia capacidad.

Tal vez una de las características más sobresalientes de las baterías de níquel-cadmio es su capacidad para ser recargadas rápidamente. Ya que el reflujó de la fem de la batería se eleva con relativa lentitud durante la carga, la mayor parte de la cargas se puede completar a velocidades altas antes de que el flujo de la fem (fuente electromotriz) comience a limitar seriamente la aceptación de la carga.

El sistema de níquel-cadmio es por lo tanto una combinación completa de ventajas y limitaciones. A pesar de su elevado costo inicial, cuando se utiliza en condiciones apropiadas puede ser bastante económica ya que proporciona un tipo de aprovechamiento más cercano al objetivo industrial de tener una batería con larga duración y un bajo (o ningún) mantenimiento. Estas baterías han encontrado por consiguiente un uso muy amplio en el arranque de las turbinas de avión, en radio y comunicaciones por teléfono, aplicaciones

médicas subcutáneas de baja potencia, arranque de calentadores para clima frío, arrancadores de baja potencia en general (p. ej., en podadoras, sierras, etc.) y, por supuesto, en aplicaciones inalámbricas (cepillos dentales, rasuradoras, etc.).

Baterías de plata-zinc.

En la gama de baterías para fuentes de poder, el sistema de plata-zinc ha alcanzado una posición muy firme y segura gracias, sobre todo, a su capacidad de potencia. Mientras las baterías de níquel-cadmio y las baterías secundarias tienen un comportamiento bastante bueno a velocidades de descarga tan altas como de 1h, las baterías de plata-zinc correspondientes llegan fácilmente a valores de velocidades de descarga de hasta los 10 minutos, e incluso para una potencia pulsátil, llegan a alcanzar velocidades hasta de segundo con eficiencias relativamente buenas.

Aparte de la estabilidad en una condición seca (que la hace muy adecuada como batería de reserva), una de las principales ventajas de la versión primaria se debe a los altos grados de oxidación de la planta (debido a que el electrodo positivo se "forma" con anterioridad al ensamble de la celda en condiciones muy favorables para que se lleve a cabo la oxidación de la planta. Esto manifiesta por sí mismo el hecho de que exista mayor incremento en la capacidad de descarga de la misma.

Mantenimiento.

A diferencia de las baterías primarias que no requieren atención especial, el mantenimiento de las baterías secundarias es de suma importancia, sobre todo cuando se desea obtener características máximas de vida útil y de comportamiento. El efecto de la carga tiene un papel muy importante desde este punto de vista, por lo que han desarrollado varios métodos muy convenientes. El método de corriente constante simplemente devuelve la capacidad que ha sido descargada a una corriente fija durante cierto periodo fijo de tiempo, o hasta que el reflujo de la fem de la batería se denomina método de carga de tiempo controlado o de voltaje controlado. Este es tal vez el método más sencillo en términos del equipo de control necesario, pero no toma en consideración el hecho de que la batería tiene la capacidad de aceptar una carga rápida durante las primeras etapas de la recarga y que esta situación se invierte a medida que la batería se aproxima a la condición de plena carga.

Cuando la batería se aproxima a plena carga, la eficiencia con que acepta la carga decae muy rápidamente (alcanzando tal vez solo el 4 o 5 % a más o menos el 95 % de plena carga). Esto produce una condición indeseable en el cargado a corriente constante, ya que es bastante lento al principio de la recarga (cuando la batería puede aceptar la carga con eficiencia) y bastante rápido hacia el final de la recarga (cuando la batería puede aceptar carga sólo muy lentamente). El despilfarro de la descarga manifiesta por sí mismo un costo indeseable, y también una corrosión excesiva en la rejilla positiva

(que dará por resultado una vida muy corta) y una frecuencia excesiva en el mantenimiento con agua.

Para mejorar esta situación, puede ser una ventaja el hecho de que el reflujo de la fem de la batería se eleva a medida que el estado de la carga aumenta. Muchos fabricantes distribuyen hoy sus dispositivos cargados, que utilizan un procedimiento modificado de potencial constante en donde las etapas iniciales de la recarga se llevan a cabo con una corriente muy alta, pero constante, cuyo valor es esencia dependiente de la capacidad de potencia de la fuente de carga. Cuando el reflujo de la fem de la batería alcanza un punto predeterminado, que es en la última parte de la recarga, unos circuitos automáticos de interrupción cambian el sistema una recarga de potencial fijo, que se establece para que sea ligeramente más alto que el final de la carga de reflujo de la fem de la batería. Cuando el reflujo de la fem de batería se aproxima al potencial de circuito de carga, la corriente de carga cae a medida de que decae la capacidad de la batería para aceptar carga. Esto tiende a ser eficiente no sólo en términos de tiempo y costo sino también en el sentido de evitar la sobre carga y reducir la frecuencia tan alta del mantenimiento con agua.

Mantenimiento de la batería de plomo-ácido.

Además de la selección de un procedimiento adecuado de carga, el electrolito en las baterías de plomo-ácido se debe mantener en términos apropiados de concentración y nivel. Los electrodos negativos expuestos a la atmósfera a causa de un bajo nivel de electrolito probablemente faciliten una rápida

oxidación, proceso que es parcialmente reversible durante el cargado y produce varios grados de daño permanente del electrodo. Cuando se permite que el nivel de concentración del ácido sulfúrico disminuya, la capacidad de batería también se perjudica de manera considerable y con mucha rapidez, debido a que los iones de sulfato son partícipes en las reacciones de descarga.

Por otra parte, si el electrolito se concentra en la batería, es probable que se corroan con más rapidez las rejillas positivas, especialmente durante los periodos de sobrecarga y de esta forma la vida de la batería será perjudicada. Ya que el ácido sulfúrico de la batería no se pierde como resultado de las reacciones electrolíticas directas, sólo se deberá reemplazar periódicamente el agua para mantener el nivel de la composición del electrolito. Durante la sobrecarga, se desprenden gases intestinales a causa de la descomposición del agua lo cual no sólo representa una pérdida de agua, sino que también causa la distribución de una capa de electrolito sobre las partes superiores de la celda. Esta capa de electrolito es extremadamente fina y rápidamente encuentra la salida de la celda a medida que se asocia con los gases que se están generando.

Si esto ocurriera, la batería se humedecerá muy probablemente con ácido sulfúrico, el cual, ya que es muy buen conductor eléctrico, permite el establecimiento de corrientes parásitas entre las celdas y entre cada una de las celdas y tierra. En efecto si la parte superior de la batería no está bien limpia, estas corrientes pueden alcanzar valores significativos y las baterías se pueden descargar muy rápidamente o incluso destruirse. En los lugares

donde el electrolito ha alcanzado la parte exterior de la celda, es necesario neutralizarlo (se recomienda que se haga con ácido bórico o bicarbonato de sodio), para después lavar y secar completamente la parte exterior de la batería. Este procedimiento reducirá al mínimo los efectos destructivos de la corrosión en las partes externas de la batería, en las terminales y en los sujetadores.

Unidades selladas.

Con objeto de reducir al mínimo el mantenimiento de las baterías algunas de las compañías que las fabrican las ponen a la venta con unidades "selladas" o "cerradas". Esta batería suele estar hecha con un sistema basado en una aleación de calcio, que tiene un reflujó extremadamente alto de fem (del orden de 2.8 a 3 V/celda cuando se aproxima a una condición de plena carga). Por esta razón se puede utilizar un equipo económico de control automático de carga para limitar la cantidad de sobrecarga. Esto, además de que las pérdidas por acción local debidas a almacenamiento son extremadamente pequeñas en las baterías con aleaciones de calcio, han dado como resultado una condición en la que se utilizan una cantidad mínima de agua durante el uso normal de la batería y por otra parte no hay ninguna acumulación de gases o efectos de gasificación temporal. En estas condiciones, las celdas pueden estar prácticamente "cerradas" debido a que la necesidad de reemplazar el agua se ha reducido hasta el punto que se puede utilizar la celda durante toda su vida sin necesidad de agregarle más agua.

Carga de baterías de níquel-cadmio.

La capacidad de una batería para recargarse rápidamente también es válida para las baterías selladas. Sin embargo, en estas, el peligro de una disrupción física de la batería durante el período de sobrecarga o cerca de él es mayor que en 1 tipo con respiradero. La batería sellada de níquel-cadmio se puede fabricar gracias a que el electrodo negativo es capaz de recombinar el oxígeno liberado por el electrodo positivo durante el período de sobrecarga, y al mismo tiempo es posible arreglar las capacidades relativas de los electrodos para que la liberación de hidrógeno es el electrodo negativo durante el período de sobrecarga se anule.

Además de que las pérdidas por acción durante el almacenamiento evitan la producción de hidrógeno, ello enriquece todavía más las condiciones que permiten el sellado de este tipo de celdas. De esta forma, mientras que una celda sellada puede ser recargada más rápidamente, se deberán tomar menos precauciones (por ejemplo un mayor control eléctrico), con objeto de reducir la rapidez con que las celdas se aproximan a las condiciones de gasificación. De manera general, una celda sellada de níquel-cadmio funcionará en algún punto de vecindad entre los 20 a 30% de su capacidad más baja disponible comparada con una celda con respiradero de tamaño similar. No obstante, la ventaja de que no existe ningún mantenimiento físico y de que no sea necesaria la limpieza de los componentes externos (es decir, que estén libres de la formación de cubiertas gaseosas y fugas) han hecho muy populares las celdas selladas de níquel-cadmio aplicados a dispositivos de pequeña potencia, en los cuales un ciclo de vida es particularmente importante.

Aunque las baterías de níquel-cadmio son muy fuertes, hay una condición eléctrica que puede adquirirse muy fácil y rápidamente a cualquiera de los tipos. Esto, se conoce como "pila muerta", ocurre cuando la pila está cargada de tal manera que crea un compromiso con el calor generado internamente, lo que puede suceder a causa de una velocidad excesiva de carga o por estar la batería en un ambiente en que el calor de la carga (sobre todo durante el período de sobrecarga) no se puede disipar fácilmente.

Cuando se eleva la temperatura de la batería su resistencia interna cae drásticamente. Cuando el proceso de la carga se lleva a cabo mediante "un sistema controlado" de la fuente de poder, un pequeño incremento en la corriente dará como resultado una disminución en la corriente de carga. Este incremento de corriente, a su vez, producirá una disminución en la eficiencia de aceptación de la carga, incrementando todavía más la generación de calor y la elevación de la temperatura de la celda, lo que puede llevar rápidamente a una condición en que el calor llegue a ser físicamente disruptivo. Esta condición de aniquilamiento de puede prevenirse al suministrar un mejor control eléctrico y adecuadamente se puede prevenir al suministrar un mejor control eléctrico y adecuada ventilación a las celdas y a los compartimientos donde se localiza.

Carga en las baterías de planta-zinc.

Todas las reglas generales por la carga de baterías secundarias se aplican también a los tipos de plata-zinc, aunque solamente más en este caso. Ya que estas baterías se utilizan con más frecuencia en sistemas de más voltaje,

superiores de hecho a 150-200 V, la limpieza superior para evitar las corrientes de fuga y corrientes parásitas a tierra llega a ser un aspecto muy importante. El efecto nocivo de una sobrecarga excesiva y sobre todo la existencia de velocidades altas a fin de la carga también se incrementan en este tipo de baterías en la gasificación resultante de la sobrecarga, la pérdida de electrolito libre ocasiona cambios drásticos en el nivel de electrolito y su remplazo es difícil, especialmente si la distribución del electrolito entre los varios componentes electroquímicos se han perturbado. También, ya que el electrodo de zinc es parcialmente soluble en el electrolito, una pérdida es en este último significa a si mismo una pérdida real en el material del electrodo.

