

TUES
1504
R618
1999
Fj. 2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



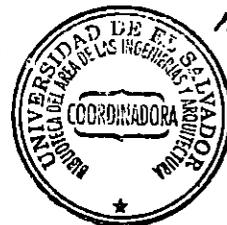
TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“Diseño y Construcción de un Simulador de Perturbaciones
Eléctricas”**

PRESENTADO POR

**MANUEL ALFONSO RIVAS HURTADO
CÉSAR NEIL SALGUERO CORADO
MAURICIO ENRIQUE ZALDAÑA SARMIENTO**

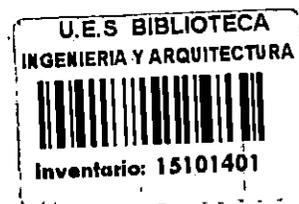
**PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**



15101401
15101401
4663

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 1999.

Recibido el 4 de octubre 1999



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. JOSÉ BENJAMIN LÓPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL:

LIC. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JOAQUÍN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO:

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR:

ING. JOSÉ ROBERTO RAMOS LÓPEZ.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Trabajo de Graduación previo a la opción de:

INGENIERO ELECTRICISTA

**Título: “Diseño y Construcción de un Simulador de Perturbaciones
Eléctricas”**

Presentado por:

**Manuel Alfonso Rivas Hurtado
César Neil Salguero Corado
Mauricio Enrique Zaldaña Sarmiento**

Trabajo de graduación aprobado por:

Coordinador:

Ing. José Roberto Ramos López

Asesor:

Ing. Diógenes Pérez Reyes



San Salvador, Septiembre de 1999.

Trabajo de Graduación aprobado por:

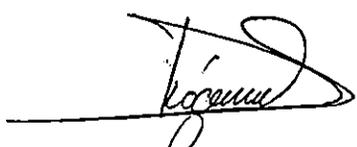
**Manuel Alfonso Rivas Hurtado
César Neil Salguero Corado
Mauricio Enrique Zaldaña Sarmiento**

Coordinador y Asesor:


Ing. José Roberto Ramos López



Asesor:


Ing. Diógenes Pérez Reyes

ACTA DE CONSTANCIA DE NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, 18 de septiembre de 1999 en el local de Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las nueve horas y treinta minutos e presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

- 1- Ing. José Roberto Ramos López
Director
- 2- Ing. Gerardo Marvin Jorge Hernández
Secretario



Firma

[Handwritten signature]

Y con el Honorable Jurado de evaluación integrado por las personas siguientes:

- 1- Ing. Diógenes Pérez Reyes
- 2- Ing. Marvin Mauricio Flores García

Firma

[Handwritten signature]

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

"Diseño y construcción de un Simulador de Perturbaciones Eléctricas"

A cargo de los Bachilleres:

RIVAS HURTADO, MANUEL ALFONSO
SALGUERO CORADO, CESAR NEIL
ZALDAÑA SARMIENTO, MAURICIO ENRIQUE

Habiendo obtenido el presente trabajo una nota final, global de 7.0

(SIETE PUNTO CERO)

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que en forma desinteresada han colaborado en el desarrollo de este trabajo de graduación.

En especial a:

- Ing. José Roberto Ramos por su oportuna colaboración y asesoría.
- Ing. Diógenes Pérez por su disposición incondicional mostrada en el desarrollo de este trabajo.
- A todos nuestros amigos que nos alentarán siempre a seguir adelante.

EL GRUPO

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por darme vida, salud y las facultades necesarias para concluir una meta importante en mi vida.

A mi Madre por su apoyo moral y esfuerzo para brindarme los recursos necesarios para concluir satisfactoriamente mi carrera.

A mi esposa e hijas porque fueron el motivo de inspiración mas fuerte que me impulso a concluir la meta alcanzada.

A mis amigos y compañeros de trabajo que en el transcurso del desarrollo de mi carrera me brindaron el apoyo requerido en el momento oportuno.

MANUEL

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso, porque sin su ayuda esta meta no hubiese sido alcanzada.

A mi Madre por su total comprensión a lo largo de este trabajo y por guiarme siempre en el camino correcto.

A mi esposa por toda su ayuda, sacrificio y apoyo incondicional, fue a lo largo de este trabajo la mas bella fuente de inspiracion para seguir adelante.

A mis hijos, Cesarito y Natalia que con su inocente presencia me alegran en todo momento.

A mi hermano Billy por facilitarme de manera oportuna los equipos necesarios para el desarrollo del trabajo de graduación.

A Ing. Edgar Orlando Mena por sus consejos oportunos.

CESAR

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por darme fuerza para seguir adelante.

A mi familia especialmente a mi madre que aunque ya no se encuentra conmigo siempre la llevaré en el corazón. A mi padre Mauricio Enrique por todos sus consejos y mis hermanos Lisseth Beatriz y Julio Ernesto por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A mi hermana adoptiva Dora Alicia por todos los sacrificios realizados para que se cumpliera el objetivo.

A mi madrina Nora, mis tías Julia y Lety, tíos, primos y primas y demás familia en general.

A mi esposa Silvia por su comprensión y ayuda desinteresada.

Al Ing. Edgar Orlando Mena por todos los permisos que nos otorgó y turnos que nos ayudó para culminar la carrera.

A mis compañeros César y Manuel por su apoyo mutuo y trabajo de equipo que nos permitió alcanzar nuestra meta.

MAURICIO

INDICE

Pag.

CAPITULO 1

SENSIBILIDAD DE LOS EQUIPOS A LAS PERTURBACIONES ELECTRICAS

INTRODUCCION Y OBJETIVO	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Marco de referencia para clasificar las perturbaciones	3
1.3 Origen de las perturbaciones	4
1.3.1 Conmutación de las cargas	6
1.4 Clasificación de los fenómenos	7
1.5 Transitorios	10
1.5.1 Transitorios impulsivos	10
1.5.2 Transitorios oscilantes	11
1.6 Variaciones de corta duración	13
1.6.1 Interrupciones	14
1.6.2 Sags	15
1.6.3 Swells	17
1.7 Variaciones de larga duración	17
1.7.1 Sobre-voltajes	18
1.7.2 Bajo-voltajes	19
1.7.3 Interrupciones sostenidas	19
1.7.4 Desbalance de voltaje	19
1.7.5 Distorsión de forma de onda	20
1.7.5.1 Offset DC	20
1.7.5.2 Armónicos	21
1.7.5.3 Interarmónicos	21
1.7.5.4 Notching	22
1.7.5.5 Ruido	22
1.7.6 Fluctuaciones de voltaje	23
1.7.7 Variaciones en la frecuencia del sistema	24
Conclusiones del capítulo	25
Recomendaciones	26

CAPITULO 2**DISEÑO DE LA INTERFASE PARA EL CIRCUITO SIMULADOR DE PERTURBACIONES ELECTRICAS**

INTRODUCCION Y OBJETIVOS	28
2.1 Diagrama de bloques	29
2.2 Interface Básica de salida	29
2.2.1 Criterios de selección de componentes	30
2.3 Aspectos básicos de la configuración de la interface	30
2.3.1 Rangos de direcciones en los dispositivos de entrada y salida en una PC	30
2.3.2 Mapa de entrada salida (E/S) de la PC	31
2.3.3 Temporización	32
2.3.4 Ciclo de bus en una operación de escritura en un puerto de E/S	33
2.4 Decodificador	33
2.5 Convertidor digital-anaógico	36
2.5.1 Descripción general del convertidor (DAC0806)	36
2.6 Amplificador de audio	36
2.6.1 Clases de funcionamiento	37
Conclusiones del Capítulo	38
Recomendaciones	39
Referencias bibliográficas	40

CAPITULO 3**PRUEBAS DE HOMOLOGACION EN BASE A LA CURVA CBEMA Y CRITERIOS DE SELECCION DE COMPONENTES Y AMBIENTE DE PROGRAMACION**

INTRODUCCION Y OBJETIVOS	41
3.1 Descripción de la curva CBEMA	42

3.2	Descripción del formato e introducción de datos para El Simulador de Perturbaciones Eléctricas	44
3.3	Procedimiento para prueba de equipos e interpretación de resultados	48
3.4	Criterios de selección para el ambiente de programación	50
	Conclusiones del capítulo	51
	Recomendaciones	52
	Referencias bibliográficas	53

CAPITULO 4

TABULACION Y CURVAS OBTENIDAS DE PRUEBAS REALIZADAS A EQUIPOS

	INTRODUCCION Y OBJETIVO	54
4.1	Tabulación de datos para la obtención de la curva CBEMA	55
4.2	Explicación de resultados obtenidos	56
	Curva CBEMA correspondiente a un Simatic S7-200	58
	Curva CBEMA correspondiente a un bombillo de ahorro energético de 17 watts G.E.	59
	Curva CBEMA correspondiente a un relé	60
	Conclusiones del capítulo	61
	Recomendaciones	62
	Referencias bibliográficas	63
	 Conclusiones Generales	 64
	Recomendaciones Generales	65
	Apéndices	66
	Apéndice A	67
	Apéndice B	72

PREFACIO

En la actualidad no se da la importancia necesaria al problema de la calidad del suministro de energía a pesar de las consecuencias que se tienen cuando el abonado es afectado por estas variaciones.

El trabajo desarrollado en esta oportunidad tiene como objetivo final crear un simulador de perturbaciones eléctricas capaz de generar las perturbaciones eléctricas más severas en equipos eléctricos y electrónicos. De esta forma el simulador permitirá determinar el área de vulnerabilidad y de operatividad de cualquier dispositivo bajo prueba.

Los problemas de compatibilidad electromagnética (EMC por sus siglas en inglés) en sistemas de potencia tienen una importancia creciente debido a la instalación de equipo (eléctrico y electrónico) sensible. Existen varias categorías de fenómenos electromagnético que afectan el funcionamiento de equipo sensible. La categoría de fenómenos más problemáticos la constituyen las perturbaciones del valor rms (raíz del promedio de los cuadrados) de voltaje.

Estos fenómenos se dividen en disminuciones del valor rms, incrementos del valor rms, e interrupciones. Estos fenómenos se clasifican también de acuerdo a su duración. Es importante conocer la sensibilidad de los equipos eléctricos y electrónicos cuando son expuestos a los fenómenos electromagnéticos citados.

RESUMEN

El trabajo desarrollado consistió en diseñar e implementar un prototipo de laboratorio que permite simular las perturbaciones eléctricas más severas. Esto permite definir los niveles de susceptibilidad aceptables para los equipos bajo pruebas. Para el caso se construyó una tarjeta interface que permite comunicar el software con los dispositivos de salida. Para la elaboración del prototipo se utilizaron elementos que respondieron a los requerimientos de velocidad y compatibilidad necesarios para operar con el puerto de salida.

De manera general el trabajo desarrollado se contempla en los siguientes capítulos:

I. SENSIBILIDAD DE LOS EQUIPOS A LAS PERTURBACIONES ELÉCTRICAS

Se definieron los distintos tipos de fenómenos electromagnéticos que afectan el funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos, así como su caracterización.

II. DISEÑO DE LA INTERFACE PARA EL CIRCUITO SIMULADOR DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS

Se definen los detalles de construcción y programación del software, hardware y la forma de simulación y control de las perturbaciones. El dispositivo simula las perturbaciones más problemáticas (Sags, Swells e Interrupciones) teniendo control tanto en magnitud como en tiempo.

III. PRUEBAS DE HOMOLOGACIÓN EN BASE A LA CURVA CBMA

Basándose en la curva CBMA, desarrollada por Computer Business Manufacturers Association en la cual se demuestra que la sensibilidad de una carga depende de la duración del Sags, se probaron equipos disponibles en el mercado.

IV. PROCEDIMIENTOS DE ACREDITACIÓN DE PRUEBAS EN EQUIPOS

Se definieron y se desarrollaron procedimientos para poder acreditar las pruebas realizadas con el Simulador en algunos equipos sensibles a las perturbaciones, todo esto con el fin de definir los niveles de susceptibilidad aceptables para los equipos.

CAPÍTULO I

SENSIBILIDAD DE LOS EQUIPOS A LAS PERTURBACIONES ELECTRICAS

INTRODUCCION

Para iniciar el estudio de las perturbaciones eléctricas que se tratarán en este capítulo, presentamos la información referente a los conceptos y clasificaciones de los diferentes fenómenos eléctricos que pueden presentarse en un sistema de distribución de energía eléctrica, esta información es necesaria para comprender estos fenómenos, sus orígenes y repercusiones sobre la carga.

Los fenómenos electromagnéticos puede ser definidos como una desviación en la magnitud del voltaje y en la frecuencia, con respecto a una señal de voltaje senoidal pura. Estos fenómenos pueden afectar desde la entrega de potencia eléctrica a los equipo así como en su funcionamiento. Al analizar la sensibilidad de los equipos ante los fenómenos electromagnéticos, es importante contar con la referencia adecuada para tal fin, ya sea con la curva CBMA donde se determina el área de vulnerabilidad o con procedimientos adecuados en los cuales se determine como un equipo es afectado cuando son expuestos a los fenómenos electromagnético.

Los costos de los fenómenos eléctricos Sags, Swells e Interrupciones se han incrementado abruptamente en los últimos años lo que ha originado mayor grado de atención para los diferentes fabricantes de equipos para garantizar la operatibilidad correcta de sus productos ante tales situaciones.

OBJETIVO

Definir y caracterizar todos los conceptos que describen los fenómenos electromagnéticos que se incluyen como perturbaciones en la Norma IEEE 1159.

1.1. ANTECEDENTES

El término "Calidad del Suministro" relaciona una serie de parámetros los cuales pueden caracterizar el comportamiento del voltaje y la corriente en un punto determinado de la red de servicio, esto es importante si se tiene claro que el suministro de energía esta sujeto a una serie de variaciones que pueden afectar el funcionamiento de los equipos.

Cuando nos referimos a la Calidad del Suministro es importante tomar en consideración las variaciones y las perturbaciones que se dan dentro de cualquier sistema de potencia. Al hablar de perturbaciones hablamos de fallas momentáneas a la frecuencia de operación del sistema (60 Hz); mientras que las variaciones se refieren a todas las condiciones anormales que pueden afectar el comportamiento de las características del voltaje y la corriente. (distorsión armónica).

Por lo tanto el objetivo que se persigue con este trabajo es simular las perturbaciones mas y cuantificar los efectos que se generan en los equipos. Bajo tal propósito se diseñará y construirá un Simulador de Perturbaciones el cual tendrá la capacidad de generar las perturbaciones más severas.

A manera introductoria sabemos que el voltaje producido por las centrales generadoras de energía es de tipo senoidal, con una frecuencia de 60 Hz que es llamada frecuencia fundamental, figura 1.1.

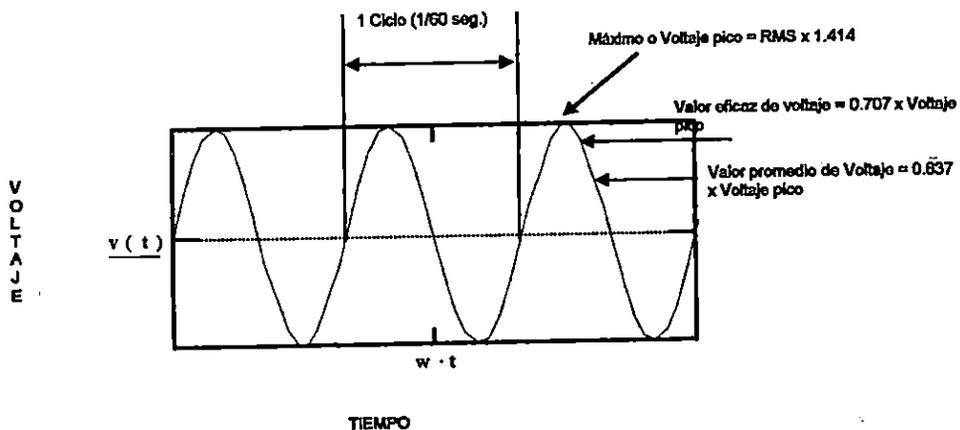


Figura 1.1 Forma de onda del voltaje senoidal.

Tres elementos son necesarios para que una perturbación eléctrica pueda producirse: una fuente, un medio de acople y un receptor, figura 1.2.

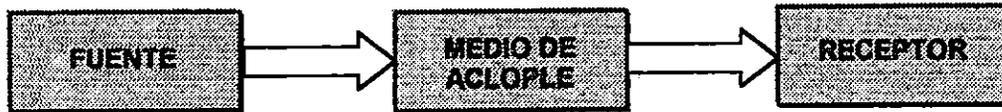


Figura 1.2 Elementos relacionados con los problemas de perturbaciones

El advenimiento de la conversión de potencia haciendo uso de la electrónica, ha sido ampliamente elogiada por los usuarios, pero desde el punto de vista de la calidad de suministro de energía, no ha sido bien visto el uso de esta tecnología. Las muchas ventajas de los dispositivos de estado sólido, que han hecho posible la conmutación de fuentes de suministro, rectificadores, inversores, y otras diversas aplicaciones como el calentamiento por inducción a altas frecuencias y los manejadores ajustables de velocidad, contrastan con algunos inconvenientes que causan, como la generación de corrientes armónicas y el papel de fuentes adicionales de caídas de voltaje de línea. Así, además de los disturbios generados por la operación normal de entrega a los abonados y carga de equipos, los disturbios resultantes de las nuevas cargas electrónicas deberán ser tomadas en consideración. En la actualidad una cantidad importante de armónicos en las líneas de distribución son causados por distintas cargas, tales como rectificadores y controladores de estado sólido para motores de velocidad ajustable. Al mismo tiempo, un número creciente de usuarios están usando equipo altamente sensible, como computadoras y PLCs cuya operación puede ser seriamente afectada por los armónicos presentes en su sistema de alimentación.

1.2 MARCO DE REFERENCIA PARA CLASIFICAR LAS PERTURBACIONES

Cuatro parámetros de los sistemas de potencia: frecuencia, amplitud, forma de onda y simetría pueden servir como un marco de referencia para clasificar los disturbios de acuerdo a su impacto en la calidad de la potencia disponible. Sus impactos se pueden resumir en la siguiente tabla:

DISTURBIO	IMPACTO
En frecuencia	Son raros en los sistemas útiles conectados, pero los sistemas de distribución basados en grupos motor-generador pueden experimentar variaciones en frecuencia debido a variaciones en las cargas y mal funcionamiento de equipos.
En amplitud	Pueden ocurrir en varias formas y su descripción está estrechamente asociada con su duración. Su rango varía entre duraciones extremadamente breves, hasta condiciones de estado estable, volviendo su descripción y definición dificultosa, hasta controversial a veces. Sus causas y efectos necesitan un examen cercano para entender el mecanismo y para definir una solución apropiada.
En forma de onda	Ocurren cuando cargas no lineales extraen una corriente del sistema que no es senoidal. Podrían ser descritas también como una variación en amplitud o como una variación de forma de onda momentánea, pero el enfoque dado al significado del término es una variación de estado estable de la forma de onda de al menos algunos ciclos. Este tipo de disturbios pueden ser descritos como una distorsión armónica porque es fácil analizarlos como la superposición de armónicos a la frecuencia nominal del sistema de potencia.
Asimetrías	Son también llamadas desbalance, y ocurren cuando cargas monofásicas desbalanceadas son conectadas a un sistema trifásico y causa una pérdida de simetría. Este tipo de disturbios está ligado principalmente a máquinas rotatorias y rectificadores trifásicos y como tales no se les presta la atención debida. Es importante, sin embargo, para los diseñadores y para los usuarios. El porcentaje por el cual el voltaje de una fase difiere del promedio de las otras tres, es la descripción usual de este tipo de disturbios.

1.3 ORIGEN DE LOS DISTURBIOS.

El buscar una explicación para el origen de los fenómenos electromagnéticos nos lleva a las siguientes interpretaciones:

- La primera interpretación se refiere a la fuente y origen del disturbio, y si ésta es externa o interna al sistema de potencia en particular. Típicamente, el límite de un sistema de potencia está definido de acuerdo a la ubicación del medidor watt-hora y la referencia es hecha al "lado útil del medidor" (fuente externa) o al "lado en uso del medidor" (fuente interna).
- De acuerdo a otra interpretación, el término se refiere a la naturaleza de la fuente. El disturbio es entonces descrito en términos técnicos, tales como conmutación de cargas, descarga, fallas en el sistema de potencia y cargas no lineales. Dependiendo de las condiciones locales una puede ser más importante que la otra, pero todas necesitan ser reconocidas. El mecanismo envuelto en la generación de los disturbios también determina dónde la ocurrencia será aleatoria o permanente, impredecible o fácil de definir.

La primera interpretación se debe a la necesidad de asignar responsabilidades para el problema, y posiblemente de un remedio. La segunda interpretación es motivada por la necesidad de entender el problema y desarrollar un remedio técnico correcto. Cuando se discute el problema entre las partes involucradas, los distintos puntos de vista deben ser reconocidos. La tendencia de la mayoría de usuarios es atribuir la mayoría de sus problemas sobre disturbios a la compañía distribuidora y la fuente de suministro usada y no se dan cuenta que muchas otras fuentes de disturbios están localizadas dentro de su propio sistema y son atribuibles al uso de sus equipos. Finalmente, existen fuentes de disturbio o errores del sistema, no asociados con la entrada de poder del equipo, tales como descargas electrostáticas a la cubiertas de equipos o cables, interferencia electromagnética radiada, diferencias de potencias a tierra y errores de operación.

Algunos disturbios ocurren de manera aleatoria y no son predecibles para un sitio dado, sin embargo la información estadística puede ser útil en su ocurrencia. Otros disturbios, especialmente aquellos asociados con la operación de otros equipos pueden ser predecibles y son repetitivos, y por lo tanto pueden ser observados llevando a cabo el ciclo operativo del equipo.

Las sobretensiones por descargas atmosféricas son el resultado de golpes directos a los conductores del sistema de potencia, así como de efectos indirectos. Los primeros inyectan la corriente total de descarga al sistema. Los rangos de amplitudes varían desde unos pocos miles de amperios hasta unos pocos cientos de miles de amperios. Sin embargo, los rápidos cambios de corriente a través de la impedancia de los conductores, producen un alto voltaje que causan descargas secundarias a tierra desviando alguna corriente aún en la ausencia de un desviador intencional. Como resultado, el equipo conectado al final de los conductores está raramente expuesto a la corriente de descarga completa. Los efectos indirectos incluyen Sobre-Voltajes inducidos en lazos formados por conductores y aumento de voltajes resultantes de la corriente de descarga en redes de tierra.

Los efectos de las descargas al sistema de potencia pueden activar protectores de sobretensión, produciendo desde una reducción severa, hasta la pérdida completa de voltaje en el sistema de potencia para un medio ciclo. Una descarga eléctrica en los aisladores de línea pueden disparar un interruptor que tenga un retardo para cierre y apertura para varios ciclos, causando así una pérdida momentánea de potencia. Por lo tanto, las descargas pueden ser la causa obvia de sobre voltajes cercanos al punto de impacto, pero también es menos probable que cause una pérdida de voltaje a una distancia considerable desde el punto de impacto.

La inducción de Sobre-Voltajes por descargas atmosféricas es menos problemática pero más frecuente. Las características de los Sobre-Voltajes resultantes están influenciados no sólo por la fuerza que los origina y maneja (el campo electromagnético), sino también por la respuesta del sistema de potencia en particular.

1.3.1 CONMUTACION DE CARGAS.

Es la mayor fuente de disturbios. Siempre que un circuito que contiene capacitancias e inductancias es conectado o desconectado, un disturbio transitorio ocurre debido a que el voltaje y la corriente no alcanzan su valor nominal instantáneamente. Este tipo de disturbio es inherente y su severidad depende del nivel de potencia relativa de la carga, que está siendo conmutada y de la corriente de corto-circuito del sistema de potencia en el cual la conmutación tiene lugar.

La conmutación de grandes cargas puede producir cambios de voltaje de larga duración más allá de la respuesta transitoria inmediata del circuito, además la ocurrencia de disturbios por conmutación de cargas es en alguna manera predecible, pero no necesariamente bajo condiciones controladas.

Las fallas en los sistemas de potencia pueden ocurrir en ambos lados del medidor, como resultado de fallas en el equipo o causas externas (colisiones de vehículos, tormentas, errores humanos). Estos disturbios pueden variar desde una reducción momentánea de voltaje hasta una pérdida completa de la potencia por minutos, horas o días. Su origen accidental la hace impredecible.

Las cargas no lineales originan corrientes no senoidales en el sistema de potencia aún si el voltaje del sistema de potencia es completamente senoidal. Estas corrientes producen caídas de voltaje no senoidales a través de la impedancia del sistema de alimentación en el cual la onda senoidal producida por la planta generadora se distorsiona.

1.4 CLASIFICACION DE LOS FENÓMENOS

La IEC¹ clasifica los fenómenos electromagnéticos en varios grupos tal como se muestra en la tabla 1. Los términos alta y baja frecuencia no son definidos en términos de un rango específico de frecuencias, pero tienen el propósito de indicar la diferencia relativa en el contenido de frecuencias entre los fenómenos listados en cada categoría.

La norma 1159 de la IEEE utiliza algunos términos relativos a la terminología IEC. Así el término Sag es usado por la comunidad Power Quality como un sinónimo del término Dip (IEC). La categoría variaciones de corta duración es usado para referirse a Dips de voltaje e interrupciones cortas. El término Swell es introducido como un inverso de Sag. La categoría variaciones de larga duración han sido incluidos de manera que sean compatibles con los límites C84.1 de ANSI². La categoría distorsión de forma de onda es usada como una categoría que contiene a los armónicos, interarmónicos en redes AC o DC, así como el fenómeno adicional Notching de IEEE 519. En la tabla 2 se muestran las distintas categorías de fenómenos electromagnéticos usados por la comunidad Power Quality International.

Los fenómenos clasificados por la IEC se describen mejor listando ciertos atributos, así para estado estable pueden ser usados los siguientes atributos.:

- Amplitud.
- Frecuencia.
- Espectro.
- Modulación.
- Impedancia de la Fuente.
- Profundidad de Punto.

Para estado no estable pueden requerirse otros atributos como:

- Coeficiente de Rizado.
- Amplitud.
- Duración.
- Espectro.
- Razón de Ocurrencia.
- Impedancia de la Fuente.

Las categorías para los distintos fenómenos y sus descripciones son de gran importancia debido a que facilitan la clasificación de resultados obtenidos a partir de medidas realizadas en pruebas de laboratorio, y para describir fenómenos electromagnéticos que puedan causar problemas de Calidad de Suministro (Power Quality).

¹ International Electronic Commite

² American National Standart Institute

Conducidos por fenómenos de baja frecuencia
Armónicos, interarmónicos
Señal del sistema (línea portadora de potencia)
Fluctuaciones de voltaje
Declives de voltaje e interrupciones
Desbalance de voltaje
Variaciones de frecuencia-potencia
Inducciones de voltaje de baja frecuencia
DC en circuitos AC
Fenómenos radios en baja frecuencia
Campos magnéticos
Campos eléctricos
Conducidos por fenómenos de alta frecuencia
Ondas continuas inducidas de voltajes o corriente
Transientes unidireccionales
Transientes oscilatorios
Fenómenos radios en alta frecuencia
Campos magnéticos
Campos eléctricos
Campos electromagnéticos
Ondas continuas
Transientes
Fenómenos de descargas electrostáticas (ESD)
Pulsos electromagnéticos nucleares (NEMP)

Tabla 1. Principales fenómenos causados por Perturbaciones Electromagnéticas según IEC.