Un efecto todavía más grave respecto a la sobrecarga puede ocurrir también cuando se permite la elevación del calor en el interior de la celda lo cual es muy probable que suceda ya que las baterías de plata-zinc se empaacan casi siempre en recipientes de plástico que son malos conductores térmicos. Varias celdas empacadas muy estrechamente cargadas y sobrecargas a velocidades excesivas, producirán rápidamente temperaturas altas sobre todo en el centro de la batería.

Durante la carga de las baterías secundarias de plata-zinc deberá permitirse un tiempo suficiente entre el fin de descarga y el principio de la carga para permitir que la batería se enfríe. También sería deseable un descanso similar entre el final de la carga y la batería, es muy práctico ventilar ligeramente las terminales y los conectores que se encuentran entre las celdas. Al ser estas de plata o de cobre plateado pueden dar como resultado la generación de buena

cantidad de calor procedente del interior de la batería hacia donde se puede disipar adecuadamente.

CAPITULO III. SUBSISTEMAS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

Objetivo:

**ENUMERAR Y DESCRIBIR LOS DIFERENTES SUBSISTEMAS
QUE FORMAN UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN
ININTERRUMPIBLE.**

CAPÍTULO III.**SUBSISTEMAS BÁSICOS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.**

Muchos de los complejos sistemas eléctricos y electrónicos modernos necesitan una fuente de alimentación ininterrumpible supervisada y controlada (además de un sistema de protección) para evitar interrupciones de alimentación en caso de fallas importantes de potencia. Algunos ejemplos de sistema de carga crítica son: computadoras, controles de interrupción de flama de generadores de vapor, instrumentos electrónicos de control de procesos, equipo crítico de comunicaciones, relevadores solenoides, circuitos de desconexión de turbinas, así como alarmas instrumentos analizadores y potenciómetros de presión.

Un sistema de alimentación ininterrumpible de estado sólido se componen básicamente de un cargador con rectificador de estado sólido, una batería y un inversor estático. Algunas veces se coloca un conmutador estático a la salida para agregar protección. Estos sistemas se destinan para proporcionar alimentación ininterrumpible de CA a sistemas de carga crítica que no pueden tolerar una interrupción ni siquiera de una fracción de ciclo de la línea de alimentación.

Perturbaciones no permitidas.

Si las disminuciones de voltaje exceden los valores rigurosamente establecidos, las computadoras pueden perder la información almacenada u originar errores de cómputo. Las computadoras que controlan procesos de producción o los dispositivos de control de interrupción de flama de los generadores de vapor pueden perder el control, o enviar señales equivocadas si ocurren interrupciones aún de una fracción de ciclo.

La solución para este tipo de problemas es un sistema de alimentación ininterrumpible, que usa dispositivos estadísticos para operar como reguladores entre las perturbaciones del alimentador de energía del suministro externo y cargas críticas del usuario.

Los dispositivos de estado sólido proporcionan transitorios de reacción rápida, frecuencia estable de salida, altas eficiencia y operación relativamente silenciosa. El equipo de estado sólido con rectificadores controlados de silicio y conmutadores estáticos, aísla los transitorios de voltaje de la línea del potencial del suministro externo, variaciones de frecuencia y estados de alto y bajo voltaje de la carga crítica de C.A. En otras palabras, los dispositivos y circuitos de estado sólido actúan como filtro de línea y regulador de voltaje, además aseguran una alimentación continua, durante las interrupciones normales de energía. Además de estas ventajas, el costo por KVA de los SAI (Sistemas de Alimentación Ininterrumpible) han reducido debido a los avances técnicos y al desarrollo de la tecnología de estado sólido.

III.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.

III.1.1. Sistemas de protección.

Hay dos tipos de sistemas de protección basados en las características del tiempo de transferencia.

*Los sistemas de protección del **tipo 1** se usan principalmente con controles e instrumentos críticos, iluminación y sistemas secundarios de comunicaciones que pueden resistir un retardo de varios ciclos. La transferencia se puede efectuar mediante conmutadores electromecánicos que pueden transferir las cargas dentro de un lapso tan corto como 2 a 4 ciclos, aunque es más común que funcione dentro de un lapso de 8 a 10 ciclos.*

*Los sistemas de protección del **tipo 2** que son los que se analizan detenidamente en este trabajo, se usa frecuentemente con cargas críticas tales como detectores de flama de generadores de vapor, computadoras e instrumentación electrónica de control de procesos, en los que no puede tolerarse una interrupción de aún una fracción de ciclo, que es el caso que nos ocupa en un centro de cómputo.*

III.1.2. Componentes de los sistemas de alimentación ininterrumpible (SAI).

El SAI continuo o de tipo de flotación es sencillo, común y barato. Se compone de un cargador con rectificador de baterías de almacenamiento de CC y un inversor de estado sólido. Figura 3.1.

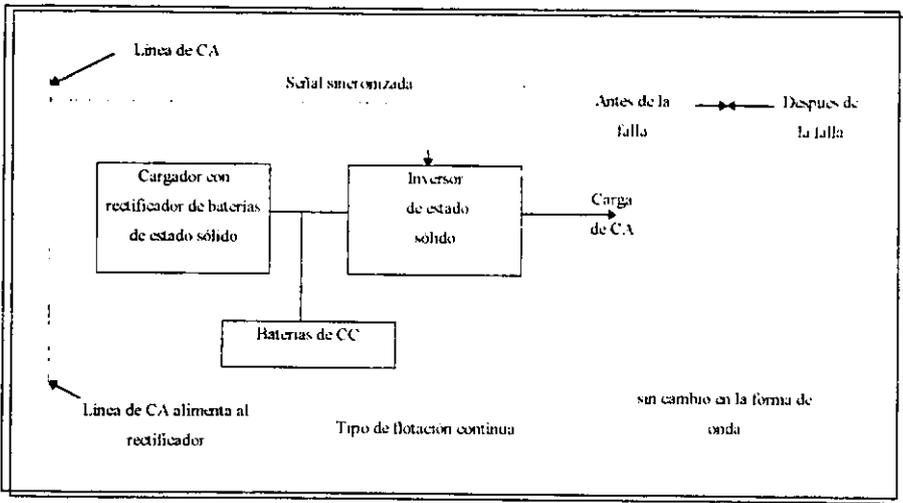


Figura 3.1.

Durante su operación normal, la línea de CA alimenta al rectificador de estado sólido, este convierte la CA a CC y carga la batería. Al mismo tiempo, el rectificador proporciona CC al inversor estático. El inversor de estado sólido convierte a CC a CA al voltaje deseado de carga. La onda cuadrada de CA se convierte a una onda que se aproxima a la senoidal de CA mediante el uso de un transformador ferresonante y circuitos de estado sólido ubicados en el interior del gabinete del inversor.

Si falla la alimentación de CA, entonces, la batería, que constituye una fuente alterna, proporciona la alimentación de CC para la operación del inversor. Este conjunto constituye un sistema completo de continuidad sin pérdida alguna en tiempo de conmutación, porque sólo hay un cambio de la fuente de regulación que convierte, sin importar la calidad o continuidad, la corriente de entrada a una corriente continua que satisface las especificaciones de la carga crítica.

El tiempo de apoyo de la batería en caso de una falla en la línea, varía de 10 a 60 min., dependiendo de la capacidad en amperios horas de la batería seleccionada. Si la interrupción se prolonga, entonces un generador accionado por una turbina o un motor diesel comienza a alimentar al rectificador y al mismo tiempo recarga la batería.

Los componentes de estado sólido son dispositivos electrónicos en los cuales toda la actividad ocurre dentro de un cuerpo de material sólido sin partes móviles, y en los sistemas de energía se les conoce como semiconductores. Estos cuerpos sólidos, llamados diodos, están compuestos casi exclusivamente de silicio y permiten el flujo de corriente en una dirección pero lo bloquea en la dirección inversa. Los tiristores llamados rectificadores controladores de silicio (RCS), son semiconductores en los que la corriente se bloquea en ambas direcciones hasta que se aplica una señal a la terminal llamada compuerta.

Los RECTIFICADORES ESTÁTICOS son dispositivos que convierten la CA a CC por medio de los elementos de estados sólido tales como los diodos.

Los **INVERSORES ESTÁTICOS** efectúan la función opuesta de los rectificadores; convierten la CC. a CA por medio de los diodos tiristores.

Los **INTERRUPTORES ESTÁTICOS** son interruptores de estado sólido, que utilizan tiristores y efectúan las funciones de conexión de los circuitos eléctricos. Efectúan la misma función de los interruptores convencionales y contactores, pero no tienen partes móviles.

Los **CONMUTADORES ELECTROMECAÑICOS DE TRANSFERENCIA** transfieren las cargas de las fuentes normales de alimentación a las de emergencia y viceversa, y tienen partes móviles accionadas por electroimanes controlados manual o automáticamente.

Los **TRANSFORMADORES FERRORESONANTES** son dispositivos localizados en el inversor, los cuales además de transformar la onda cuadrada a senoidal, regulan el voltaje de la CA de salida.

Equipo Auxiliar.

Un motogenerador se puede combinar con un SAI de flotación continua, para proporcionar energía auxiliar en el caso de fallas con una duración mayor que el tiempo de protección de la batería. En caso de producirse una falla de energía, el motogenerador arranca manual o automáticamente después de un tiempo de retardo restablecido que puede ser del tiempo de protección de la batería una vez que se ha obtenido la frecuencia normal de ± 2 por ciento, el conmutador electromecánico de transferencia se opera manual o

automáticamente y conecta el motogenerador al cargador de inversor de la batería. El resultado que se obtiene es como si la línea de alimentación de CA se restableciera. Cuando la energía normal se establece, el conector de transferencia conecta automáticamente la línea de CA al SAI.

La estabilidad de frecuencia de la línea de la alimentación para la carga se asegura mediante una señal de sincronización que mantiene la fase y frecuencia de salida del inversor al mismo nivel que el de la línea de entrada. El regulador de voltaje del inversor mantiene el voltaje de la carga de CA.

- - El SAI con conmutador de transferencia de estado sólido.

En este tipo de SAI se utiliza un conmutador de estado sólido, que es un conmutador de doble transferencia. Como es de estado sólido, no tiene partes móviles y transfiere las cargas dentro de un intervalo de 0 a 1 , de ciclo dependiendo del punto donde se interrumpe el ciclo. Los circuitos de señales de sincronización ubicados entre el inversor y la línea de CA de entrada mantienen la carga transferida en fase, mediante los conmutadores de transferencia de estado sólido. Este tipo de transferencia se puede usar eficazmente con cargas críticas tales como dispositivos de interrupción de flama y computadoras.

Sistemas de alimentación ininterrumpible redundantes en paralelo.

Desde el punto de vista de la confiabilidad, los SAI o de batería en flotación se pueden clasificar en dos categorías: no redundantes y redundantes en paralelo.

El sistema no redundante consiste de un rectificador, una batería y un inversor. Este sistema es el de operación más sencilla y de menor costo, además de ser confiable.

El sistema redundante en paralelo, más confiable y completo, es una combinación de dos o más SAI no redundantes conectados en paralelo aislarse de la carga crítica mediante un conmutador estático. Una falla en un SAI en paralelo puede aislarse de la carga crítica antes de que afecte a los sistemas restantes.

El sistema no redundante es confiable durante aproximadamente 40,000 hrs. de tiempo promedio entre fallas. El tiempo promedio entre fallas (TPEF) es el tiempo promedio entre varias fallas de SAI registradas en un período determinado en ese sistema en particular. El sistema redundante tiene un tiempo promedio de 80,000 hrs. entre fallas. Sin embargo, el costo de un sistema redundante con la misma carga de KVA es más de dos veces el de no redundante. Por lo tanto, la confiabilidad exigida por la carga crítica determinada cuál sistema debe instalarse. También deben compararse las variaciones de las caídas momentáneas de voltaje y el efecto de la frecuencia

de la línea, con el costo en potencia de la mano de obra desperdiciada, equipo dañado y la importancia de la carga crítica.