Categoría	Contenido Espectral Típico	Duración Típica	Magnitud Típica de Voltaje
1.0 Transitorios			
1.1 Impulsivos			
1.1.1 Nanosegundos	Elevación de 5 ns	< 50 ns	
1.1.2 Microsegundos	Elevación de 1µs	50 ns - 1 ms	
1.1.3 Milisegundos	Elevación de 0.1 ms	> 1 ms	
1.2 Oscilatorios			
1.2.1 Baja Frecuencia	< 5 KHz	0.3 50 ms	0 - 4 pu
1.2.2 Media Frecuencia	5 - 500 KHz	20 µs	0 - 8 pu
1.2.3 Alta Frecuencia	0.5 - 5 MHz	5 µs	0 - 4 pu
2.0 Variaciones de Corta duración			
2.1 Instantáneas			
2.1.1 Sag			
2.1.1 Swell		0.5 - 30 ciclos	0.1 - 0.9 pu
2.2 Momentáneas			
2.2.1 Interrupción		0.5 - 30 ciclos	1.1 - 1.8 pu
2.2.2 Sag		0.5 ciclos - 3 s	< 0.1 pu
2.2.3 Swell		30 ciclos - 3 s	0.1 - 0.9 pu
2.3 Temporales			
2.3.1 Interrupción		30 ciclos - 3 s	1.1 - 1.4 pu
2.3.2 Sag		3 s - 1 min	< 0.1 pu
2.3.3 Swell		3 s - 1 min	0.1 - 0.9 pu
		3 s - 1 min	1.1 - 1.2 pu
3.0 Variaciones de Larga Duración			
3.1 Interrupción, Sostenida		> 1 minuto	0.0 pu
3.2 Bajo Voltaje		> 1 minuto	0.8 - 0.9 pu
3.3 Sobre-Voltaje		> 1 minuto	1.1 - 1.2 pu
4.0 Desbalance de Voltaje		Estado estable	0.5 2%
5.0 Distorsión de Forma de Onda			
5.1 Compensamiento DC			
5.2 Armónicos	0 - 100 Armónico	Estado estable	0 - 0.1 %
5.3 Entre Armónicos	0 - 6 KHz	Estado estable	0 - 20 %
5.4 Ranuración		Estado estable	0 - 2 %
5.5 Ruido	Banda Ancha	Estado estable	0 - 1 %
6.0 Fluctuaciones de Voltaje	< 25 Hz	intermitente	0.1 - 7%
7.0 Variaciones de Frecuencia		< 10 s	

Tabla 2 Categorías y Características Típicas de Fenómenos Electromagnéticos

1.5 TRANSITORIOS

El término transitorio ha sido usado en el análisis de variaciones en sistemas de potencia. Su nombre inmediatamente nos da la noción de un evento que es indeseable, pero momentáneo por naturaleza. El estándar 100-1992 de IEEE donde se define el transitorio refleja este concepto. La definición principal usa la palabra rápido y habla de frecuencias arriba de los 3 MHz cuando se define el transitorio en el contexto de sistemas de evaluaciones de cables en subestaciones. La noción de un transitorio oscilatorio amortiguado debido a una red RLC es mencionada y éste es el concepto que la mayoría de ingenieros asocian al oír la palabra transitorio.

El estandar 100-1984 de IEEE se define el transitorio de la manera siguiente: es la parte del cambio de una variable que desaparece durante la transición de una condición de operación de estado estable a otra. Los transitorios pueden ser clasificados en dos grandes categorías: impulsivos y oscilatorios.

1.5.1 TRANSITORIOS IMPULSIVOS.

Un transitorio impulsivo es un cambio repentino en la condición de estado estable del voltaje, corriente o ambos, que es unidireccional en polaridad (positivo o negativo).

Este tipo de transitorios están caracterizados normalmente por su tiempo de caída y rizado. Estos fenómenos también pueden ser descritos por su contenido espectral. La causa más común de los transitorios impulsivos son las descargas eléctricas. En la figura 1.3 se muestra un transitorio impulsivo de corriente causado por una descarga eléctrica.

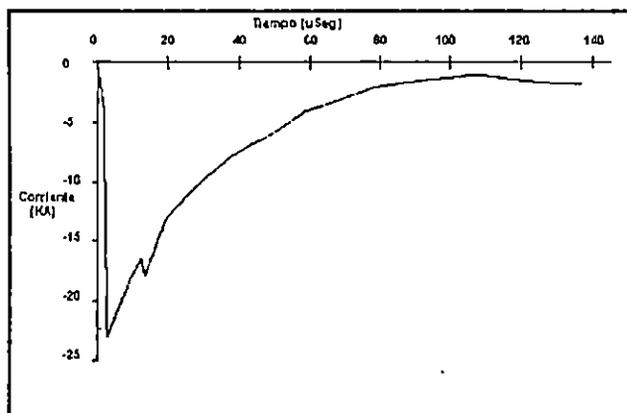


Figura 1.3.

Debido a las altas frecuencias involucradas, los transitorios impulsivos son amortiguados rápidamente por los componentes resistivos de un circuito y no son trasladados lejos de su fuente de origen. Pueden existir diferencias significativas en las características transitorias de una localidad, dentro de un sistema en particular, a otra. Los transitorios impulsivos pueden excitar circuitos resonantes en sistemas de potencia y producir el siguiente tipo de disturbio: los transitorios oscilantes.

1.5.2 TRANSITORIOS OSCILANTES.

Un transitorio oscilante es un cambio repentino en la frecuencia, en condición de estado estable, del voltaje, corriente o ambos, que incluye ambos valores de polaridad: negativa y positiva.

Un transitorio oscilante consiste en un voltaje o corriente cuyos valores instantáneos cambian de polaridad rápidamente. Estos fenómenos son descritos por su contenido espectral (frecuencia predominante), su duración y magnitud. Los rangos de frecuencia para la clasificación son escogidos para coincidir con los fenómenos transitorios oscilantes comunes.

Este tipo de fenómenos pueden ser medidos con o sin la componente de frecuencia fundamental incluida. Cuando el transitorio es caracterizado, es importante indicar la magnitud con y sin la componente fundamental. Si la componente de frecuencia primaria es mayor que 500 KHz y con una duración típica medida en microsegundos (o muchos ciclos de la frecuencia principal) entonces se considera al fenómeno como un transitorio oscilante de alta frecuencia. Este tipo de transitorios se deben, en la mayoría de casos, a algún tipo de evento de conmutación. Los transitorios oscilantes de alta frecuencia son a menudo el resultado de la respuesta de un sistema local a un transitorio impulsivo.

Los dispositivos electrónicos de potencia producen transitorios oscilantes de voltaje, como resultado de la conmutación y de la acción de circuitos RLC amortiguados. Los transitorios pueden ser en el rango de grandes KHz; y tener razones de repetición de muchas veces por ciclo y magnitudes de 0.1 p.u. (menos de la componente de 60 Hz). Un transitorio con una componente de frecuencia primaria entre 5 y 500 KHz con una duración en el orden de microsegundos (o algunos ciclos de la frecuencia principal) son llamados transitorios de frecuencia media.

La energización de capacitores interconectados origina corrientes transitorias oscilatorias en el orden de los KHz. Este fenómeno ocurre cuando un banco de capacitores se energiza en las cercanías de un circuito cerrado próximo contiguo a otro banco de capacitores que ha estado en servicio. El banco energizado mira al desenergizado como una trayectoria de baja impedancia (limitado únicamente por

la inductancia del bus por el cual los bancos están conectados, típicamente de un bajo valor). En la figura 1.4 se muestra un transitorio de corriente debido al fenómeno descrito anteriormente.

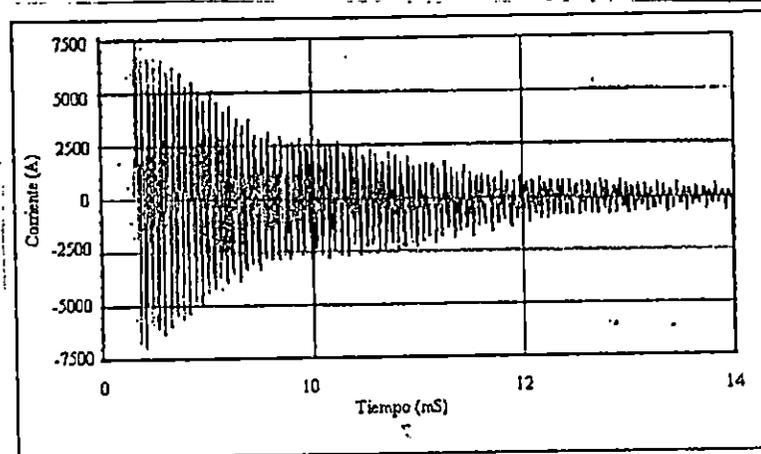


Figura 1.4.

Un transitorio con una componente de frecuencia primaria de menos de 5 KHz y una duración desde 0.3 a 50 ms es considerado como un transitorio de baja frecuencia.

Este tipo de fenómenos se presentan comúnmente en sistemas de distribución y subtransmisión y es causado por una gran variedad de eventos, siendo el más común la energización de bancos de capacitores. La energización de estos bancos típicamente resulta en un transitorio de voltaje oscilatorio con una frecuencia primaria comprendida entre 300 y 900 Hz. El transitorio tiene una magnitud pico que puede alcanzar los 2.0 p.u. pero típicamente es de 1.3 a 1.5 p.u. entre los últimos 0.5 y 3 ciclos, dependiendo del tipo de amortiguación del sistema, tal como se muestra en la figura 1.5.

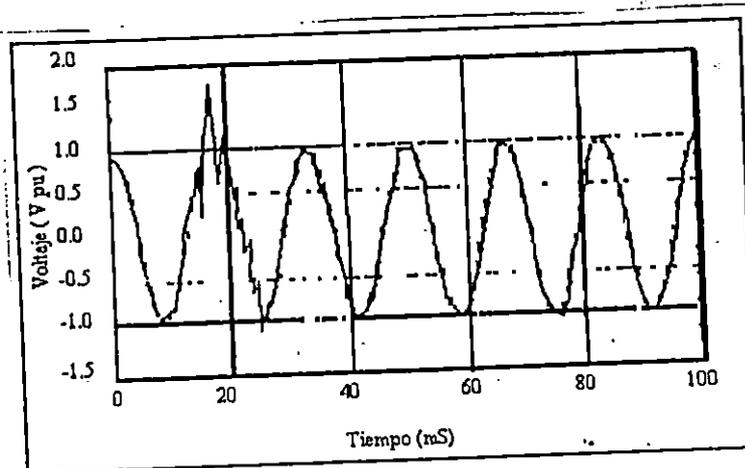


Figura 1.5

Los transitorios oscilantes con una componente de frecuencia menor a 300 Hz pueden ser encontrados en los sistemas de distribución. Estos típicamente están relacionados con la ferresonancia y energización de transformadores. Algunos transitorios asociados con capacitores en serie pudieran también caer en esta categoría.

1.6 VARIACIONES DE CORTA DURACIÓN.

Esta categoría comprende las categorías de voltaje Dips e interrupciones cortas según IEC, así como su contraparte: el Swell. Cada tipo de variación puede ser designada como instantánea, momentánea o temporal dependiendo de su duración.

Las variaciones de voltaje de corta duración son casi siempre causadas por condiciones de falla, la energización de grandes cargas las cuales requieren elevadas corrientes iniciales, o pérdidas intermitentes de conexión en la red de potencia. Dependiendo de la localización de la falla y de las condiciones del sistema, la falla puede causar rizados de voltaje temporales (Swells), caídas de voltaje (Sags) o una pérdida completa de voltaje (interrupciones).

La condición de falla puede ser cercana o remota al punto de interés. En cualquier caso, el impacto sobre el voltaje durante la condición actual de falla es una variación de corta duración.

1.6.1 INTERRUPCIONES.

Una interrupción ocurre cuando el voltaje de suministro o la corriente de carga decrece a menos del 0.1 p.u. por un período de tiempo que no exceda 1 minuto.

Las interrupciones pueden ser el resultado de fallas en el sistema de potencia, fallas en equipos y controles defectuosos. Las interrupciones son medidas por su duración debido a que la magnitud del voltaje es siempre menor que el 10% del valor nominal. La duración de una interrupción debido a una falla en el sistema es determinado por los dispositivos de protección utilizados y el evento en particular que está causando la falla. La duración de una interrupción debido a mal funcionamiento de equipo o pérdida de conexión puede ser irregular.

Algunas interrupciones pueden ser precedidas por un Sag de voltaje cuando estas son originadas por fallas en la fuente de alimentación del sistema. El Sag de voltaje ocurre entre el tiempo en que la falla inicia y el dispositivo de protección actúa. En el alimentador, en condición de falla, las cargas experimentarán un Sag de voltaje, seguida inmediatamente por una interrupción. La duración de la interrupción dependerá de la capacidad de reconexión del dispositivo protector. Los cierres instantáneos generalmente limitarán la interrupción causada por una falla no permanente a menos de 30 ciclos. El retardo en el cierre del dispositivo protector puede causar una interrupción momentánea o temporal.

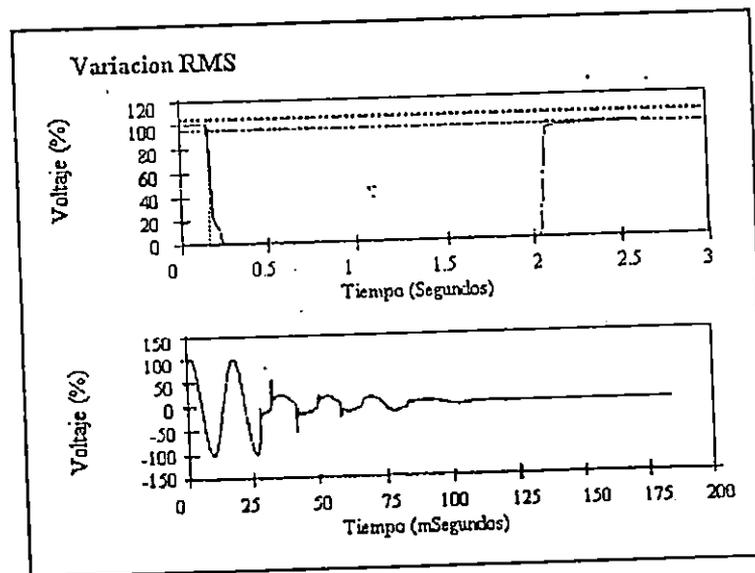


Figura 1.6

En la figura 1.6 se muestra una interrupción momentánea, donde se puede notar que el voltaje no cae instantáneamente a cero a causa de la interrupción del voltaje de suministro. Este voltaje residual puede ser debido a la fem (Fuerza Eléctromotriz) residual en el circuito donde se presenta la falla.