Estos sistemas pueden consistir de cargadores con rectificador en paralelo, cada uno capaz de alimentar la carga total, uno o dos conjuntos de baterías y cuatro inversores en paralelo, tres de los cuales alimentan la carga total y el cuarto inversor o un cargador, o ambos, que no estén operando. El conmutador estático aísla instantáneamente al inversor dañado de la carga crítica de que el voltaje disminuya más del valor crítico y sea remplazado por la unidad de reserva.

El aislamiento y el remplazo se efectúan en menos de un cuarto de ciclo, antes de que el inversor dañado pueda desarrollar un corto circuito total y antes de que los inversores restantes detecten el corto circuito. El SAI redundante en paralelo mejora la confiabilidad con respecto al sistema no redundante. Estos sistemas de hasta, 1,000 KVA se han usado con éxito en computadoras de gran capacidad y han proporcionado frecuencia estable y respuestas rápidas a transitorios.

III.2. SISTEMA DE RECTIFICACIÓN DE CORRIENTE.

Diodos, tiristores y transistores.

Los semiconductores, llamados diodos, son cuerpos sólidos de dos terminales que cuando se electrifican, manifiestan un ánodo y un cátodo. Permiten el flujo de corriente en sentido directo, de ánodo y cátodo, y lo bloquean en dirección inversa. Esta propiedad se debe al comportamiento interno de los átomos y electrones. Toda la actividad en estos dispositivos de estado sólido sin movimiento de partes.

Los elementos semiconductores se componen de dos capas de cristales, una de las cuales tiene escasas impurezas. Se usa el silicio o el germanio en su composición.

Las celdas semiconductoras se forman mediante la unión de cristales N(negativo) P(positivo). Un voltaje aplicado a través de su unión causa un flujo de corriente a través de la misma. Si se invierte la polaridad del voltaje aplicado, entonces se bloquea el flujo de corriente.

Un diodo de silicio presenta una caída de voltaje pequeña en sentido inverso. El diodo es adecuado para trabajar como un rectificador.

Si se aplica un voltaje positivo, la corriente a través del diodo puede alcanzar valores altos, a menos que lo limiten las impedancias externas. Por lo tanto, el diodo presenta baja resistencia en la dirección positiva. Sin embargo, si se

invierte la polaridad del voltaje, ocurre el efecto puesto: a medida que aumenta el voltaje en la dirección negativa, la corriente se vuelve extremadamente pequeña, porque el diodo presenta alta resistencia, bloqueando entonces el flujo de corriente.

Los diodos se fabrican hasta 550 amp. por media onda máxima por diodo a voltajes pico de hasta 1.200 V.

Un tiristor o rectificador controlado de silicio (RCS), también es un dispositivo semiconductor en el que la corriente se bloquea en ambas direcciones hasta que se aplica una señal de voltaje a una terminal de control llamada compuerta. El tiristor está formado por la unión de cuatro capas de cristales (P-N-P-N), con la compuerta conectada a la segunda capa P. La corriente de compuerta o de activación tiene un valor relativamente bajo. El tiristor bloquea la corriente en ambos sentidos, pero a un determinado voltaje directo de transición conductiva (V), se comporta como un diodo. En la figura 3.2 se muestra la relación entre volts y amperios de un tiristor.

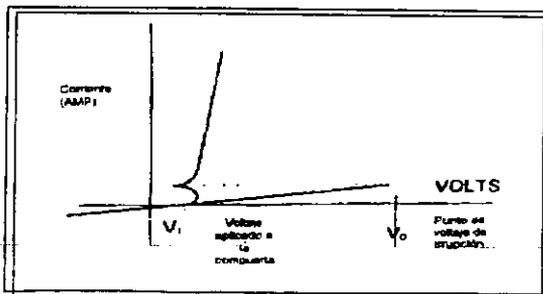


figura 3.2.

Cuando el flujo es en sentido inverso, el tiristor tiene las mismas características de operación de un diodo. Si el flujo es en sentido directo,

bloquea el voltaje hasta que se alcanza el punto de voltaje de transición conductiva. En este punto el tiristor cede la corriente, se incrementa desde un valor bajo, a un valor muy alto, sólo limitado por la impedancia del circuito. Si la corriente de carga disminuye por abajo del nivel de tensión de corriente, se restablece el bloqueo en sentido directo. Con una señal de suficiente, se restablece el bloqueo en sentido directo. Con una señal de suficiente magnitud en la compuerta, el bloqueo en sentido directo no se establece, y el tiristor se conduce como un diodo. Cuando se aplica un voltaje a la compuerta de RCS, la interrupción ocurre a un voltaje menor, V_1 , en lugar de V_0 .

Si se aplica un voltaje de CA (Corriente Alterna), el tiristor automáticamente efectúa la interrupción cada medio ciclo cuando el voltaje a cero o reducen la corriente a menos del valor de retención.

Los diodos y tiristores casi no tienen la capacidad de sobrecarga en comparación con el equipo eléctrico normal. El voltaje pico inverso es el voltaje máximo que puede resistir la celda en circunstancias de operación inversa. Todos los dispositivos estáticos de silicio tiene limitaciones térmicas. Los diodos y tiristores son sensibles a voltajes excesivos o a corrientes más altas que sus valores nominales.

La vida probable de una celda de silicio completamente sellada se considera, si se utiliza adecuadamente.

Los transistores se obtienen agregando una tercera capa sea de germanio o silicio a un diodo. Al aplicar un voltaje distinto a la capa intermedia, se

agiliza o se demora el flujo de corriente a través de las otras dos capas. Entonces, el transistor se vuelve amplificador que puede multiplicar la señal aplicada un ciento o más de veces. Con circuitos resonantes adecuados, el transistor puede generar su propia onda senoidal, la frecuencia de la cual depende de las constantes del circuito resonante. En este caso, el transistor se conduce como oscilador y se usa como tal en inversiones de estado sólido.

Estos elementos de estado sólido se usan en la fabricación de los componentes principales de los SAI: inversores, conmutadores y cargadores con rectificador de estado sólido.

Conexiones del rectificador.

Los cargos con rectificador de estado sólido modernos, proporcionan con más eficacia las características deseables de carga, que antes sólo se obtenían con los conjuntos de motogeneradores. Hay tres métodos básicos de cargas baterías: el de corriente constante, a dos regímenes y de autoderivación. El método de autoderivación es mejor porque el régimen de carga disminuye a medida que ésta se acumula en la baterías. Normalmente los rectificadores se alimentan de la fuente de energía de CA de la planta.

El elemento de estado sólido más frecuentemente usado en los cargadores modernos es el diodo de silicio; sus características son las más adecuadas porque tiene larga vida y pueden operar a altas temperaturas.

Para convertir corriente alterna a corriente continua, generalmente se emplean tres circuitos básicos: el circuito rectificador de media onda (el más sencillo de los tres), el circuito de onda completa con derivación central y el circuito de onda completa tipo puente. Los diagramas 3.3 y 3.4 muestran el voltaje de corriente continua obtenido en estos circuitos.

Los rectificadores de gran capacidad generalmente son trifásicos figura 3.5, la frecuencia de rizo es tres veces mayor que la de corriente alterna 180 ciclos seg. La conexión de onda completa trifásica, o el circuito puente trifásico, se usa frecuentemente en el equipo para cargar baterías.

Los rectificadores controlados de silicio se usan en los rectificadores modernos para regular el voltaje de salida de corriente continua dentro de ± 0.5 por ciento con variaciones de voltaje en la línea de ± 10 por ciento y variaciones de frecuencia de ± 5 por ciento a 60 ciclos. Generalmente, el cargador con rectificador está equipado con los siguientes dispositivos: un relevador de corriente continua de bajo voltaje para detectar la pérdida de energía de CA que toma el cargador, luces indicadoras de tierra, conmutador corrector de flotación, emperímetro y voltímetro. Estos últimos dispositivos son opcionales.

El enfriamiento del rectificador de poca capacidad (1 a 100 kw) se efectúa por convección natural. En unidades mayores (40 a 300 kw), el enfriamiento por aire se logra mediante un ventilador accionado por un motor trifásico totalmente cerrado. Las unidades de silicio disponibles para convertir CA a CC tienen capacidades nominales de 1 a 750 kw.

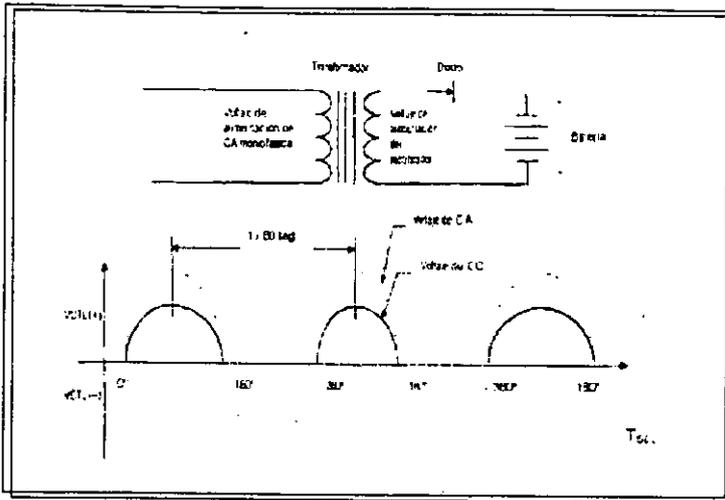


Figura 3.3. Rectificador de media onda.

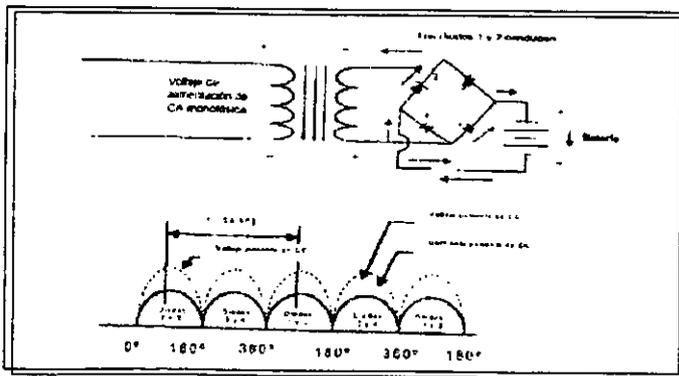


figura 3.4. circuito puente de onda completa.

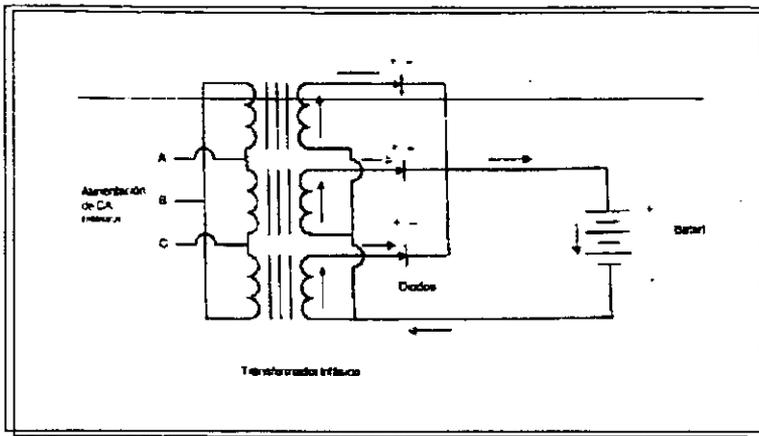


figura 3.5. Conexión de media onda trifásica.

Cómo seleccionar un cargador de baterías.

A fin de seleccionar correctamente el cargador de baterías para una aplicación dada, se determina la cantidad de amperios necesarios mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{AH \times 1.15}{T} + L$$

A Capacidad nominal mínima del cargador en amperios, pero en todos los casos no menor del 20 % de la descarga nominal de la batería en 8-hrs.

AH Amperios horas de descarga de la batería.