1.6.2 SAGS

Un Sag es un decremento en el voltaje o corriente RMS a la frecuencia del sistema con duraciones desde 0.5 ciclos a 1 minuto. Los valores típicos se encuentran entre 0.1 pu y 0.9 p.u.

La terminología usada para describir la magnitud de un Sag de voltaje es a menudo confusa. Un Sag de 20 % se puede referir a un Sag que resulta en un voltaje de 0.8 p.u. ó 0.2 p.u. para evitar confusiones se usará el voltaje remanente. Así un Sag del 80 % se refiere a un disturbio del cual resultó en un voltaje de 0.8 p.u. Cuando sea posible, también se debe especificar el nivel de voltaje nominal y de base.

Los Sags de voltaje están usualmente asociados con fallas en los sistemas y las fallas de línea-tierra (SLGF), son la causa más común de un Sag de voltaje en una planta industrial. Además éstos pueden ser causados por conmutación de cargas pesadas o el arranque de grandes motores.

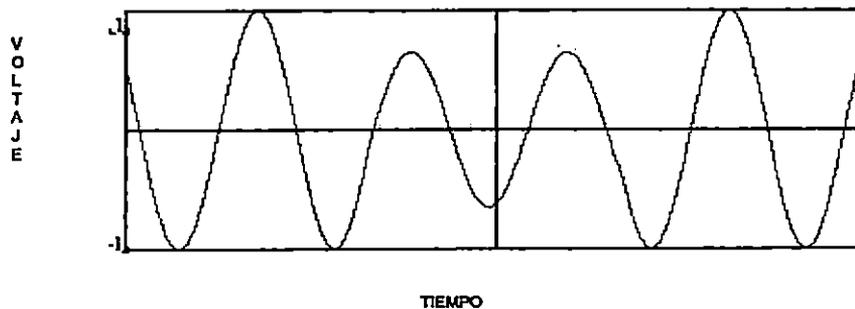


Figura 1.7 Voltaje Sags causado por una falla remota.

En la figura 1.7 se muestra un Sags de voltaje típico que puede ser asociado con una falla de línea a tierra. Los tiempos típicos de limpieza de este tipo de falla varía desde los tres a treinta ciclos, dependiendo de la magnitud de la corriente de falla y del tipo de detección de sobrecorriente e interrupción.

Los Sags de voltaje pueden también ser causados por cambios de cargas grandes o el arranque de motores, aunque estos últimos tienen una duración típica de alrededor de 30 ciclos, y la magnitud de voltaje asociada no es de mucha importancia, a pesar de que un motor de inducción tomará de 6 a 10

1.6.3 SWELL

Un Swell se define como un incremento en el voltaje o corriente RMS a la frecuencia del sistema con una duración desde 0.5 ciclos hasta 1 minuto. Su magnitud típica varía entre 1.1 p.u y 1.8 p.u. La magnitud de Swell es descrita también por el voltaje remanente, en este caso, siempre mayor que 1.0 p.u

Como sucede con los Sag, los Swells están asociados típicamente con condiciones de falla del sistema, pero son mucho menos comunes que un Sag de voltaje. Un Swell puede ocurrir debido a una sola falla de línea a tierra en el sistema, resultando en un rizado temporal en las fases que no están en falla. También pueden ser causados por la conmutación de una carga grande o de un banco de capacitores grandes. En la figura 1.9 se ilustra el Swell causado por una falla de línea a tierra.

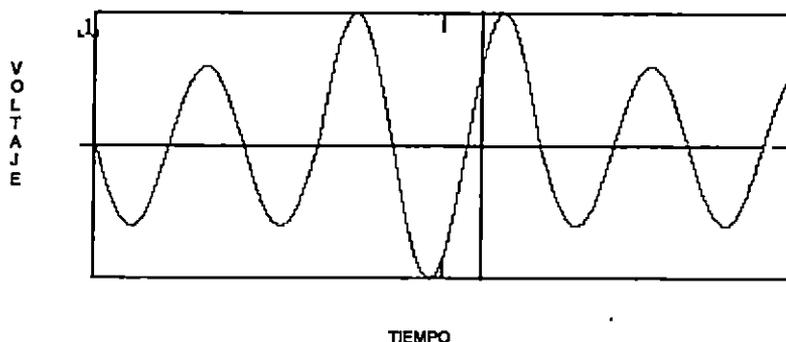


Figura 1.9 Aumento temporal de voltaje

Los Swells son caracterizados por su magnitud (valor RMS) y duración. La severidad de un Swell de voltaje durante una condición de falla es una función de la localización de la falla, la impedancia del sistema y de la red de tierra. Cerca de una subestación, en un sistema aterrizado, no habrá rizado de voltaje en las fases bajo condición de falla, debido a que los transformadores de la subestación usualmente están conectados en delta-estrella lo cual provee una trayectoria de baja impedancia de secuencia para la corriente de falla.

1.7 VARIACIONES DE LARGA DURACIÓN.

Las variaciones de larga duración comprenden desviaciones RMS a la frecuencia del sistema que excedan el minuto.

La norma **ANSI C84.1** especifica las tolerancias de voltaje de estado estable esperados en un sistema de potencia. Las variaciones de larga duración se consideran que están presentes cuando los límites especificados por **ANSI** son excedidos para tiempos mayores que 1 minuto.

Las variaciones de larga duración pueden ser de dos tipos:

- ◆ Sobre-Voltaje
- ◆ Bajo-Voltaje

Estos dos tipos de fenómenos no son causados, generalmente, por fallas en el sistema. Su causa son las variaciones de carga en el sistema y operaciones de conmutación en el mismo. Estas variaciones están caracterizadas por gráficos de voltaje RMS vrs. tiempo.

1.7.1 SOBRE-VOLTAJES

Un Sobre-Voltaje es un incremento en el voltaje RMS a la frecuencia del sistema, para una duración mayor que 1 minuto. Sus valores típicos son de 1.1. p.u. a 1.2. p.u.

Los Sobre-Voltajes pueden ser el resultado de la conmutación de cargas o debido a variaciones en la compensación reactiva del sistema (conmutación en un banco de capacitores). Capacidades pobres de regulación o control en el sistema de voltaje pueden también resultar en Sobre-Voltajes en el sistema. En la figura 1.10 se observa un Sobre-Voltaje típico.

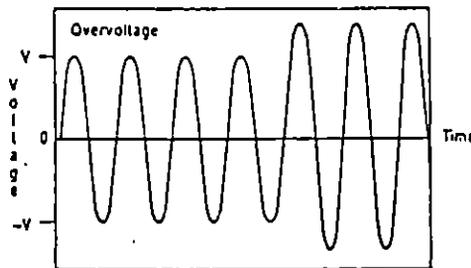


Figura 1.10 Sobre-Voltaje

1.7.2 BAJO-VOLTAJES.

Un Bajo-Voltaje es un decremento en el voltaje RMS a la frecuencia del sistema, para una duración mayor que 1 minuto. Su valor típico es de menos del 0.9 p.u.

Los Bajo-Voltajes son el resultado de eventos que son opuestos a los que causan los Sobre-Voltaje. Una conmutación de cargas para conexión o la desconexión de un banco de capacitores pueden causar un Bajo-Voltaje, hasta que el equipo de regulación de voltaje en el sistema puede hacer volver el voltaje dentro de la tolerancia permitida. Circuitos sobrecargados pueden resultar también en un Bajo-Voltaje.

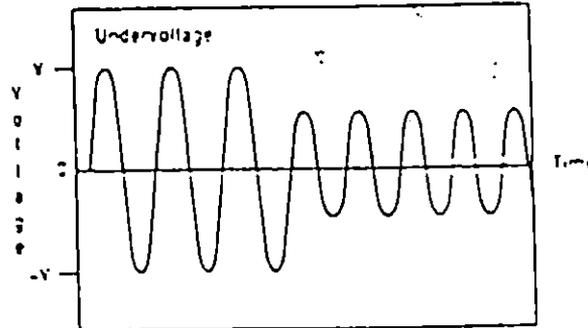


Figura 1.11 Bajo-Voltaje

1.7.3 INTERRUPCIONES SOSTENIDAS.

El decremento hasta cero del voltaje de suministro por un período de tiempo que exceda un minuto, es considerado como una interrupción sostenida. Este tipo de interrupción es a menudo por naturaleza permanente y requiere de una intervención manual para su restauración.

1.7.4 DESBALANCE DE VOLTAJE.

Se define como la razón de la componente negativa o de secuencia cero, a la componente de secuencia positiva. Los voltajes negativos o de secuencia cero en un sistema de potencia generalmente resultan de cargas desbalanceadas, causando el flujo de corrientes negativas o de secuencia cero. El desbalance se puede estimar como la máxima desviación del promedio de los voltajes o corrientes de las tres fases, expresado como un porcentaje.

La fuente primaria de los desbalance de voltaje menores del 2 % se deben a cargas monofásicas desbalanceadas en un circuito trifásico. También este tipo de fenómenos pueden ser el resultado de anomalías en bancos de capacitores, tales como la ruptura de un fusible en un banco monofásico o trifásico. Desbalances severos (mayores del 5 %) pueden resultar de condiciones monofásicas.

1.7.5 DISTORSION DE FORMA DE ONDA.

Se define como una desviación de estado estable, de la forma de onda senoidal ideal, caracterizada principalmente por el contenido espectral de la desviación.

Existen cinco tipos primarios de distorsión de forma de onda:

- ◆ Offset DC.
- ◆ Armónicos.
- ◆ Interarmónicos.
- ◆ Conmutación escalonada (notching).
- ◆ Ruido.

1.7.5.1 OFFSET DC.

La presencia de un voltaje o corriente DC en un sistema de potencia AC se conoce como offset de DC. Estos fenómenos pueden ocurrir como el resultado de disturbios geomagnéticos o por el efecto de la rectificación de media onda. Lámparas incandescentes de larga vida, por ejemplo, pueden consistir de diodos que reducen el voltaje RMS aplicado a la lámpara por medio de la rectificación de media onda. Las corrientes directas en redes de corriente alterna pueden ser dañinas debido a un incremento en la saturación del transformador, esfuerzos adicionales en el aislamiento y otros efectos adversos.

1.7.5.2 ARMONICOS

Los armónicos son voltajes o corrientes senoidales que tienen frecuencias que son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual el sistema de suministro está diseñado para operar (frecuencia fundamental, usualmente 50 o 60 Hz). Los armónicos combinados con el voltaje o corriente fundamental producen

distorsión de forma de onda. La distorsión armónica existe debido a las características no lineales de los dispositivos y cargas en los sistemas de potencia.

Estos dispositivos pueden ser usualmente modelados como fuentes de corriente que inyectan corrientes armónicas al sistema. La distorsión del voltaje ocurre debido a que estas corrientes causan caídas no lineales a través de la impedancia del sistema. La distorsión armónica tiene un interés creciente, tanto para clientes como para el conjunto de sistemas de potencia, debido al incremento en las aplicaciones de equipos electrónicos de potencia.

Los niveles de distorsión armónica pueden ser completamente caracterizados por el espectro armónico completo, con la magnitud y el ángulo de cada componente armónica individual. También es común usar una sola cantidad, la Distorsión Armónica Total, (THD) como una medida de la magnitud de la distorsión armónica.

Las corrientes armónicas resultan de la operación normal de dispositivos no lineales en los sistemas de potencia. Los niveles de distorsión de corriente pueden ser caracterizados por la distorsión armónica total (THD), como se describió anteriormente pero esto puede ser a menudo engañoso. Por ejemplo, muchos controladores ajustables de velocidad, tendrán un valor de Distorsión Armónica Total grande para la corriente de entrada cuando esté operando con cargas muy grandes. Esto no es de mucho interés, debido a que la magnitud de la corriente armónica es pequeña aún cuando su distorsión relativa sea grande.

1.7.5.3 INTERARMONICOS

Los voltajes o corrientes que tienen componentes de voltaje que no son múltiplos enteros de la frecuencia a la cual el sistema está diseñado para operar (50 o 60 Hz) son llamados interarmónicos. Estos pueden aparecer como frecuencias discretas o como un espectro de banda limpia.

Los interarmónicos pueden ser encontrados en redes de todas las clases de voltaje. La fuente principal de este tipo de fenómenos son los convertidores de frecuencia estáticos, convertidores de ciclo, motores de inducción y dispositivos de arco. Las señales portadoras en líneas de potencia pueden ser consideradas como interarmónicos. Los efectos de los interarmónicos no están muy bien conocidos, pero afectan las señales portadoras en líneas de potencia, además de inducir flicker en pantallas de dispositivos tales como los CRT.

1.7.5.4 NOTCHING.

El notching (escalonamiento conmutado) es una distorsión periódica de voltaje causada por la operación normal de dispositivos electrónicos de potencia, cuando la corriente es conmutada de una fase a otra.

El escalonamiento de voltaje representa un caso especial que podría ubicarse entre distorsión armónica y transitoria. Debido a que el escalonamiento conmutado ocurre continuamente (estado estable), este puede ser caracterizado por medio del espectro armónico del voltaje afectado. Sin embargo, las componentes de frecuencia asociadas con el escalonamiento pueden ser altas y pueden no ser realmente caracterizadas con equipos de medición normalmente usado para el análisis de armónicos.