T Tiempo permitido para recarga en horas.

L Carga continua conectada a la batería de amperes.

1.15 = Factor de eficiencia de carga. Ejemplo si una batería de 200 AH está descargada al 50 por ciento y debe recargarse en 10 Hrs., el cargador debe alimentar con una carga continua de 6 amp.

$$A = \frac{(200 \times 0.5) \text{ AH} \times 1.15 \pm 6}{10} = 17.5 \text{ amp.}$$

Debido a que no se fabrican cargadores con capacidad nominal de 17.5 amp., se selecciona un cargador con la capacidad nominal estándar más próxima, pero no menor del 95 % del valor calculado.

III.3 SISTEMA DE INVERSOR.

El componente más importante en un sistema de alimentación ininterrumpible, el inversor, efectúa una función opuesta a la del rectificador cambia la CC producida por el rectificador y almacena por la batería a CA la cual alimenta la carga crítica.

Un inversor se compone de tres elementos principales, y cada uno de estos efectúa una función básica.

Los elementos principales son el oscilador, el inversor de rectificadores controlados de silicio (sección de conmutación de energía) filtro regulador (transformador ferroresonante). Figura 3.6.

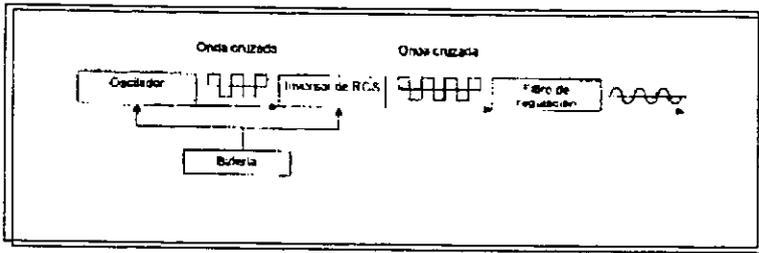


Figura 3.6 Diagrama a bloques mostrando los tres elementos principales de un inversor completo.

El oscilador establece la frecuencia de operación dentro de 0.5 al uno por ciento Hz de las condiciones operación.

Se puede controlar la sincronización de la línea o la operación en paralelo con otro inversor, mediante la sincronización del oscilador con una señal externa o con la frecuencia de otro inversor.

El principio de operación es el de un circuito resonante sincronizado, con las oscilaciones mantenidas por las pulsaciones de CC aplicadas mediante el transistor durante una pequeña parte de cada ciclo. La frecuencia de salida del oscilador se ajusta sincronizando el circuito resonante (autoinducción L) y la carga del capacitor (C) Esto se efectúa con un control de resistencia variable.

Una vez que se sintoniza el circuito resonante, la frecuencia permanece estable e independiente de la carga o el voltaje de entrada.

Sin embargo, esto no sucede con dispositivos rotatorios similares, los cuales tienen variaciones de frecuencia.

Debido a la función del oscilador, la extensión de la pulsación (extensión de duración del ciclo) y la frecuencia deseada de salida del inversor se pueden mantener constantes. El oscilador proporciona la frecuencia básica y produce las señales lógicas necesarias para conectar los tiristores del inversor correctamente (activación compuerta).

El elemento más importante.

El inversor de rectificación controlado de silicio, denominado también sección de conmutación de energía, es el más importante de los elementos principales. Este opera como un circuito de conmutación, con la onda cuadrada de salida del oscilador activado alternadamente a los rectificadores controlados de silicio. La salida del inversor también es una onda cuadrada con una amplitud proporcional al voltaje de CC de entrada.

El tiristor (rectificador controlado de silicio) en el inversor bloquea la corriente en el sentido directo hasta que se aplica una señal de excitación a su compuerta. El tiristor se activa fácil mediante una pulsación programada (onda cuadrada) del oscilador. Sin embargo, no es muy fácil desconectarlo.

Para desconectarlo, la corriente del tiristor debe disminuir a cero, después de lo cual, se comporta como un conmutador abierto. Con la corriente alterna, el tiristor se desconecta (como en los rectificadores), en el instante en que la CA llega a cero. Para desconectar un tiristor alimentado por CC, debe

reducirse a cero la corriente directa en un elemento y debe retardarse la replicación de voltaje directo a este elemento, hasta que su capacidad de bloqueo directo se restablezca y se inicie el flujo de voltaje directo en el elemento siguiente. Esta operación se llama "conmutación".

La conmutación se lleva a cabo con un capacitor que almacena la energía, durante un medio ciclo y se descarga en la dirección inversa al inicio del siguiente ciclo, reduciendo la corriente del tiristor a cero.

El inversor monofásico mostrado en la figura 3.7., es el circuito más sencillo de derivación central que usa sólo dos tiristores como conmutadores.

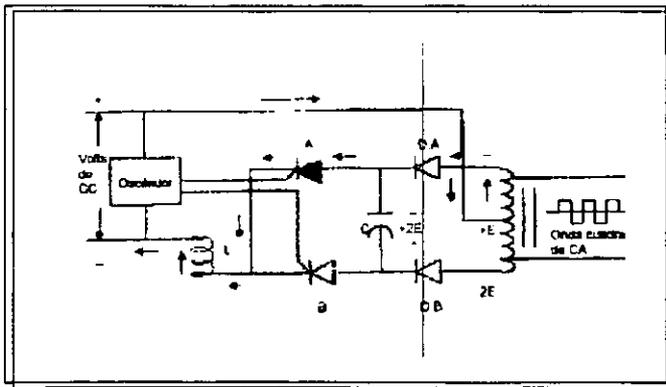


Figura 3.7. Operación de un inversor monofásico con circuito de derivación central.

Para forzar la conmutación se agrega un capacitor (C), un inductor (L) y dos diodos de bloqueo (DA y DB).

El principio de operación es el siguiente:

En la figura 3.7., el tiristor A conduce y el condensador C está cargado positivamente. Después de medio ciclo, cuando el tiristor B se excita mediante el oscilador (ver figura 3.8)., la energía almacenada por el capacitor durante el primer medio ciclo de descarga en la dirección inversa al inicio del segundo medio ciclo. La energía del capacitor mantiene la corriente de la carga hasta que el tiristor A recupera su habilidad de bloqueo. Los diodos bloquean la energía de interrupción a través del transformador. El inductor limita la corriente durante el intervalo transitorio de interrupción. Cuando el tiristor B conduce, el capacitor se carga otra vez, pero con una polaridad opuesta, y el voltaje de salida invierte su polaridad (como indican las flechas en la figura 3.7.

Después de un ciclo, el tiristor A se excita otra vez con el impulso de la onda cuadrada del oscilador, y la secuencia de operación se repite tantas veces como los tiristores sean excitados y activados por los impulsos alternos del oscilador.

Debido al efecto del transformador, el voltaje de salida es una onda cuadrada alternamente con una frecuencia establecida por la velocidad de conmutación y una amplitud establecida por la relación del transformador y el voltaje de CC de entrada.

El inversor monofásico con autotransformador de derivación central, se une principalmente con una frecuencia establecida por la velocidad de

conmutación y una amplitud establecida por la relación del transformador y el voltaje de CC de entrada.

El inversor monofásico con autotransformador de derivación central, se usa principalmente con voltajes de alimentación primaria de 12,24 y 48 V de CC y capacidades entre 1 y 10 kVA.

El inversor monofásico, con circuito en puente se usa principalmente con potencias de alimentación primaria de 120,240 y 600 V de CC y capacidades de 10 a 50 kVA. Este circuito emplea cuatro tiristores como conmutadores para conectar alternamente la carga, de positivo a negativo y otra vez a positivo, a través de la fuente de alimentación de CC.

La frecuencia del inversor se regula con la velocidad de conmutación. El uso de la conexión en puente, permite obtener una mejor forma de onda. Por esta razón, algunos fabricantes usan el inversor con rectificadores controlados silicio y circuito en puente, en unidades con capacidades superiores a 2 kVA.

El inversor trifásico se usa comúnmente para 50 kVA o más, pero también se fabrica con capacidades tan bajas como 10 kVA. Este es una combinación de tres inversores elementales monofásicos. Los secundarios de salida del transformador pueden estar conectados en delta o Y para alimentar al inversor trifásico, como se muestra en la figura 3.3.1 (B).

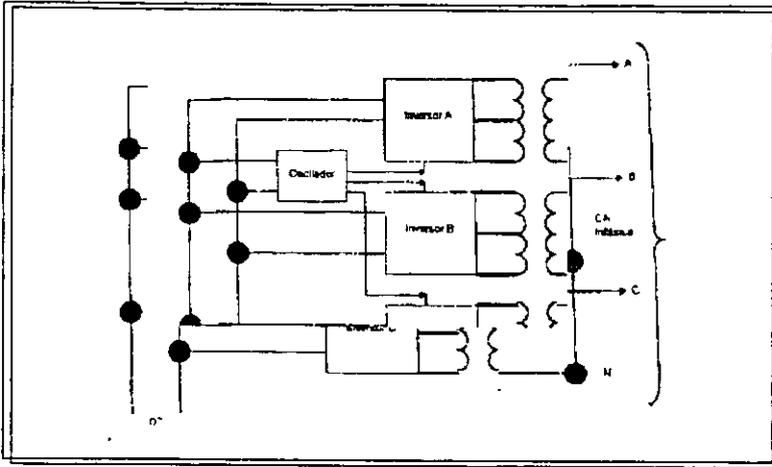


Figura 3.8. El inversor trifásico es una combinación de tres inversores monofásicos. Un circuito de control opera a los tres inversores con una sola alimentación de CC.

Commutación de Tiristores.

Igual que en el inversor monofásico del circuito con derivación central, el problema de la conmutación debe ser tomado en cuenta. Como se muestra en la figura 3.9., la conmutación se efectúa de la siguiente forma:

Se conecta una fuente de alimentación de CC. a 120 V (figura 3.10.), y los tiristores A y D conducen la corriente a través de la carga. Los otros capacitores se ponen en corto circuito al conducir los tiristores A y D. En el instante de la conmutación (figura 3.11.), los tiristores B y C se excitan y se efectúa la conexión del voltaje del capacitor al punto medio del reactor de derivación central. Mediante un autotransformador, el extremo superior del

reactor de CA se eleva a $+ 240V$. El lado de la línea, del tiristor A, está a un potencial de $120V$. Así, se obtiene el voltaje neto de $120V$ a través del tiristor A en dirección inversa, lo que disminuye su corriente a cero y lo desactiva. En el tiristor D ocurre una acción similar.

Después de la conmutación, los tiristores A y D recobran su condición de bloqueo, y los tiristores B y C conducen la corriente de carga. Los otros capacitores, A y D, se cargan al mismo voltaje que el de la línea, y entonces están listos para la siguiente conmutación (figura 3.11.). Esta conexión satisface la condición de que cualquier tiristor debe desactivarse cuando excita su pareja.

Sino ocurre la conmutación adecuada, entonces los tiristores y sus parejas permanecerán activados, ocasionándose un corto circuito a través de la fuente de CC. A esto se le llama "activación en falso", y causa que el fusible de protección se abra. La activación en falso es resultado de la sobrecarga de los inversores más haya de los límites de seguridad.

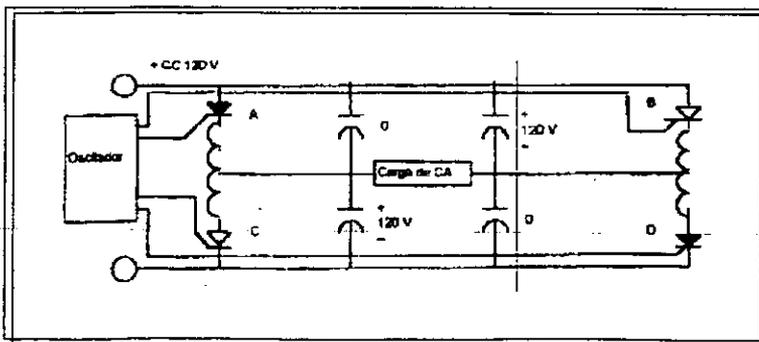


Figura 3.9. Inversor conectado en puente antes de la interrupción.