Los convertidores trifásicos que producen corriente continua son la causa más importante del escalonamiento de voltaje. Los escalonamientos ocurren cuando la corriente conmuta de una fase a otra. Durante este período, existe un cortocircuito momentáneo entre las dos fases. La severidad del escalonamiento en cualquier punto del sistema está determinado por la inductancia de la fuente de suministro, y por la inductancia de aislamiento entre el convertidor y el punto que está siendo monitoreado. El Notching es descrito con detalle en IEEE 519-1992 y en la figura 1.12 se muestra un ejemplo de un escalonamiento de voltaje causado por la operación de un convertidor.

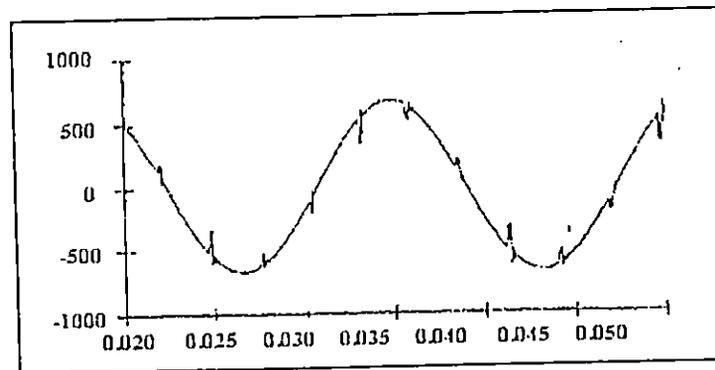


Figura 1.12 Notching.

1.7.5.5 RUIDO.

El ruido (noise) se define como una señal eléctrica indeseada con un ancho contenido espectral, menor que 200 Khz, superpuesta sobre el voltaje del sistema de potencia o corriente, en los conductores de las fases, o encontradas en conductores neutro o líneas de señales.

El ruido en los sistemas de potencia puede ser causado por dispositivos electrónicos de potencia, circuitos de control, equipo de soldadura, cargas con rectificadores de estado estable y por conmutaciones. Los problemas de ruido son a menudo originados por un sistema de tierra deficiente. Básicamente, el ruido consiste entonces en cualquier distorsión indeseada de la señal de potencia que no puede ser clasificada como distorsión armónica o transitorio.

El rango de frecuencia y los niveles de magnitud dependen de la fuente que produce el ruido y las características del sistema. Una magnitud típica del ruido es de menos del 1% de la magnitud de voltaje. El ruido influye grandemente en dispositivos electrónicos tales como microcomputadoras y controladores programables. El problema puede ser mitigado con filtros, transformadores de aislamiento, y algunos acondicionamientos de líneas.

1.7.6 FLUCTUACIONES DE VOLTAJE.

Estas son variaciones sistemáticas de la envolvente de voltaje de una serie de cambios aleatorios del mismo, la magnitud de tales variaciones normalmente no exceden el rango de voltaje especificado por **ANSI C84.1** de 0.95 p.u. hasta 1.05 p.u.

Cualquier carga que tenga variaciones significantes en tiempo, especialmente en la componente reactiva, puede causar fluctuaciones de voltaje. Cargas que exhiben variaciones rápidas y continuas en la magnitud de la corriente de carga pueden causar variaciones de voltaje, erróneamente referidas como flicker. El término flicker se refiere al impacto de una fluctuación de voltaje sobre la intensidad de iluminación. Las fluctuaciones de voltaje son un fenómeno electromagnético y el flicker es un resultado indeseable de este fenómeno.

Una causa común de las fluctuaciones de voltaje son los Hornos de Arco, tanto en los sistemas de distribución como en los de transmisión. La señal de voltaje es definida por esta magnitud rms expresada como un porcentaje de la señal fundamental. El flicker es medido con respecto a la sensibilidad del ojo humano.

Las fluctuaciones de voltaje generalmente aparecen como una modulación de la frecuencia fundamental, por lo tanto, es fácil definir una magnitud para la fluctuación de voltaje como la magnitud rms de la señal de modulación. Esta puede ser obtenida por la demodulación de la forma de onda, para remover la frecuencia fundamental y poder así medir la magnitud de las componentes de modulación. Típicamente, magnitudes pequeñas como 0.5 % pueden resultar en un flicker perceptible, si la frecuencia está en el rango de 6-8 Hz.

1.7.7 VARIACIONES EN LA FRECUENCIA DEL SISTEMA

Se definen como la desviación de la frecuencia fundamental del sistema de potencia de su valor nominal especificado.

La frecuencia del sistema de potencia está directamente relacionada con la velocidad de rotación de los generadores del sistema. en cualquier instante, la frecuencia depende del balance entre la carga y la capacidad de la generación disponible. Cuando este balance dinámico cambia, ocurren pequeños cambios en la frecuencia. El tamaño del cambio de frecuencia y de su duración, dependen de las características de carga y de la respuesta del sistema de generación a los cambios de carga. Las variaciones de frecuencia que están afuera de los límites aceptados para una operación normal de estado estable del sistema de potencia, son normalmente causadas por fallas en el sistema de transmisión, por la desconexión de un largo trayecto de cargas o por una fuente de generación que se está desconectando del sistema.

Las variaciones de frecuencia que afectan la operación de máquinas rotatorias, o procesos que derivan su sincronización del sistema de potencia (relojes) son raros en los sistemas de potencia modernos interconectados. Las variaciones en la frecuencia están mucho más propensas a ocurrir, cuando tal equipo está siendo alimentado por un generador aislado del sistema. en tales casos, la respuesta de la máquina gobernadora a los cambios abruptos en las cargas pueden ser no adecuados para la regulación dentro del estrecho ancho de banda requerido por el equipo sensible a la frecuencia. Los escalonamientos de voltaje pueden a veces causar errores en la frecuencia o sincronizado en máquinas electrónicas de potencia, las cuales cuentan cero cruces para la frecuencia o sincronizado, por lo tanto estos producen cruces por cero adicionales los cuales pueden producir errores en la frecuencia o sincronizado.

CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Los problemas de compatibilidad electromagnética en sistemas de potencia tienen una importancia creciente debido a la instalación de equipo eléctrico y electrónico sensible, de los cuales los más problemáticos los constituyen las perturbaciones del valor rms (raíz de los cuadrados perfectos) de voltaje; siendo estos los decrementos de voltaje Sags, incrementos de voltaje Swells e Interrupciones.

Debido a los altos costos de producción que conlleva los malos funcionamientos en los equipos a causa de las perturbaciones eléctricas es necesario tomar muy en cuenta todas las especificaciones que provee el fabricante y las precauciones respectivas a nivel ingenieril de tal manera de disminuirlos al máximo.

Las perturbaciones eléctricas se clasifican atendiendo múltiples criterios, sin embargo desde el punto de vista de la seguridad de los equipos, los criterios más importantes son de acuerdo a su magnitud y duración, ya que de esto depende la evaluación que se pueda hacer sobre los efectos que causan cada uno de los distintos disturbios en las cargas.

Se concluye que los fenómenos eléctricos Sags y Swells generalmente son el resultado de fallas en el sistema de distribución de potencia y causadas además por variaciones de carga en el sistema (entrada o salida de equipos).

RECOMENDACIONES

Debido a que en la actualidad no se da mayor importancia a los problemas relacionados con la calidad de suministro, debe hacerse más énfasis en buscar una solución integral que minimice los efectos generados en los equipos y establecer responsabilidades que el problema suscita y al mismo tiempo plantear soluciones.

En vista del incremento de las fallas generadas en los sistemas de potencia se hace necesario crear un ente que regule y al mismo tiempo que aplique sanciones de tal manera de obligar a las empresas distribuidoras a mejorar el servicio a los abonados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ◆ IEEE Standar Department, Recommended Practice on Monitoring Electric Power Quality P1159/D6, December 22, 1994.
- ◆ IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment.

CAPITULO II

DISEÑO DE LA INTERFACE PARA EL CIRCUITO SIMULADOR DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS

INTRODUCCION

Una vez identificados y definidos los conceptos de los fenómenos a ser monitoreados queda por definir los algoritmos y procedimientos para el monitoreo de variables, los cuales se tratarán en este capítulo

Los detalles de construcción (Hardware) y programación (Software) del Simulador de Perturbaciones Eléctricas son detallados en este capítulo como también la simulación y control tanto en magnitud y tiempo de las perturbaciones eléctricas. El dispositivo ejecutará las perturbaciones más problemáticas Sags, Swells e Interrupciones manejadas desde la computadora por el usuario para la prueba de dispositivos eléctricos.

El objetivo de las pruebas es determinar con exactitud el área de sensibilidad del equipo eléctrico o electrónico en relación a las perturbaciones eléctricas. Lo anterior nos garantizará los límites óptimos de operabilidad de los equipos bajo los fenómenos en estudio.

A través de un Diagrama de Bloques generalizado se tratarán las diferentes partes o componentes de que consta el equipo, ya que hay algunos que no requieren mayor detalle o que se omite su descripción evitando posibles confusiones en la explicación. Además se detallará el comportamiento de los dispositivos a los datos que son enviados al bus de direcciones de la computadora por el usuario.

OBJETIVOS

Diseñar y construir un Simulador de Perturbaciones Eléctricas.

Elaborar un método de adquisición de datos que permita la transmisión de los mismos en forma óptima sin pérdida de información.

2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL HARDWARE

El diseño del circuito Simulador de Perturbaciones Eléctricas puede resumirse en la figura 2.1:

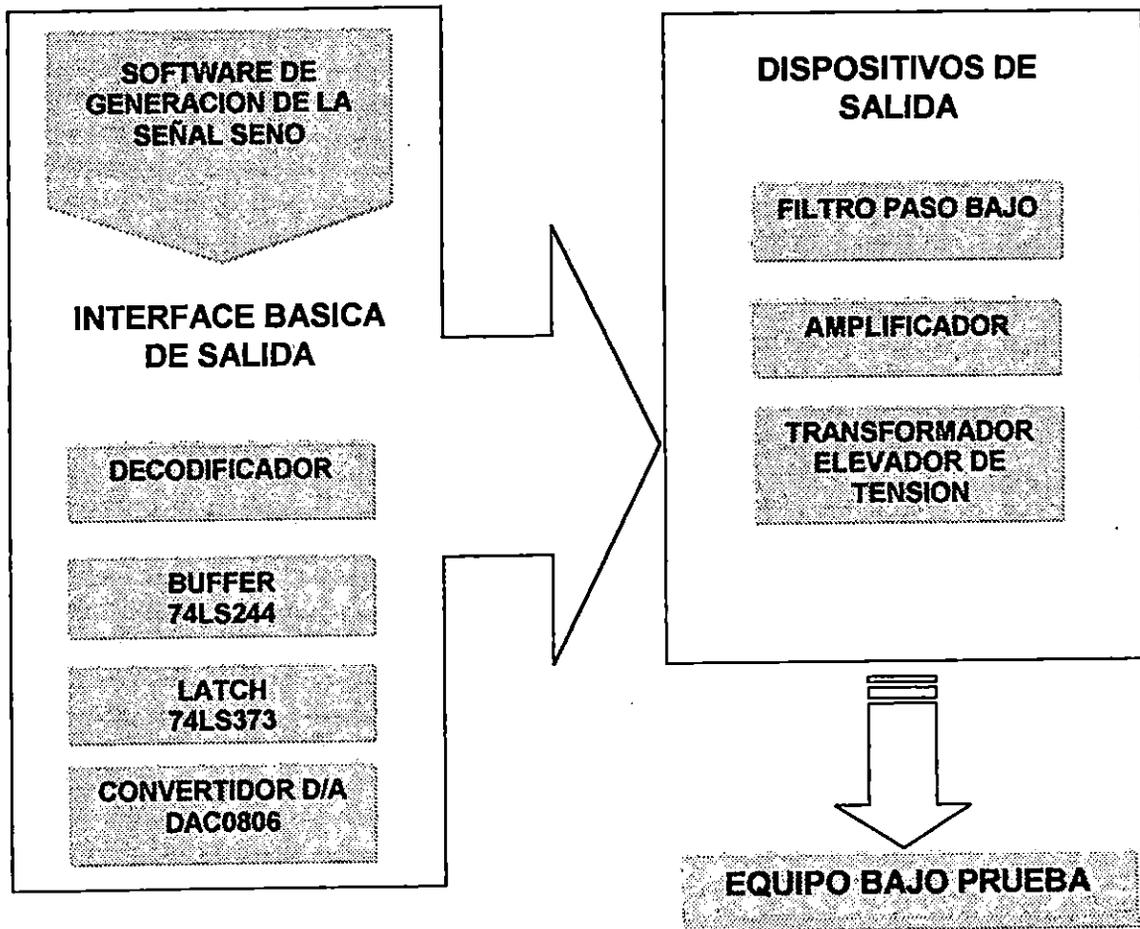


Figura 2.1 Diagrama de bloques general

De acuerdo a lo expuesto en el diagrama anterior procederemos a describir cada una de las etapas que lo conforman.

2.2. INTERFACE BASICA DE SALIDA

La interface implementada en el desarrollo de este trabajo tiene como función principal comunicar al programa (software) y al microprocesador con los dispositivos de salida. El programa coloca constantemente en el canal de datos una palabra de 8 bits que al convertirla a valor analógico (voltaje) representa el comportamiento de la señal seno. El programa como se ha mencionado

anteriormente tiene control sobre la duración y magnitud del cambio de amplitud de la señal seno. El conjunto de instrucciones que conforman el programa incluye la instrucción (OUT) que es la encargada de transferir la información a los dispositivos de salida E/S. Siempre que se transfieren datos con una instrucción (OUT), la dirección de E/S, llamada número de puerto aparece en el canal de dirección. La interface externa de E/S la decodifica haciendo uso también del estado de IOW y habilita la palabra de datos al convertidor DAC para que posteriormente sea filtrada y amplificada en la etapa de potencia.