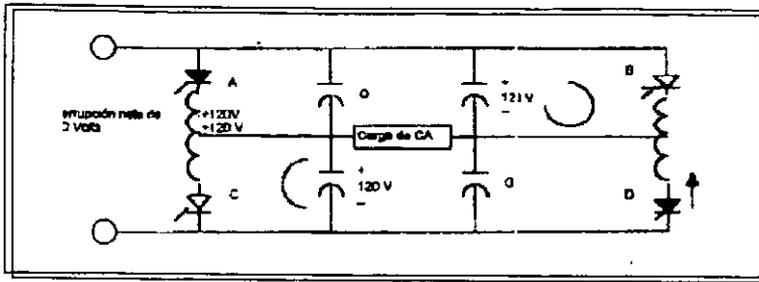


Figura 3.10. Inversor conectado en puente en el instante de la interrupción.

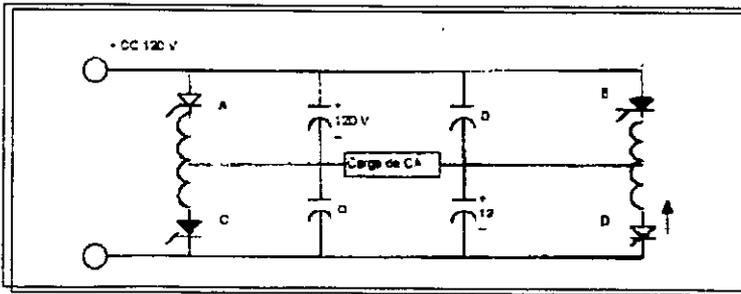


Figura 3.11. Inversor conectado en puente después de la interrupción.

El filtro regulador.

El filtro regulador a la salida del inversor limita la corriente de salida del inversor, evitando la sobrecarga del mismo.

El filtro es básicamente un transformador ferroresonante similar al transformador de voltaje constante que se emplea ampliamente en la industria. El filtro convierte la onda cuadrada de salida del inversor en una

onda senoidal con un bajo contenido de armónicas, el 5 por ciento del 25 al 100 por ciento de la carga. El filtro también regula el voltaje de salida a un 2 o 3 por ciento, bajo todas las condiciones de operación y proporciona protección al inversor contra sobrecarga y corto circuito.

Cuando se aplican cargas anormales, o cuando se pone en corto circuito la salida, el circuito limitador de corriente del filtro regulador reduce electrónicamente la corriente nominal de salida hasta que la sobrecarga o el circuito se elimina, después de lo cual el inversor vuelve a la normalidad.

La corriente de salida de un inversor con filtro se limita sobre una base instantánea a no más de aproximadamente el 150 por ciento de la corriente total de salida aún cuando exista el corto circuito. Esto se logra cuando se capta la señal de la corriente rectificadora de salida con un circuito de control de transitorios. Cuando se excede el punto establecido de 150 por ciento, el ángulo de fase entre las etapas de energía de la onda cuadrada se fuerza a 180 grados, produciéndose un voltaje de salida con valor de cero a la entrada del filtro regulador.

Es recomendable dividir las cargas críticas de los instrumentos en varios circuitos ramales protegidos individualmente con fusibles pequeños de alta velocidad. Este tipo de fusibles proporciona una interrupción rápida en caso de fallas de corriente. El tipo de interrupción debe ser casi instantáneo para evitar perturbaciones que afecten al resto del sistema de instrumentos.

Los disyuntores no deben usarse en los circuitos ramales como dispositivos de protección, para circuitos críticos de instrumentación, alimentadores por inversores monofásicos con salida de onda senoidal, de 1 a 10kVA a 120 V. En su lugar, deben usarse fusibles de acción rápida del tipo indicado para coordinarse en los circuitos ramales y en los sistemas de alimentación ininterrumpible o en los inversores, evitándose así la caída de voltaje de salida del inversor y las suspensiones de energía en los circuitos de instrumentación. El empleo de estos fusibles se debe al éxito que se ha obtenido con múltiples experimentos en el campo.

Operación del inversor.

En la figura 3.12. se muestra un diagrama a bloques y la operación de un inversor típico monofásico. Para arrancar el inversor, un botón de arranque conecta el voltaje de entrada a través de una resistencia limitadora de circuitos para reducir la acometida de arranque. Cuando la luz indicadora está encendida, el interruptor de entrada principal está cerrado, entonces se aplica la tensión total, y el inversor arranca.

El filtro también cuenta con una resistencia de arranque en el primario, para limitar la acometida corriente magnetizante. Cuando el interruptor de salida se encuentra cerrado, la resistencia se pone en corto circuito, la carga se conecta para trabajar la capacidad total.

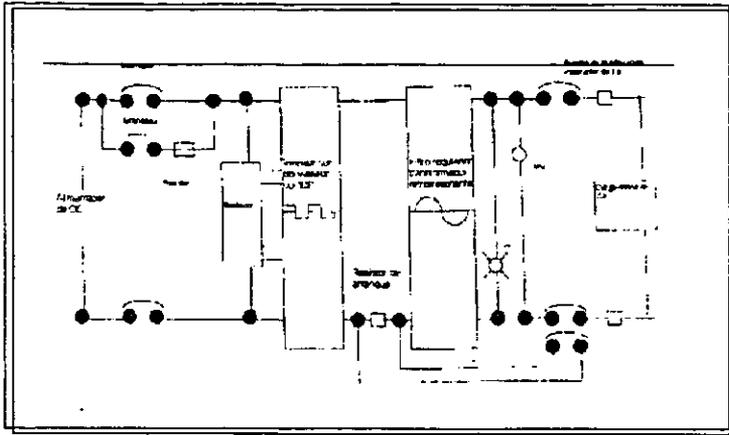


Figura 3.12. Diagrama a bloques de un inversor típico monofásico con derivación central.

III.4. OPERACIÓN DE UN CONMUTADOR.

CONMUTADOR ESTÁTICO (BYPASS).

Los adelantos tecnológicos realizados durante la década de los 70 en el campo de los semiconductores, han permitido la fabricación de un dispositivo de conmutación sin partes móviles, el conmutador estático. Su empleo en los sistemas de alimentación ininterrumpible, controles de calentadores de resistencia y controles estáticos de motores, ha ido en aumento.

El costo de un conmutador estático es varias veces mayor que el de un conmutador electromecánico, debido al alto costo de los semiconductores. Sin embargo, las ventajas del conmutador estático, bien pueden justificar el costo. Los dispositivos de estado sólido no necesitan de mantenimiento y efectúan la

conmutación en 1/8 de ciclo (2 milisegundos), siendo esto último de suma importancia en el caso de cargas críticas. Además, debido a que constantemente se estén mejorando las técnicas de fabricación, los costos de los conmutadores y controles estáticos probablemente disminuirán, y se espera, alcancen un nivel que no exceda del 20 al 50 por ciento del costo de las celdas de silicio. En la actualidad, cuestan de 200 a 250 por ciento más que las celdas de silicio.

Los conmutadores estáticos que detectan sobrecargas y fallas de fase, que invierten la energía y la secuencia y que pueden operar a partir de una entrada de energía baja, pronto desempeñarán un papel muy importante en el control de cargas eléctricas. La demanda de mayor productividad, mayor confiabilidad y escaso mantenimiento incrementará la correspondiente demanda de conmutadores y controles estáticos.

El uso de conmutadores de estado sólido beneficiará a muchas industrias, incluyendo la textil, la del gas natural, petróleo, minería, vidrio y acero, donde se hace necesario su empleo debido a las operaciones que efectúan las computadoras.

Conmutación y rectificación.

Un rectificador controlado de silicio bloquea la corriente en ambas direcciones, hasta que se aplica una señal a una terminal de control llamada "compuerta". La celda de un rectificador controlado de silicio usa una oblea de cuatro capas, P-N-P-N, y tiene la compuerta conectada a la segunda capa

P. Cuando un circuito oscilante o cualquier sistema de circuitos de control lógico energiza la compuerta, la corriente fluye sólo en una dirección como ocurre en el diodo. Si el rectificador controlado de silicio se conecta a una C.C., opera como un conmutador, pero una vez energizado, ya no se desactiva fácilmente.

Para desactivar el tiristor es necesario un circuito adicional. Este circuito incluye un capacitor que proporciona la corriente para desactivar el tiristor. La operación de este circuito se denomina conmutación. De hecho, el tiristor se puede considerar como la combinación de un conmutador y un rectificador.

Debido a que los tiristores funcionan como conmutadores, cuando se les combina con sistemas de circuitos adecuados, pueden trabajar como interruptores convencionales y contactores.

Cuando los conmutadores estáticos se emplean en sistemas de alimentación ininterrumpible, se conectan a la salida del inversor. Estos conmutadores conectan la CA, y la rectificación se activa conectando dos tiristores invertidos en paralelo. Esta conexión evita la conmutación y permite el flujo de CA a través del conmutador estático hacia la carga.

Durante la operación normal, la CA de la línea de alimentación energiza el cargador, el cual pone a la batería en flotación y alimenta el inversor estático. El inversor se conecta a la carga crítica mediante el conmutador estático y se sincroniza con la línea de alimentación de CA.

El rectificador controlado de silicio No. 1, normalmente activado, permite el flujo de la mitad positiva de la onda CA, mientras el rectificador No. 2 permite el flujo de la onda negativa, debido a que los dos tiristores del conmutador estático, están conectados invertidos paralelo. Estos también permiten que la corriente de salida del inversor fluya a través del conmutador estático, hacia la carga. Cuando se energiza, los rectificadores No. 3 No. 4, estos también permiten el flujo de CA de la línea de alimentación a la carga.

El voltaje del inversor disminuye por abajo de un valor predeterminado, los rectificadores de la línea de alimentación se activa mediante el tablero de conmutación lógica y entonces la línea de alimentación abastece la carga crítica. Si el voltaje de la línea de alimentación disminuye por abajo de un valor predeterminado, el inversor asume su función. Los rectificadores controlados de silicio, dejan de conducir cada vez que la onda del voltaje de CA pasa por cero. Esta es la razón por la cual no se usan los capacitores de conmutación, como en el caso de CC. El tiempo de conmutación es de 2 milisegundos. Para hacer posible una conmutación tan rápida, el factor de potencia de la carga debe tener un valor cercano a la unidad; de otra forma la corriente y el voltaje no cruzarían el eje cero en el mismo instante.

Cuando el factor de potencia de la carga crítica no es un factor unitario, los capacitores de corrección aproximan el factor de potencia a la unidad. Como se muestra en la figura 3.12.

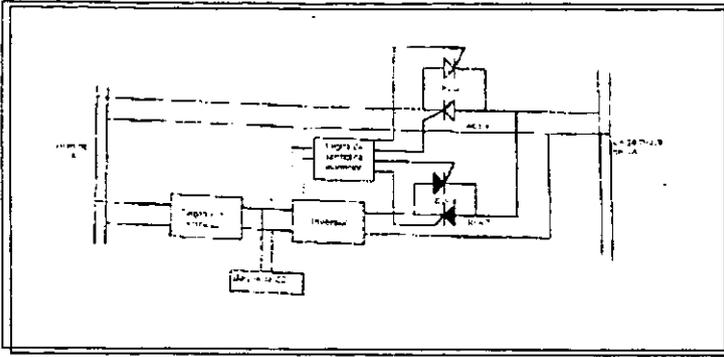


Diagrama del circuito de un conmutador estático de transferencia, en un sistema inverso de alimentación ininterrumpible.