La ventaja principal de acceder información al Slot en forma directa, se debe a que podemos manejar mayores velocidades para la emisión de datos que al hacer uso de una tarjeta (multi puerto) o algún puerto serie paralelo, como puede ser el caso de una impresora; para nuestro caso el factor velocidad es crítico para la formación de la señal senoidal.

En el desarrollo de este capítulo se presentarán descripciones más detalladas acerca de la arquitectura del circuito interface para efecto de determinar el funcionamiento exacto de como se manejan todas las señales generadas en la PC y que responden a niveles de lógica transistor – transistor (TTL). El entendimiento de la arquitectura de la interface facilitará entender la conexión y funcionamiento de los componentes y la técnica de E/S utilizada.

2.2.1 CRITERIOS DE SELECCION DE COMPONENTES

Para la selección de los componentes utilizados en la elaboración del prototipo de laboratorio del Simulador de perturbaciones Eléctricas se considerarán los siguientes criterios.

- ◆ Los dispositivos deben de responder a altas velocidades de transmisión de datos, compatibles con microprocesadores.
- ◆ Consumo de potencia mínimo.
- ◆ Compatibles con los niveles lógicos CMOS, DTL y TTL.
- ◆ Rango de temperatura de operación amplio (0 – 75°C).

2.3 ASPECTOS BASICOS DE LA CONFIGURACION DE LA INTERFACE

2.3.1 RANGOS DE DIRECCIONES EN LOS DISPOSITIVOS DE E/S EN UNA PC

Dentro del rango de direcciones existentes en una PC, el mapa de direcciones de puertos de entrada / salida se dividen en dos partes. Las primeras 512 direcciones (0000H – 01FF) son

asignadas a los componentes de la tarjeta madre del sistema. El espacio de direcciones que van desde la 0200H hasta 03FFH están disponibles para direccionamiento de tarjetas utilitarias sobre los Slots. Los puertos disponibles para una tarjeta prototipo son desde la dirección 0300H hasta la 031FH, lo que equivale a decir que solamente existen treinta y dos direcciones disponibles de puertos para el usuario, en nuestro caso se utilizó la dirección **031F**. Figura 2.2.

2.3.2 MAPA DE E/S DE LA PC

FFFF	Zona de expansion de E/S
0400	
03FF	COM 1
03F8	
0357	Disco flexible
03F0	
03DF	Adaptador de VGA
03D0	
03CF	
0380	
037F	LPT1
0378	
0377	
0330	
032F	Disco duro
0320	
031F	Dirección de acceso a la interface (031FH)
0300	
02FF	COM 2
02F8	
005F	
0044	
0043	Temporizador
0040	
003F	
0024	
0023	Controlador de interrupciones
0020	
000F	Controlador de DMA
0000	

Figura 2.2 Mapa de E/S de una computadora personal ilustrando el espacio reservado para las aplicaciones del usuario.

2.3.3 TEMPORIZACIÓN

La temporización se define como el comportamiento de las señales involucradas a la hora de acceder un puerto de entrada / salida.

El acceso a los puertos se da a través de las operaciones de lectura (READ) y escritura (WRITE); lo que a nivel de lenguaje ensamblador corresponden a las instrucciones IN y OUT respectivamente. En la figura 2.3 se presentan los ciclos de escritura sobre un puerto de I/O en el bus del sistema.

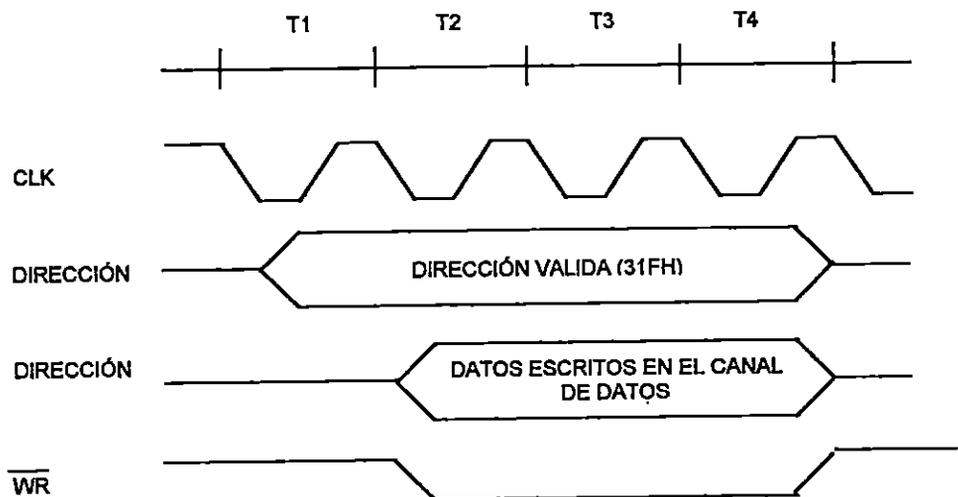


Figura 2.3 Ciclo de escritura

Los ciclos de lectura y escritura normalmente tienen cuatro ciclos de reloj (4 períodos) de longitud, pero es importante hacer notar que la PC automáticamente inserta un período extra de espera TW (T-wait), teniendo por lo tanto cinco períodos de reloj como mínimo en cualquier ciclo de I/O.

La longitud de estos ciclos del bus de operaciones de entrada / salida pueden ser alargadas por el control de la señal I/O CH RDY sobre el bus del sistema.

2.3.4 CICLO DE BUS EN UNA OPERACIÓN DE ESCRITURA EN UN PUERTO DE E/S

Cada vez que el microprocesador ejecuta una instrucción OUT se inicia en el sistema de bus un ciclo de bus I/O de escritura la señal ALE es activada durante T1, con el borde de bajada de esta señal se indica que el bus de direcciones contiene una dirección de puerto de entrada / salida válida; luego durante T2 la señal de control IOW es activada (nivel bajo) indicando a la dirección del puerto direccionado que los datos sobre el bus de datos son válidos y pueden ser escritos (manipulados por el dispositivo seleccionado), al inicio de T4 la señal IOW es desactivada y el procesador remueve los datos del bus de datos.

2.4 DECODIFICADOR

El decodificador del circuito Simulador de Perturbaciones Eléctricas esta constituido por una combinación de compuertas lógicas, las cuales estan conectadas al canal de direcciones del Slot, siendo su principal función la de identificar la dirección 031F para habilitar en combinación con la señal IOW la información o la palabra en el bus de datos que se desea transferir al convertidor D/A, para la formación en forma discreta de la señal seno.

El decodificador recibe los datos del microprocesador y los retiene para los dispositivos externos, cuando se ejecuta la instrucción OUT, los datos se transfieren por el canal de datos al registro transparente. En este caso las entradas D de un registros transparente octal 74LS373 se conectan al canal de datos para "atrapar" los datos de salida; las salidas Q del registro se conectan al DAC. Cada vez que se ejecuta la instrucción OUT, se activa la señal SEL para el registro y atrapa la salida de datos del canal de datos. Los datos se retienen hasta que se ejecuta la siguiente instrucción OUT.

El circuito decodificador es mostrado en el diagrama general figura 2.1 y esta conformado por los ICs 74LS21 y 74LS004.

En cuanto a la descripción y funcionamiento de los pines del Slot o sistema de bus tenemos:

SD7 – SD0 : Data Systems (I/O)

Son los ocho bits menos significativos del bus de datos del sistema. En transferencias de ocho bits son los únicos utilizados, SD0 es el bit menos significativo y SD7 es el bit más significativo.

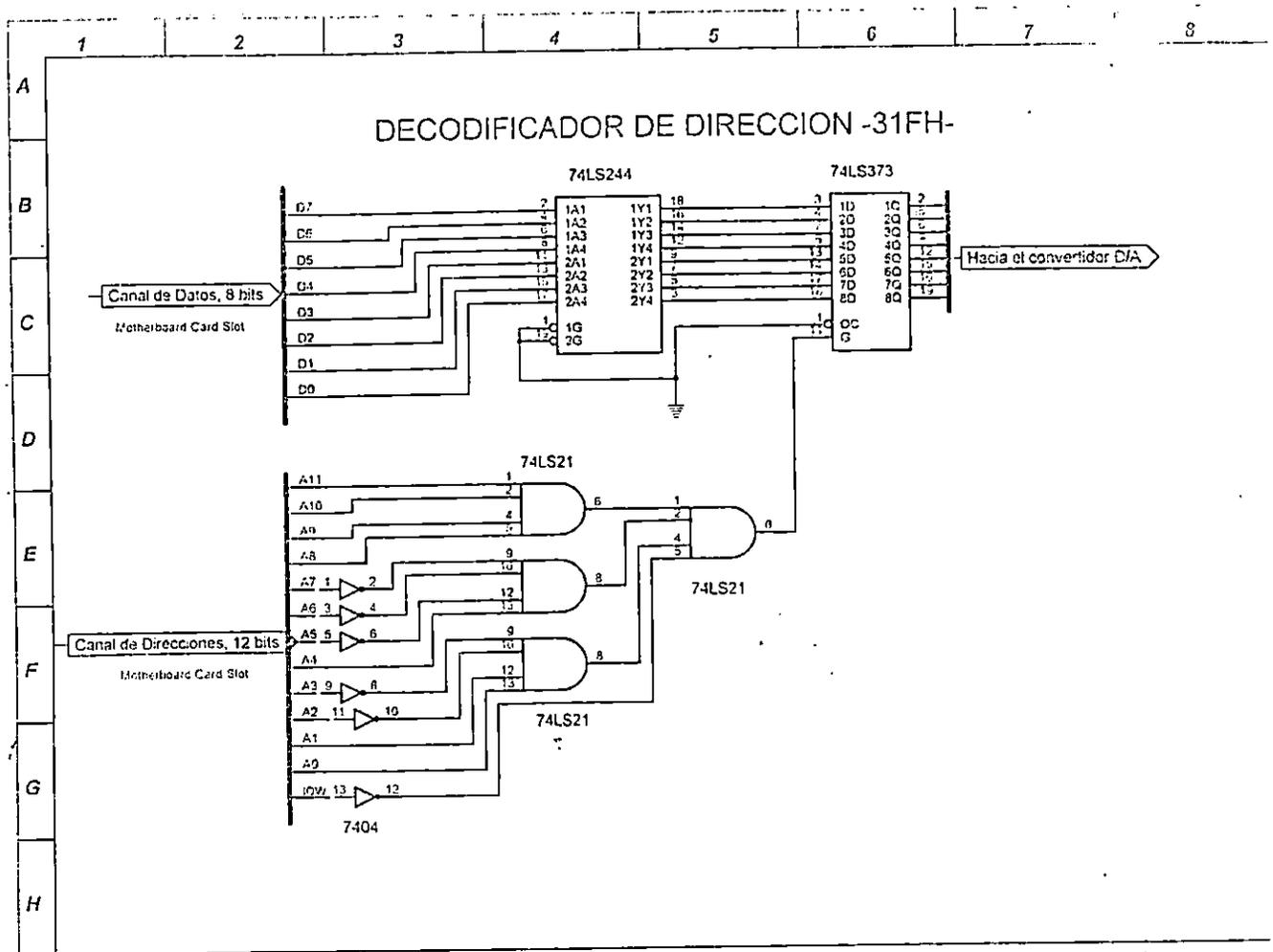


Figura 2.4 Circuito Decodificador.

SA19 – SA0 : Address Systems (I/O)

Estos veinte bits representan el bus de direcciones de la computadora y son usados para direccionar memoria y dispositivos de entrada / salida dentro del sistema. Si operan simultáneamente los 20 bits pueden direccionar hasta un mega byte de memoria RAM. SA0 es el LSB y SA19 es el MSB.

CLK : Clock (O)

Es la señal de reloj del sistema. Es utilizado solo para efectos de sincronización.

RESET DRV: Reset Drive (O)

Inicializa la lógica del sistema al encender la máquina o durante un bajo voltaje. Esta señal es sincronizada en el flanco de caída de la señal OSC.

BALE: Buffered Address Latch Enable (O)

Esta señal proviene del controlador del bus y es utilizada para enclavar direcciones válidas del microprocesador. Se utiliza como indicador de direcciones válidas del DMA ó del CPU.

I/O CH CK : I/O Channel Check (I)

Esta es una señal baja activa y proporciona al sistema información de error de paridad en memoria ó de dispositivos en los canales de entrada / salida.

IRQ7 – IRQ2 : Interrupt Request (I)

Son señales de solicitud de interrupción, IRQ7 es la de menor prioridad e IRQ2 es la de mayor prioridad.

$\overline{\text{IOR}}$: Input/Output Read (I/O)

Esta señal le indica al periférico que maneje sus datos a través del bus de datos. La señal es controlada por el microprocesador; el controlador de DMA o similares presentes en el canal de entrada / salida. Se activa en bajo.

$\overline{\text{IOW}}$: Input/Output Write (I/O)

Esta señal le indica a un periférico que lea los datos presentes en el bus de datos. Es controlada en igual forma que IOR. Es activa en bajo.

SMEMR: (O)

Esta señal le indica a dispositivos de memoria manejar sus datos a través del bus de datos. Es controlada por la CPU o el controlador de DMA. Es activa solo para rangos menores a un mega byte de memoria.

DRQ1, DRQ2, DRQ3 : DMA Request (I)

Estas líneas de entradas asincronas y son usadas para solicitud de transferencia de DMA. DRQ1 es la de mayor prioridad y DRQ3 tiene la de menor prioridad; esta señal se mantiene en alto hasta que el correspondiente DAK se activa pasando a un nivel bajo. Nota que DRQ0 no se encuentra disponible sobre el bus pero es utilizada para refrescar la memoria dinámica del sistema.

DACK1, DACK2, DACK3 : DMA señales de protocolo.

No todas las señales descritas anteriormente forman parte de la miscelánea de señales que nosotros necesitamos para la operación de lectura del circuito.