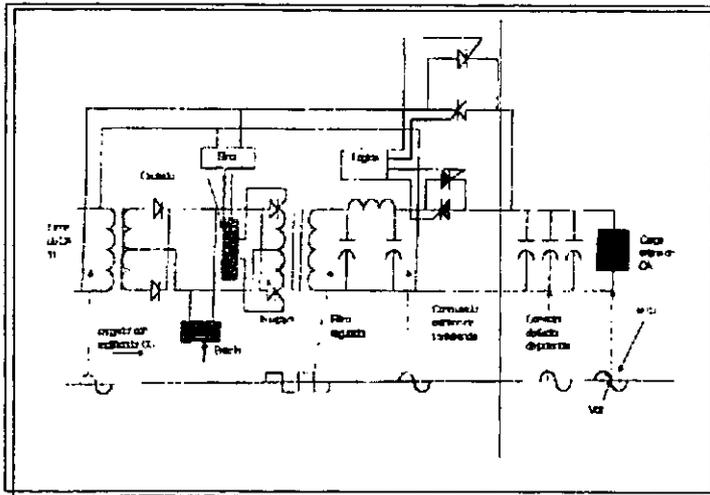


Figura 3.12. Sistemas de alimentación ininterrumpible inverso, completo con filtro. Se muestra las formas de onda en los diferentes componentes.

Detección de perturbaciones.

El conmutador estático puede detectar problemas en el rectificador y en la barra de CC, así como fallas que pueden causar mal funcionamiento del inversor, y puede transferir la carga crítica a la línea de alimentación de CA. El tiempo de transferencia debe ser suficientemente corto para no afectar a la mayoría de las cargas críticas. El conmutador estático asegura una protección auxiliar. Se puede suministrar energía continua con un mínimo de interrupción o sin interrupción, sin importar si la CA se toma del inversor o de la línea de alimentación de CA y sin importar la falla, está en los componentes estáticos del sistema de alimentación ininterrumpible o en la línea de alimentación de CA.

Si ocurre una falla en un circuito secundario de la carga crítica, el voltaje de salida disminuirá en el filtro limitador de corriente de salida del inversor. La detección de variaciones de voltaje o corriente, ocasionará que el conmutador estático transfiera la carga de CA del inversor a la línea de CA, proporcionando más corriente para corregir la falla.

Después de corregir la falla, el conmutador estático puede retransferir la carga al inversor. Igualmente, cualquier falla en el inversor permitirá que la carga de CA se transfiera a la línea de CA. La transferencia muy rápida del conmutador estático mantendrá las cargas críticas más sensibles en operación.

En la figura 3.13. se muestra el tiempo de transferencia.

Cualquiera de los circuitos secundarios de la carga crítica se puede poner en corto circuito, perturbando el voltaje de salida del sistema de alimentación ininterrumpible. las cargas alimentadas por el inversor se pueden desenergizar y fallar. Esto es posible, si la falla puede sobrecargar al inversor, dando lugar a que su filtro de salida limite la corriente.

Para evitar esto, los dispositivos protectores deben eliminar cualquier falla en los circuitos secundarios. Como los disyuntorés son demasiado lentos, deben emplearse fusibles de acción rápida. Los circuitos secundarios deben formarse con cargas pequeñas. El tiempo de interrupción de los fusibles debe coordinarse con la corriente disponible del inversor y con el tiempo de perturbación que la carga permite. Los inversores, que son dispositivos con alta impedancia; pueden mientras que limitan la corriente, alimentar sólo el 150 por ciento de su corriente de carga total a una falla permanente.

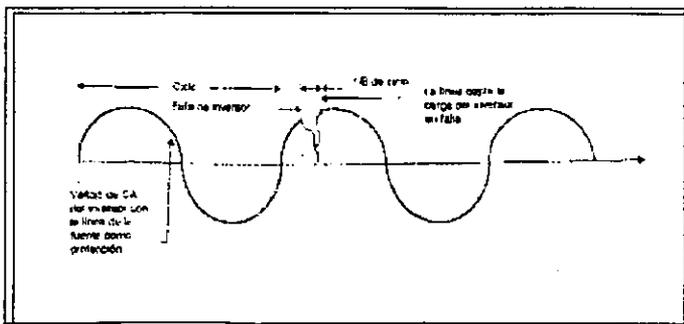


Figura 3.13. Tiempo de transferencia de un conmutador estático con sincronización automática de la línea de CA y el inversor.

Si se necesitan fusibles de gran capacidad y éstos no se pueden coordinar con la corriente disponible del inversor en su estado de limitación, un conmutador estático puede transferir la carga a la línea. Con esta disposición, cuando el voltaje de salida del inversor comienza a disminuir, el conmutador estático transfiere automáticamente la carga crítica a la línea de alimentación. La línea de alimentación, siendo una fuente de menor impedancia, empieza a alimentar y eliminar rápidamente la falla, mientras mantiene el voltaje de la barra conductora.

Después de un período preestablecido (de 2 a 3 segundos) el conmutador estático retransfiere automáticamente la carga de la línea de alimentación al inversor.

Es importante limitar la corriente que el conmutador estático puede transferir con seguridad. Por lo tanto, es un imperativo coordinar la capacidad nominal del conmutador con la corriente posible de corto circuito de la línea de CA normal.

Para que el conmutador estático, el inversor, la batería o el cargador con rectificador, puedan retirarse para hacer reparaciones o para revisarse, se usa frecuentemente un conmutador de transferencia sincronizado sin interrupción. Este conmutador es electromecánico y tiene contactos traslapados que permiten la transferencia de la salida de energía del inversor a la fuente de la línea o viceversa. La transferencia se hace posible, sólo cuando una lámpara de sincronización indica un estado en fase. Entonces, un

operador puede manipular el conmutador de paso, en forma similar a la de los alternadores en paralelo.

Como se mostró en un principio, el sistema de alimentación ininterrumpible básico no redundante consiste de rectificador, una flotación mientras alimenta a plena carga el inversor. A su vez, el inversor alimenta a la carga crítica durante fallas de energía en la línea. El apoyo que proporciona la batería cuando ocurre este tipo de falla, normalmente tiene una duración de cinco a sesenta minutos.

Su gran desventaja.

Este sistema no redundante de alimentación ininterrumpible es el de más bajo costo y el de operación más sencilla. Sin embargo, tiene una desventaja: una falla interna del inversor puede causar que el sistema se paralice. Los inversores han probado ser confiables pero no infalibles. Si el sistema se aplica adecuadamente, de acuerdo con las estadísticas, fallará una vez en cinco años.

Para mejor confiabilidad, se pueden disponer los componentes del sistema en paralelo, o sea el sistema de alimentación ininterrumpible redundante en paralelo. Estos sistemas, con dos o más rectificadores e inversores en paralelo, se diseñan para trabajar a plena carga crítica con un inversor fuera de servicio. La figura 3.14. muestra un sistema de alimentación ininterrumpible redundante en paralelo, el cual usa conmutadores estáticos de transferencia.

El conmutador estático es opcional en un sistema de alimentación ininterrumpible continuo redundante, pero es indispensable en el sistema redundante en paralelo, la simple operación de los inversores en paralelo sin los conmutadores estáticos de transferencia, da como resultado una confiabilidad más baja que la que se obtiene con un sólo inversor. La falla de un inversor ocasionará que el otro inversor alimente al dañado, paralizando todo el sistema.

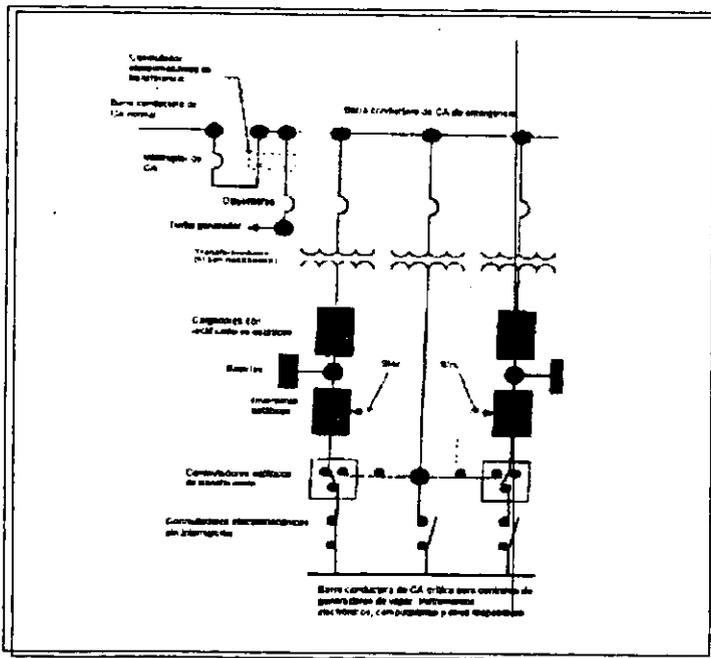


Figura 3.14. Sistema de alimentación ininterrumpible redundante en paralelo, con conmutadores estáticos.

La solución consiste en asegurarse que la falla de un sólo inversor no ocasionará un mal funcionamiento de la carga crítica. Esto sólo es posible si

se aísla inmediatamente al inversor dañado, de la barra conductora crítica, antes de que el voltaje de la misma disminuya por abajo de un valor específico.

El método que efectúa esto satisfactoriamente, emplea conmutadores de estado sólido para aislar al inversor dañado, de la barra crítica en 2 milisegundos o aún en un tiempo menor.

Algunas veces las fallas en el inversor dan como resultado un corto circuito a través del mismo. Si ocurre esto, la barra conductora de la carga crítica a la cual está conectado el inversor, también podría ponerse en corto circuito. A menos que el inversor en falla se desconecte de la barra conductora crítica, el voltaje de ésta sufriría un colapso a cero, y el sistema completo de alimentación ininterrumpible será incapaz de alimentar carga crítica.

Así, los sistemas de alimentación ininterrumpible redundantes en paralelo que usan conmutadores estáticos ofrecen mayor confiabilidad que los sistemas no redundantes. Esta confiabilidad adicional se hace posible mediante el uso del conmutador estático. Debido a su acción muy rápida, el conmutador estático mantiene energizada la barra conductora aún durante la falla de uno de los inversores conectando rápidamente la carga a la línea de alimentación de CA para inspeccionar o reparar los componentes del sistema de alimentación ininterrumpible.

III.5 CONTROL Y SEÑALIZACIÓN.

Especificaciones.

Las especificaciones de los sistemas de alimentación ininterrumpible son muy importantes. Los aspectos principales que se deben tomar en cuenta cuando se especifican los componentes de estos sistemas son:

A. CARGADOR DE BATERÍAS.

Los datos referentes a la alimentación indicarán lo siguiente:

1. Voltaje de la fuente (El voltaje de entrada determina el equipo necesario. Los límites de variación del voltaje de entrada deben indicarse si es posible. Los transitorios conocidos de la fuente tales como las disminuciones momentáneas de voltaje en la línea, debidas al arranque de motores, que no se incluyen en las variaciones de voltaje de la fuente, también deben de indicarse. La conexión de otras cargas a la fuente que alimenta al equipo de alimentación ininterrumpible puede ser peligrosa.

El equipo debe diseñarse para suprimir transitorios y ser capaz de manejar el 20 por ciento de transitorios con seguridad hasta 6 ciclos sin dañar la alimentación).

2. Fase y frecuencia de la línea de alimentación (monofásica o trifásica, a 50 o 60 ciclos):

3. *Protección de la línea de alimentación (interruptores o fusibles).*

4. *Relevador de alarma de falla de potencia (accesorio opcional).*

Los datos referentes a la salida indicarán:

1. *Voltaje de CC (125, 48, 24, y otros voltajes).*

2. *Regulación de voltaje (0.5 por ciento cuando la variación del voltaje de CA de entrada está dentro de 10 por ciento y la variación de la frecuencia de entrada está dentro de 5 por ciento).*

3. *Capacidad de régimen de recarga de la batería (normalmente 8 horas incluida la alimentación al inversor).*

4. *Protección (interruptores o fusibles).*

5. *Detector de conexión a tierra con luz indicadora.*

6. *Instrumentos (amperímetro o voltímetro o ambos).*

7. *Montaje (pared o piso).*

B. BATERÍAS Y SOPORTE.

1. Tipo de batería (plomo y calcio, níquel y cadmio o placas de plomo, es preferible la batería de plomo y calcio, la cual no gasifica).
2. Voltaje (125, 48, 24, u otros voltajes de C.C.).
3. Capacidad en amperio horas de la batería a un régimen de descarga de 8 horas (debe garantizarse el funcionamiento satisfactorio del inversor durante el periodo de interrupción, especificando sin ninguna causa perjudicial de voltaje en las terminales de la batería).
4. Soporte de acero para la batería (debe ser tan compacto como sea posible, componerse de una o dos secciones y disponer una o dos longitudes, como sea necesario, de acuerdo con el espacio disponible y las normas de los fabricantes)
5. Conexiones entre celda y entre filas, terminales de cables, electrolito y accesorios normales.
6. Duración de la capacidad de la fuente de alimentación proveniente de la batería en caso de falla de potencia (este tiempo varía entre 15 y 60 min., dependiendo de la disponibilidad de una fuente de protección, después de que han transcurrido el tiempo de apoyo de la batería; 60 min. es lo más usual).

7. *Control de tiempo (para controlar la carga de igualación de la batería, si es necesario).*

C. INVERSOR.

Los datos referentes a la alimentación indicarán:

1. *Voltaje (120, 48, 24, u otros voltajes de CC)*
2. *Amperes (con el voltaje seleccionado a plena carga).*
3. *Protección (interruptores o fusibles).*

Los datos referentes a la salida indicarán:

1. *Voltaje (480, 240, 120 voltajes de CA).*
2. *Fases (monofásicas o trifásicas).*
3. *Ciclos (25, 50, 0 60 ciclos a ± 1 por ciento).*
4. *Forma de onda (senoidal o cuadrada).*
5. *Distorsión armónica (máxima ± 5 por ciento).*

6. Regulación del voltaje de salida (normalmente dentro de 3 por ciento a un factor de potencia de 1.0).

7. Regulación de frecuencia (Sincronización automática para mantener la fase de salida dentro de 10 por ciento de la frecuencia normal de la línea de alimentación de C.A, siempre que está frecuencia se mantenga dentro de 2 por ciento de la frecuencia nominal. En caso de falla, en la línea de alimentación, el inversor debe mantener la frecuencia de salida dentro de 1 por ciento de valor nominal hasta que retorne la potencia normal. Entonces el inversor debe resincronizarse automáticamente con la línea de alimentación).

8. Limitador de corriente. (Se proporciona un limitador, automático de corriente para proteger al inversor contra sobrecarga o corto circuitos. El limitador permite que el inversor continúe funcionando normalmente después de que se elimina el corto circuito. Mientras perdure la sobrecarga, el limitador mantiene la corriente de salida al 150 por ciento, siendo éste un valor que no daña al inversor).

9. Conmutador sincronizador, de derivación debe tener contacto del tipo " sin interrupción", para inspeccionar o dar servicio al inversor.

10. Protección (fusibles o interruptores, indicando el tipo apropiado, para satisfacer condiciones de la carga crítica).

11. Instrumentos (amperímetro o voltímetro, o ambos de CA y CC y un medidor de frecuencia (opcional)).

12. *Temperatura ambiente (0 a 100 F; el enfriamiento por ventilación forzada se puede especificar para una operación continua a 120 F).*

D. LA INFORMACIÓN DE LA CARGA CRÍTICA.

indicara:

1. *La carga constante (en volt amperes).*

2. *El factor de potencia total de las cargas críticas.*

3. *La carga de irrupción (carga de arranque en VA).*

4. *El lapso durante el cual debe alimentarse la carga sin el cargador en operación (generalmente 30 minutos, dependiendo de la fuente rotatoria de aporte disponible).*

5. *Voltaje (por ciento de variación admisible).*

6. *Naturaleza de las cargas críticas (computadoras, dispositivos de interrupción de flama de generadores de vapor, instrumentos electrónicos y otros).*

7. *Condiciones especiales de operación para una carga crítica.*

CAPITULO IV. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.

Objetivo:

DESCRIBIR EL MANTENIMIENTO QUE DEBE RECIBIR UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE, PARA MANTENERLO FUNCIONANDO EN OPTIMAS CONDICIONES.

CAPITULO IV.**MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.****IV.1. COSTOS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.****Costos de instalación.**

El costo del SAI no está limitado al valor de la compra del equipo. La evaluación completa del sistema incluye: costo de instalación, gastos de arranque, refacciones, costos de operación, así como consumo de energía y costos de mantenimiento. A todos estos costos se les suma, el gasto total de vida útil de un sistema.

Es mejor la aplicación del SAI, para elegir el que más se adapte a las necesidades del usuario.

A continuación describimos los gastos asociados con la instalación del SAI, además de como llevar a cabo una evaluación de costos si es necesario.

Evaluación de costos.

- Costo del SAI
- Costo de instalación

-
- *Costo de baterías*
 - *Costo de la instalación eléctrica*
 - *Costo del sistema de ventilación (aire acondicionado)*
 - *Costo para el diseño de la instalación*
 - *Costo de construcción del lugar en donde estará el SA o bien de la renovación del mismo*
 - *Costo de la puesta en marcha, capacitación para el uso del SAI*

Dependiendo de donde se ubique el equipo, los costos por instalación pueden ser mayor al costo del equipo.

Cosos de operación.

- *Gastos por garantías. Es muy común que la garantía involucre partes; así como también las horas de labor o de operación del sistema.*
- *Gastos de energía del SAI. En base al consumo de energía del SAI se puede determinar cuál es el equipo más eficiente. Lo que se traduce en que el más eficiente de los SAI es el que menos consume energía.*

También en este rubro, se toma en cuenta la energía utilizada para trasladar el calor generado por el equipo. Para ello, es necesario adecuar un sistema de aire acondicionado para enfriar el equipo que se encuentre en el centro de cómputo.

Costo por mantenimiento.

Generalmente los SAI a los cuales se les efectúan un efectivo plan de mantenimiento, son los utilizados para el procedimiento de datos a la importancia de capital que se representa el manejo de información.

- *Mantenimiento de baterías.*

Las celdas húmedas requieren de una inspección visual, así como adicionarles agua si es requerido, cada 3 meses. La conexión entre las celdas debe chequearse una vez al año.

Las que son libres de mantenimiento eliminan la necesidad de agregarles agua, pero requieren de ser chequeadas en sus conexiones periódicamente.

- *Reemplazo de banco de baterías.*

Esta actividad se realiza cada 20 años aproximadamente, según el sistema de baterías diseñado para el SAI.

En algunos centros de cómputo es usual que el reemplazo sea en un período de 10 años. Existe una gran demanda por sistemas de baterías más económicos y con mayor tiempo de vida útil.

Costos por tiempo en vida útil del SAI.

Este punto se refiere a la vida útil de algunas de sus partes mecánicas las cuales están expuestas a un deterioro más rápido y frecuente.

Este cálculo se hace comparando el tiempo de servicio y costo del SAI, contra costos del mantenimiento y reparación (horas de labor y refacciones).

IV.2. SERVICIOS DE MANTENIMIENTO A UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.

El sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) es un sistema diseñado para proveer de energía de modo continuo independiente del suministro de la red pública de alimentación. Este equipo fue diseñado para suministrar a una computadora o bien todo un centro informático, de un voltaje regulado, libre de fluctuaciones que se produzcan en la red pública y pudiendo soportar la falta o falla del suministro de energía por el tiempo que dure la interrupción.

Durante tales interrupciones, el suministro de energía es proporcionado por medio de un banco de baterías que conforman el sistema del SAI y que se cargan por flotación, cuando existe el suministro de la red pública.

Las etapas principales que conforman a un SAI son:

Etapa de rectificación.

La rectificación de la corriente alterna de la red pública se hace por medio de un bus rectificador. Una vez rectificada se utiliza para alimentar (cargar) la batería que almacenará la corriente de reserva que soportará al sistema en caso de interrupción o fallo en el suministro de energía en la red pública.

Etapa de inversión.

La C.C. rectificada o bien de la batería, se utiliza para hacer funcionar el inversor, en esta etapa que es la contraria a la rectificación, se genera una tensión alterna en forma de onda estable y precisa en términos de frecuencia y voltaje. Esta señal, finalmente es la que se utiliza para alimentar la carga.

Etapa de control.

El microprocesador varía los parámetros de operación del rectificador e inversor para asegurarse de que el suministro es el correcto, sin importarles condiciones de tensión de la red o el voltaje de las baterías.

Etapa de detección de fallas.

Esta etapa está controlada de igual forma por el microprocesador, y es la que proporciona la información sobre fallas, activa alarmas, indicadores en el visualizador del SAL, durante la puesta en marcha y durante el funcionamiento del mismo.

Cada módulo va montando por separado y conectado por medio de enchufes de fácil desconexión, que permien un rápido acceso a la unidad, durante el mantenimiento preventivo o bien en la corriente de alguna falla o sobre carga.

Ante la existencia de una posible falla o bien, por mantenimiento de rutina del SAI es necesario, derivar la corriente en el inversor y aplicarlo directamente a la carga. Para estas eventualidades los SAI vienen diseñados con dos modos de desvío de la corriente o bypass: bypass de mantenimiento y bypass estático. El primero es controlado manualmente por un conmutador situado en el panel frontal, de esta manera la carga se conecta directamente al suministro de energía de la red, quedando aislado el SAI, pudiéndose realizar el mantenimiento o reparación sin peligro de una descarga eléctrica. Mientras que el segundo es activado de manera automática por el microprocesador en el supuesto caso de presentarse una avería en alguna etapa del SAI. En ambos casos la activación del bypass equivale a conectar la carga a la red de distribución de energía.

El banco de baterías mantiene la carga durante un tiempo promedio de 10 minutos, tiempo que puede aplicarse si se reduce la carga o añadiendo un banco central de baterías. En la parte frontal del SAI, existen indicadores de muestreo en los que se observa el tiempo que queda disponible en el banco de baterías. Algunos modelos vienen equipados con un sistema de apagado a distancia para el caso de una emergencia. El interruptor cuando es asociado mediante el control remoto de emergencia, cancela el suministro de energía a la carga, evitando así daños mayores en caso de corto circuito.

IV. 2.1. CARACTERÍSTICAS DE CONTROL Y DIAGNÓSTICO.

Las funciones del rectificador y del inversor son independientes entre ellas. El rectificador es controlado por un círculo regulador de fases, en tanto que el inversor es manipulado por el microprocesador. El diseño de los SAI en general, opera por etapas o módulos independientes, de manera que la avería en algún módulo no necesariamente influye o afecta en otro, facilitando la localización de la falla y la corrección de la misma, mediante el cambio del módulo completo. Como se mencionó anteriormente, el microprocesador en cada SAI proporciona al usuario un diagnóstico de fallas que al presentarse lo hace saber mediante una señal auditiva o visual codificada, que el usuario debe saber interpretar para proporcionar al personal técnico especializado, para que actúe de manera rápida y eficiente.

Localización de averías.

Se debe tener en cuenta, que el SAI se encuentra dividido en 3 secciones fundamentales: el rectificador, el inversor y la etapa correspondiente al microprocesador. Existen gráficos de localización de averías, que permiten identificar rápidamente el módulo defectuoso.

IV.3. FALLAS DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.

Falta de energía

Normalmente por corto circuito o elemento degradado que provoca la apertura del fusible.

Fallas en el modulo de control.

Normalmente causados por mal funcionamiento en el cuadro del circuito impreso, problemas en el cableado de las señales de control, provocando lecturas incorrectas en el rectificador o en el inversor, así como el fundido del fusible.