2.5 CONVERTIDOR DIGITAL - ANALÓGICO

La palabra digital de 8 bits proveniente del canal de datos del puerto es colocada en las entradas de datos del convertidor DAC0806, entre los pines 5 y 12 (MSB y LSB respectivamente), el DAC convierte la palabra de entrada a un nivel de corriente (I_o) que es transformada a parámetro de voltaje por el operacional (0 a 10 Vdc). Es importante hacer notar que todos los elementos y equipos utilizados para la elaboración del circuito convertidor deben estar referenciados a una tierra común, de no ser así se presentarán pérdidas en la señal y habrá presencia de ruido.

2.5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONVERTIDOR (DAC0806)

El DAC0806 es un convertidor digital analógico monolítico de 8 bits con la característica de proporcionar a la salida un valor de corriente a plena escala de 1.99 mA en un tiempo de 150 nS, consumiendo escasamente 33 mWatts a un voltaje de alimentación de ± 5 Volt.

El DAC0806 no requiere para operar una corriente de referencia IREF. Es importante hacer mención que para más aplicaciones con el DAC0806 la corriente de salida a plena escala es igual a $\pm 1\text{LSB}$ de $255 \cdot I_{REF}/256$. Este valor de corriente ocurre entre \pm el 0.19%; es decir que la corriente de salida aumenta en intervalos de 0.19% cuando se da un cambio de 0 a 1 lógico. Paralelamente cuando la palabra binaria es de 8 ceros el nivel de corriente de salida es menor que $4\mu\text{A}$, siempre que la $I_{REF} \geq 2 \text{ mA}$.

En la figura 2.5 se muestra la etapa convertidora formada por el DAC0806.

2.6 AMPLIFICADOR DE AUDIO

Por las características del Simulador de Perturbaciones Eléctricas se puede hacer uso de un Amplificador de Audio para darle potencia a la señal senoidal de salida.

La calidad de un amplificador de potencia de audio se mide por su aptitud para reproducir con alta fidelidad el material sonoro en todo el rango de frecuencia audible. El amplificador debe aumentar el nivel de potencia de entrada hasta un nivel de salida satisfactorio con poca distorsión de tal manera que la sensibilidad de su respuesta a la señales de entrada debe permanecer prácticamente constante a través de todo el espectro de audiofrecuencia. Además las características de impedancia de entrada del amplificador tienen que ser tales que la unidad no se cargue excesivamente y afecte así adversamente las características de las fuentes de señales de entrada.

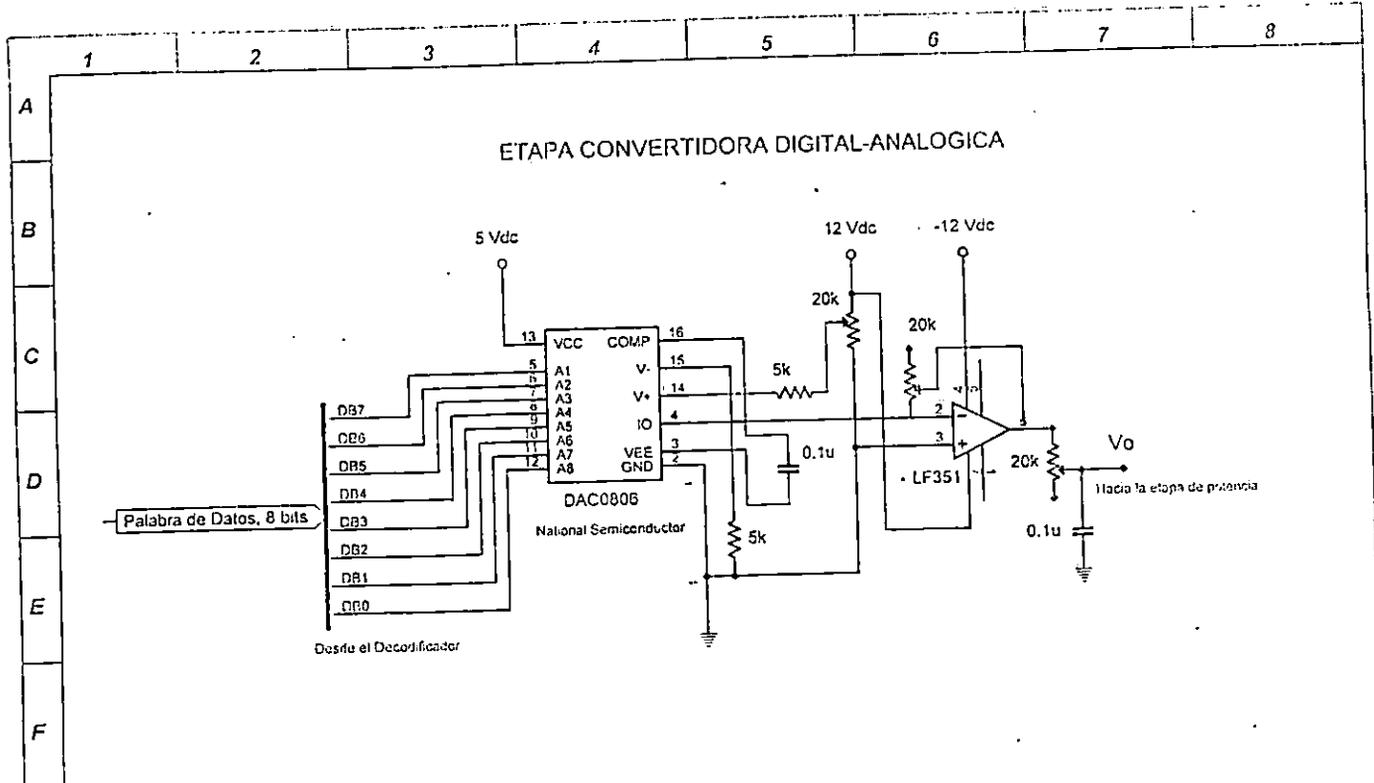


Figura 2.5 Circuito Convertidor D/A

2.6.1 CLASES DE FUNCIONAMIENTO

Los proyectistas de circuitos pueden seleccionar cualquiera de las tres clases de funcionamiento usadas en los amplificadores lineales. Esta selección se realiza a base de una combinación de factores tales como potencia de salida, capacidad de disipación, rendimiento, ganancia y características de distorsión.

La cantidad de potencia perdida en el amplificador depende de la calidad de la fuente de alimentación usada.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Uno de los mejores métodos para enviar información a cualquier circuito periférico es utilizando directamente el Slot de la Motherboard que contempla el bus de direcciones el bus de datos y las señales de control; de tal manera que se logra obtener una mayor velocidad para la emisión de datos.

Para garantizar pruebas a equipos eléctricos o electrónicos es necesario contar con un equipo adecuado que simule fallas que permitan comprobar los regimenes de operatibilidad del dispositivo bajo perturbaciones eléctricas

Dentro del ambiente Windows se dificulta la emisión ó envío de la señal sinusoidal pura hacia el bus de datos, debido a que cada 55.6 msecs. el timer propio de la PC. genera una interrupción la cual llama una función que contiene la dirección de un comando interno de operación de la tarjeta madre.

La utilización del Visual C++ permite crear un ambiente amigable entre el operador (usuario) y la PC logrando obtener una manipulación adecuada de todas las variables que estan inmersos en el Software.

RECOMENDACIONES

Para controlar de forma directa los eventos en tiempo real se recomienda utilizar el temporizador programable de intervalos número 8253 incluido en las computadoras personales en los puertos que van desde la dirección 40H hasta la 43H

Partiendo de las múltiples dificultades que se tienen para elaborar una tarjeta impresa se debe tomar en cuenta la distribución de los componentes requeridos ; de tal manera que las pistas creadas para la interconexión de pines sea la más óptima.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ◆ National Semiconductor LS/S/TTL. Logic Data Book_1997.
- ◆ Barry B .Brey. Los microprocesadores INTEL 8086/8088/80186/80286/80386/80486. Arquitectura, Programación e Interfaces. Tercera Edición

CAPITULO 3

PRUEBAS DE HOMOLOGACION EN BASE A LA CURVA CBEMA Y CRITERIOS DE SELECCION DE COMPONENTES Y AMBIENTE DE PROGRAMACION.

INTRODUCCION

La utilización de la curva CBEMA permite cuantificar los parámetros de prueba a las que se someterán los dispositivos eléctricos o electrónicos para conocer el área de operabilidad y de vulnerabilidad de los mismos. Es importante que los fabricantes incluyan en las especificaciones técnicas los márgenes de voltaje, corriente y frecuencia bajo los cuales el equipo va a operar en las condiciones normales.

Es importante mencionar que los dispositivos que poseen cargas extremadamente sensitiva se ven más afectados por los disturbios generados en las redes de suministro de energía eléctrica. Se anexan en el desarrollo de éste capítulo los criterios generales escogidos para la aplicación que a nosotros corresponde.

OBJETIVOS

Definir procedimiento de pruebas para la obtención de la curva CBEMA para los equipos en general.

Cuantificar en base a la curva CBEMA el grado de sensibilidad de los equipos o la interpretación de los datos.

3.1 DESCRIPCION DE LA CURVA CBEMA

La curva CBEMA es una herramienta standard desarrollada por las compañías constructoras de computadores creada con el objeto de probar Bajo-Voltajes y Sobre-Voltajes en sus equipos.

La curva cubre eventos desde cero a un mil ciclos de duración ver figura 3.1. En el eje horizontal se puede determinar la duración de los eventos cuantificando el número de ciclos; así mismo en el eje de las ordenadas se contemplan los porcentajes de voltaje RMS que se dan dentro de cada evento.

La curva CBEMA es usada como punto de partida para pruebas de equipos disponibles en el mercado industrial. Estos dispositivos son probados inicialmente con sus valores nominales de voltaje bajo los cuales estos operan de tal manera que en la medida que se decremantan los porcentajes de voltaje y se incrementan el número de ciclos el equipo se apaga generalmente.

Es importante mencionar que durante la construcción de equipos computacionales se realizan pruebas que contemplan eventos ejecutados periódicamente cada 0.5 ciclos teniendo como máxima frontera 100 ciclos; partiendo de cero voltios hasta el 87% del valor nominal del voltaje bajo prueba (Sags)

La curva CBEMA permite de acuerdo a lo descrito anteriormente cuantificar el grado de sensibilidad de equipos obteniendo múltiples resultados que varían de acuerdo a los dispositivos sometidos bajo prueba. En aplicaciones industriales se toma muy en cuenta este parámetro de medición en vista que se tienen procesos de control que gobiernan la funcionalidad de las plantas industriales.

Cuando se presentan fallas de voltajes durante una condición Sags se depende de la conexión del equipo. Algunas cargas monofásicas no serán afectadas y otras pueden interrumpir cualquier proceso que ejecuten aún cuando sus sensibilidades a los Sags sean idénticas.

Los desbalances de voltaje también son una preocupación por el sobrecalentamiento de motores, sin embargo las duraciones de los voltajes desbalanceados durante condiciones de falla son tan cortas que el sobrecalentamiento de motores no es un problema significativo.

Las diferentes categorías de equipos y aún diferentes marcas de equipos dentro de una misma categoría tienen diferencias significativas a los Sags de voltaje. Esto vuelve difícil desarrollar un standard único que defina la sensibilidad de equipos de procesos industriales.

Automatic Data Processing Susceptibility Profile to Line voltage Variations and Disturbances

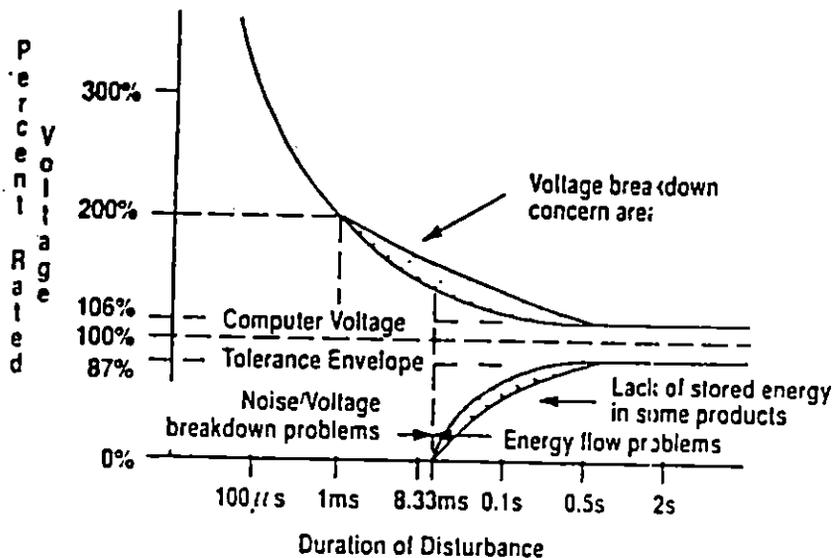


Figura 3.1 Curva CBEMA para computadoras

En pruebas realizadas a contactores y relés electromecánicos algunos fabricantes sostienen que la línea de contactores que ellos producen fallará a 50% del voltaje nominal, si la condición de falla dura más de un ciclo. Este dato debe variar entre diferentes fabricantes y algunos contactores pueden fallar a 70% de voltaje nominal ó aún a voltajes mayores.

Lámparas de descarga de alta intensidad (HID): Lámparas de mercurio se extinguen cerca del 80% del valor nominal de tensión y requieren tiempo para re-encender. Sags de voltaje que provocan el apagado de lámparas de mercurio a menudo son confundidos con apagones por el personal de la planta.

Manejadores de velocidad: algunos manejadores son diseñados para soportar Sags de voltaje. El tiempo de soporte puede variar entre 0.05 a 0.5 segundos dependiendo del fabricante y del modelo. Algunos modelos de un fabricante monitorean la línea AC y desconectan el sistema después de detectar un Sags al 90% durante 50 mseg.

Controladores Lógicos Programables (PLC): esta es una categoría importante de equipo para procesos industriales, ya que a menudo el proceso completo se encuentra bajo el control de dichos dispositivos. La sensibilidad a Sags de voltaje varía grandemente, pero porciones de un PLC completo han sido encontradas muy sensibles.