Como se mencionó anteriormente, el microprocesador lleva a cabo una serie de diagnóstico o comprobaciones, además en el suministro micro tenemos también un módulo donde se encuentra ubicado un interruptor con otro microswitch (en algunos tipos de SAI), los cuales dependiendo de su configuración nos pueden indicar de manera confiada la ubicación de la falla que existiera en el UPS. Esta información es mostrada al usuario en el visualizador mediante leds que se encienden, es posible configurar el sistema hasta con 32 fallas o instrucciones diferentes. Cada polo o microswitch se le asigna un valor binario específico de menor a mayor. Suponiendo que nuestro interruptor contara los siguientes valores binarios por cada polo.

POLOS DEL CONMUTADOR	VALOR
1	1
2	2
3	4
4	8
5	16

La activación de los polos es colocarlos en ON y su desactivación es en OFF, por lo que una configuración como la siguiente:

POLOS DEL CONMUTADOR	VALOR
1	ON
2	ON
3	OFF
4	OFF
5	ON

TENDRÍA COMO VALOR BINARIO 1-2-0-0-16 19. Este sería el valor codificado que nos indicará de avería y la ubicación de la misma, por ejemplo lectura del voltaje de entrada, o de salida, la frecuencia etc.

Identificación de fallas.

Como ya se mencionó, la indicación de la avería está codificada, y es mostrada a través de un visualizador formado por un conjunto de leds que están encendidos, mientras que otros permanecen apagados. Para interpretar esta lectura, el fabricante provee una tabla en la que es posible identificarla. Si la lectura corresponde a un valor binario mayor a 64, seguramente a un

error imputable a usuario, o bien un problema de tipo ambiental como excesiva humedad.

Historia de fallas.

Las primeras fallas desde la puesta en marcha, quedan almacenadas en la memoria y son mostradas mediante el visualizador mencionado anteriormente, en orden de aparición y de igual manera son interpretados, mediante tablas proporcionadas por el fabricante. El historial de fallas desaparece en el momento que es desconectado el SAI.

Supervisor de señales analógicas.

Existen señales analógicas que pueden ser supervisadas por el microprocesador y que pueden ser mostradas a través, del visualizador en el momento en que exista alguna alternación, ésta es indicada.

Gráfico de averías.

La interpretación del visualizador, es por medio de tablas que proporciona el fabricante. En ellas se encuentra oscilogramas, gráficos, así como comprobaciones funcionales de señales importantes del SAI. Estos gráficos se dividen de la siguiente manera:

- *Gráficos para la interpretación de los códigos de los interruptores. Proporciona el fabricante a fallas directamente.*

- *Gráficos para la localización de averías en el rectificador. Contiene correcciones necesarias y el procedimiento adecuado de llevar a cabo la reparación de alguna avería, presentada en la etapa rectificadora.*
- *Gráficos para la localización de averías en el inversor. Contiene correcciones necesarias y el procedimiento adecuado de llevar a cabo, la reparación de alguna avería presentada en el inversor.*
- *Oscilogramas. Estos oscilogramas son tomados de un SAI que se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento, del cual se toman mediciones de voltajes de las diferentes etapas y se utilizan como referencia para llevar a cabo la reparación de algún SAI averiado.*

IV.4. PROCEDIMIENTO DE ENCENDIDO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIBLE.

Descripción de los controles del plantel frontal.

- **CONMUTADOR.**

Controla todas las operaciones que el usuario puede realizar y el indicador que está sobre el, es el asesor visual. El conmutador permite efectuar de 0 a 5 operaciones, independientes de acuerdo a la posición seleccionada.

1. Posición 0 (OFF). No existe energía suministrada por el aparato.

-
2. *Posición 1 (BYPASS). La alimentación de la carga es tomada de la red de distribución normal, sin acondicionamiento. El indicador de Power Status se ilumina para indicar el bypass. En esta posición se coloca para el servicio de mantenimiento.*
 3. *Posición 2 (START UP). La carga sigue alimentándose de la red de distribución normal, para que el microprocesador lleve a cabo una serie de comprobaciones.*
 4. *Posición 3 (CHECK). Se conecta la batería y el micro comprueba su buen funcionamiento. Continúa, el SAI en estado de bypass.*
 5. *Posición 4 (ON). El bypass queda eliminado y la carga es alimentada por energía, acondicionada en voltaje y en frecuencia que es proporcionada por el SAI.*
 6. *Posición 5 (OFF DE EMERGENCIA). El SAI queda desconectado de la carga en el caso de un mal funcionamiento en el mismo.*

- **POWER STATUS.**

Este indicador muestra el tipo de energía suministrada por el SAI, es decir, si está funcionando en bypass o si está suministrando energía acondicionada.

- **CONTADORES.**

Este indicador es un contador multifuncional que provee una lectura de los principales parámetros del SAI.

a) Porcentaje de la corriente suministrada por el SAI en posición de bypass. La lectura de la corriente debe ser de 100%.

b) Para visualizar el voltaje de entrada al SAI, el cual estar indicado en su valor RMS.

c) Para averiguar el voltaje de salida del SAI. La indicación obtenida será el voltaje acondicionado y de reserva con el que se cuenta y que es suministrado a la carga. Este voltaje puede ser diferente a la carga.

d) Existe un indicador de corriente más para indicar el porcentaje de la corriente, pero en este caso es para tomar la lectura proporcionada por el banco de baterías y el tiempo que les queda de reserva (Ver figura 4.1).

- *ALARMAS.*

La alarmas son los indicadores de fallas o sobre cargas en el sistema, existen de dos formas manifestación: auditivas y visuales.

Problemas en el suministro del voltaje de entrada.

Si fallara el suministro de entrada, se oirá una alarma e inmediatamente después, un indicador digital marcará el tiempo de reserva en el banco de baterías.

Problemas en el interior de SAI.

Si el SAI tuviera una avería, sonaría una alarma y la carga sería alimentada a través de la red.

Problemas en el suministro de corriente.

Esta alarma sonará en el caso que la corriente sobrepase el 100% de la capacidad estimada para el SAI. Si el porcentaje baja, la alarma dejará de sonar. Si la condición persiste, el conmutador deberá girarse a la posición de bypass.

IV.5. ANÁLISIS DE FALLAS.

La localización de fallas en un Sistema de Alimentación Ininterrumpible (SAI) involucra seguir secuencia lógica, con la cual se determina la causa del mal funcionamiento dentro del tiempo más corto y seguro posible, como para ejecutar dentro del tiempo más corto y seguro posible, como para ejecutar una reparación y regreso de equipo al servicio normal.

Para dar solución al problema presente en el SAI de forma segura y éxitos, deberán observarse ciertas medidas de seguridad básicas, contar con equipo de prueba necesario, así como personal entrenado apropiadamente.

Medidas de seguridad.

Los SAI son diseñados y fabricados para minimizar riesgos de seguridad al personal. Sin embargo, el peligro de choques eléctricos siempre están presentes cuando se trabaja con equipo de alto voltaje. Los voltajes de operación de un SAI pueden exceder 1000 volts, durante su operación normal. Aún con el SAI fuera de operación, pueden estar presentes voltajes peligrosos. Deberían observarse las siguientes medidas básicas de seguridad.

- *Asegurarse que el personal de mantenimiento y operación está totalmente familiarizado con el equipo y el contenido del manual.*
- *Nunca usar artículos metálicos, tales como anillos o relojes, cuando se trabaja en un SAI.*
- *Conocer los procedimientos de primeros auxilios apropiados, especialmente aquellos relacionados con el tratamiento de choques eléctricos y quemaduras.*
- *Disponer de un extinguidor de incendios del tipo apropiado y saber cómo usarlo.*

- *No introducirse a los gabinetes a menos de que se tenga un conocimiento total del equipo.*
- *Utilizar un medidor para asegurarse que ningún voltaje esté presente antes de manipular algún componente.*
- *Utilizar transformadores de aislamiento, para alimentar el equipo de prueba.*
- *Recordar que hay voltajes presentes en los interruptores, aún cuando el sistema no esté en operación.*

Equipo de prueba.

La siguiente lista de equipo de prueba o su equivalente, son necesarios para probar y alinear apropiadamente el sistema:

- *OSCILOSCOPIO*
- *CONTADOR DE FRECUENCIA*
- *MULTIMETRO*
- *TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO.*

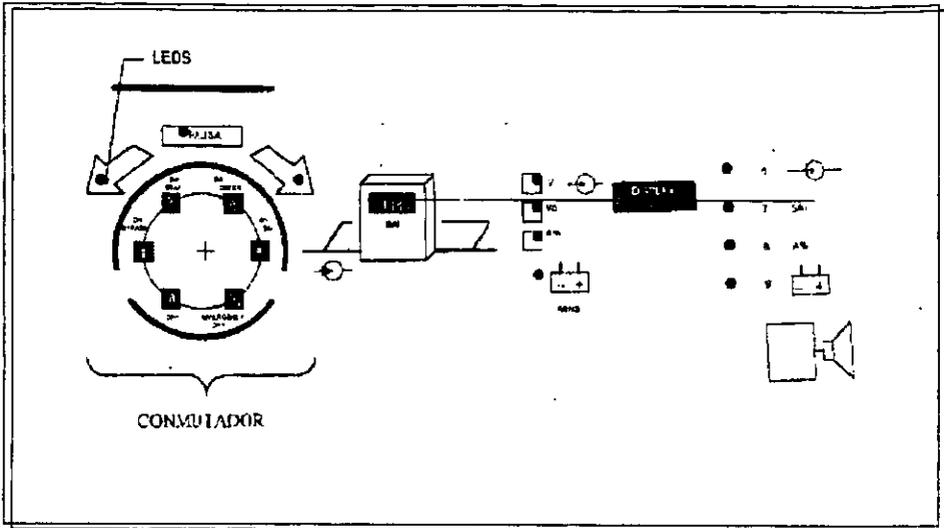


figura 4.1.

CONCLUSIONES.

Hemos observado que las computadoras y la instrumentación electrónica de control, necesitan sistemas confiables de regulación que aislen las cargas críticas sensibles al voltaje de las perturbaciones inherentes al sistema de alimentación.

Los sistemas de alimentación ininterrumpible ofrecen la solución más adecuada a este problema por su reacción rápida a los transitorios, frecuencia estable, escaso mantenimiento y alta eficiencia.

El avance tecnológico en materia de dispositivos de estado sólido, dará motivo a continuas mejoras y una disminución en el costo de los sistemas de alimentación ininterrumpible.

La tarea del Ingeniero es analizar cuidadosamente todos los aspectos del problema, determinar la extensión del daño que pudiera ocurrir por una falla de potencia, y en consecuencia seleccionar el sistema de alimentación ininterrumpible más económico y adecuado que proporcione la potencia de emergencia, dentro del tiempo mínimo permisible.

En este trabajo se analizan las diferentes partes que componen un sistema de alimentación ininterrumpible y se dan los criterios de diseño para una selección adecuada, formando así una guía de aplicación para diferentes instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA.

Manual de Diseño de Producto para Manufactura.

Bralla

Mc. Graw Hill.

Guía Práctica de Circuitos Electrónicos.

John Markus

Mc. Graw Hill.

Sistemas de Comunicación.

Ferrel g. Stremler

Alfaomega.

Circuitos de Pulsos Digitales y de Conmutación.

Millman

Mc. Graw Hill.

Análisis de Circuitos Semiconductores.

Estler

Mc. Graw Hill.

Análisis y Diseño de Sistemas de Información.

James A. Senn

Edit. Mc. Graw-Hill.

El ABC del Novell Netware.

Jeff Woodward

Edit. Ventura.

Procedimiento de Datos.

R.s. Tare

Edit. Mc. Graw-Hill.

Novell Netware 386.

- - *Tom Sheldon*

Edit. Mc. Graw-Hill.