El rango de sensibilidades de estos equipos recalca en la importancia de trabajar con los fabricantes con el objeto de garantizar que el equipo pueda funcionar en el ambiente donde será utilizado y al mismo tiempo desarrollar especificaciones basadas en condiciones reales del sistema de potencia existente.

3.2 DESCRIPCION DEL FORMATO E INTRODUCCION DE DATOS PARA EL SIMULADOR DE PERTURBACIONES ELECTRICAS.

El Software Simulador de Perturbaciones Eléctricas permite calcular matemáticamente y guardar en arreglos de memoria los valores instantáneos del comportamiento de la señal seno, existe un arreglo para la señal de amplitud normal y otra para la señal de amplitud perturbada, ambos arreglos son mandados repetitivamente o según se requiera al puerto de salida para la formación de la señal seno en forma discreta. El programa permite al usuario determinar la magnitud y la duración de la señal normal y perturbada, así como el número perturbaciones que se mandarán al equipo bajo prueba.

La descripción de la pantalla de presentación y las instrucciones de operación del software Simulador de Perturbaciones Eléctricas se resume en los siguientes puntos:

- 1 El Software Simulador de Perturbaciones Eléctricas se inicia desplegando la siguiente pantalla de presentación. En esta puede observarse todas las opciones del programa que son necesarias para configurar y enviar la perturbación al equipo bajo prueba.

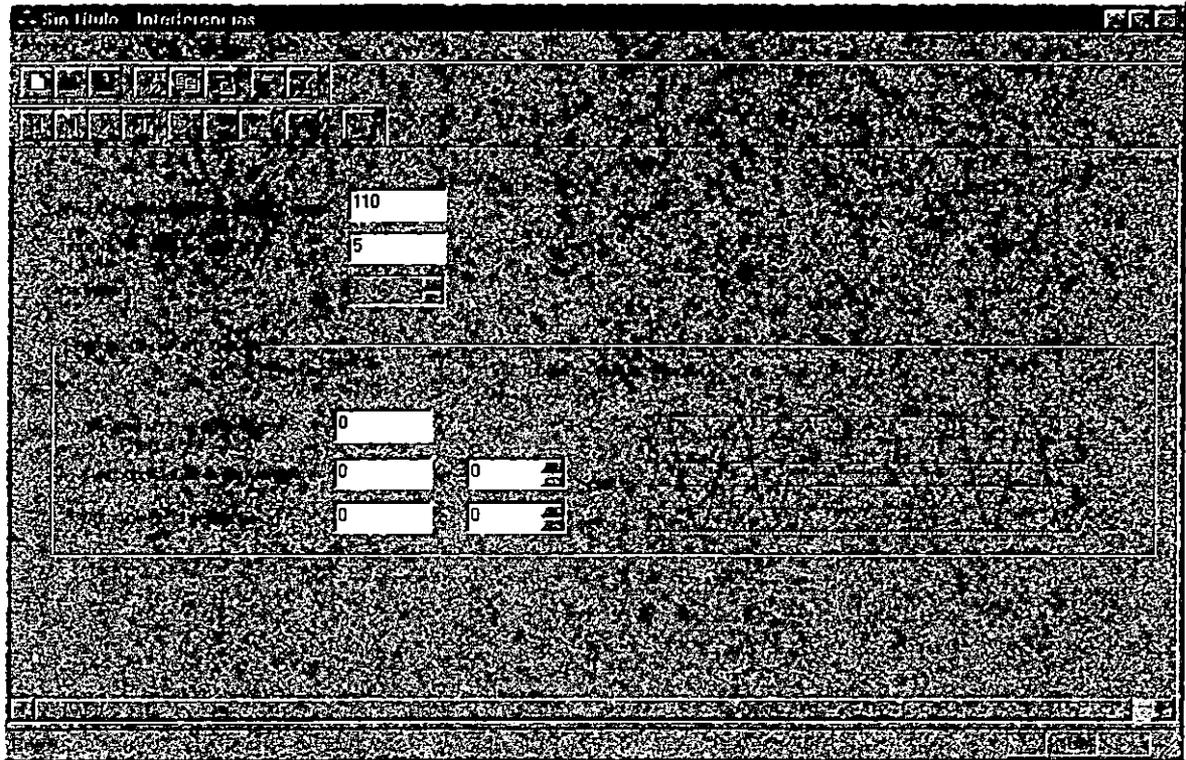


Figura 3.1 Presentación de Software Simulador de Perturbaciones Eléctricas

2. El campo siguiente es utilizado para programar la magnitud eficaz de la señal normal o señal sin perturbación, esta magnitud estará presente antes, entre y después de las perturbaciones programadas y puede ser ajustado entre 0 y 240 voltios, aunque su valor útil debe ser de 110 voltios.

La duración de la prueba podrá ser ajustada en este campo y esta deberá incluir todos los tiempos acumulados de las perturbaciones programadas, el valor establecido es de 5 segundos aunque pueden programarse pruebas mayores de 1 minuto.

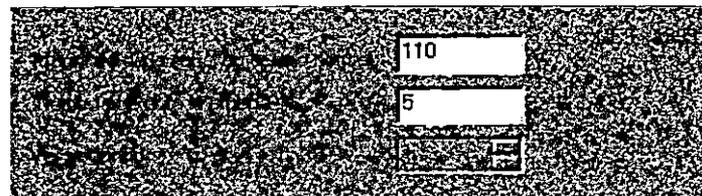
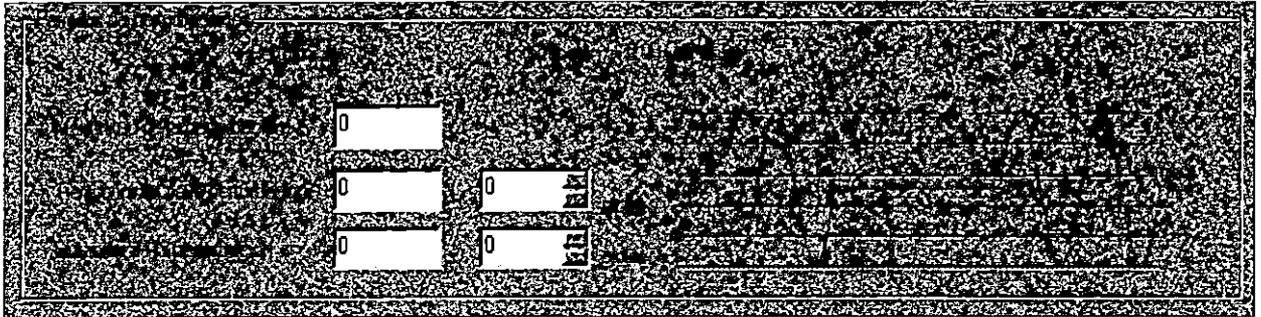


Figura 3.2 Campo donde se ajusta la magnitud de la señal normal y tiempo total de la prueba.

3. La programación de las perturbaciones se realiza con las opciones del campo siguiente:

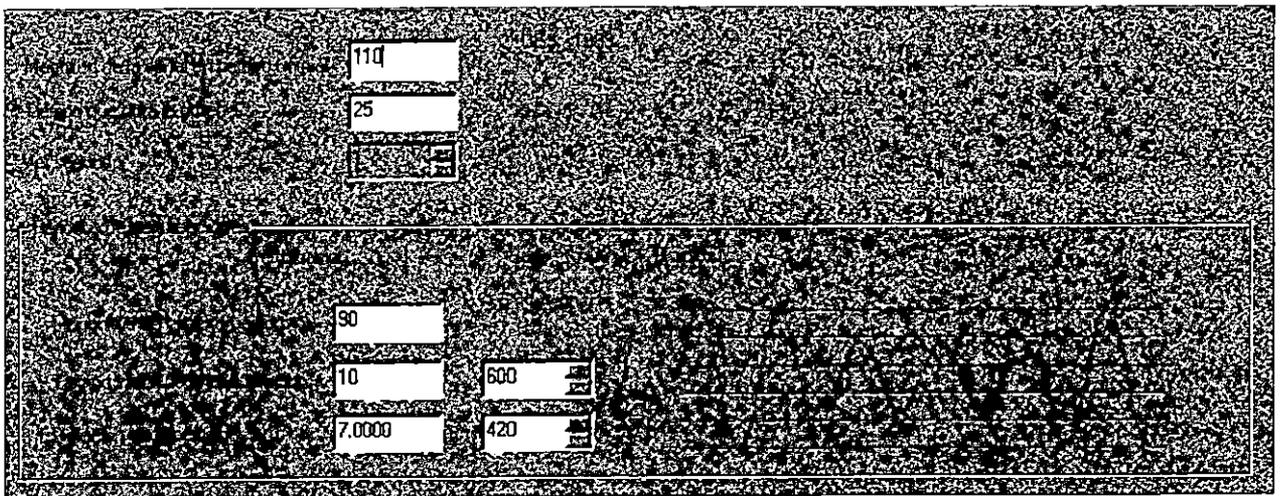


En la casilla Magnitud de la perturbación se coloca el nivel de voltaje que mantendrá la señal perturbada, este dato podrá ser mayor o menor que el parámetro colocado en la casilla de Magnitud de la señal en tiempo normal (Swell o Sags respectivamente) y puede ser ajustado entre los 0 y 240 voltios.

Tiempo inicial de la perturbación, es el tiempo que transcurrirá desde el inicio de la prueba hasta el comienzo de la perturbación, puede considerarse como tiempo de pre-perturbación y puede ser ajustado en ciclos si se requiere.

Duración de la perturbación, es el tiempo que se mantendrá la magnitud de la perturbación en la señal de salida, y puede ser ajustado en ciclos si se requiere.

4. Programación de una Perturbación, en la figura siguiente se observa la configuración de una perturbación típica.

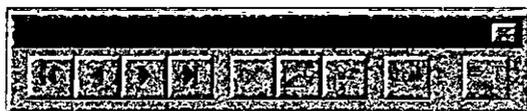


En este caso la duración de la prueba será de 25 segundos y la magnitud de la señal normal será de 110 voltios, cuando arranque la prueba transcurrirán 10 segundos con la señal de salida presentando un nivel de voltaje de 110 voltios, transcurridos los 10 segundos el nivel de voltaje

disminuirá hasta 90 voltios y se mantendrá así por 7 segundos, luego se restaurará la señal a 110 voltios por los 8 segundos restantes, de los 25 con los cuales se programo la prueba.

Una vez definidos los parámetros de la prueba estos deben ser aceptados por medio del icono , y el envío de la señal al puerto es a través del icono .

5. El siguiente menú permite algunas operaciones de edición entre las perturbaciones programadas.



A continuación se detalla la función de cada icono iniciando con el primero de la izquierda.

- El primer icono permite visualizar los datos editados en la primera perturbación programada, es activa si se programan más de dos perturbaciones.
- El segundo icono se utiliza para desplazarse de uno en uno entre las perturbaciones programadas, su desplazamiento es de decremento desde la ultima hasta la primera, es activa si se simulan al menos tres perturbaciones.
- El tercer icono se utiliza para incrementar una a una las perturbaciones programadas, es activa si se simulan al menos tres perturbaciones.
- El cuarto icono permite visualizar los datos de la última perturbación. Es activa si y solo si se simulan más de una perturbación en el programa. Es utilizada cuando el usuario desea verificar los datos introducidos en la perturbación final.
- El quinto icono elimina los datos de la perturbación insertada y que es activa en pantalla, el número de perturbaciones editadas se decrementa en uno.

- El sexto icono graba los datos con los cuales se ha programado la prueba.
- El séptimo icono permite aceptar alguna modificación a los dato con los cuales se ha programado la prueba.
- El octavo icono ejecuta el borrado total de todos los parámetros de la perturbación programada, que es activa en pantalla.
- El noveno icono envía los datos al puerto de salida y a la carga bajo prueba.

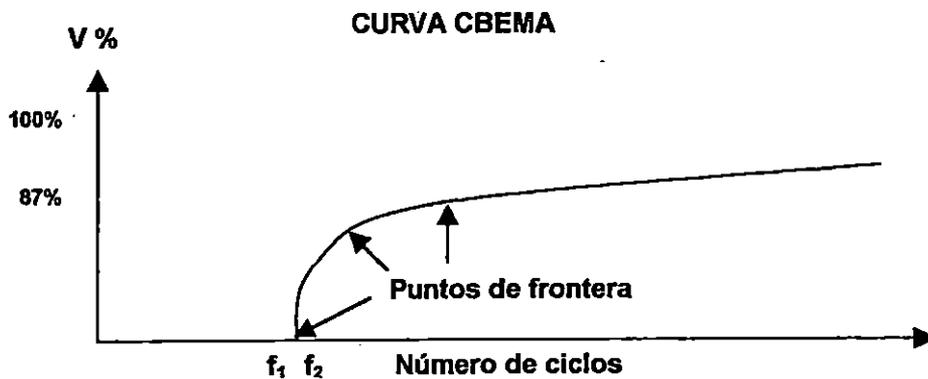
Dentro de la versatilidad del programa tenemos que existe la opción de poder simular varios fenómenos en serie.

3.3 PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE EQUIPOS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

El procedimiento utilizado para pruebas de equipos se describe de la siguiente manera:

1. Ejecutar el programa PERTURBACION.
2. Inicialmente se identificará el punto frontera, por lo que es necesario programar la primera prueba con cero voltios de magnitud y un ciclo de perturbación.
3. Se realiza un proceso iterativo de pruebas manteniendo la magnitud de voltaje en cero e incrementando el número de ciclos perturbados hasta que el dispositivo falle.
4. Conocido ya el número de ciclos al cual el dispositivo falla se procede a incrementar el valor de % de voltaje rms repitiendo el paso tres para encontrar otro punto de falla o de frontera.
5. Finalmente para obtener una mayor exactitud en la gráfica (Curva CBEMA) los incrementos del porcentaje de voltaje deben ser mínimos.

Para la interpretación de los resultados nos auxiliaremos de la siguiente curva:



El área bajo la curva esta considera como el área de no operatividad del equipo, la cual variará de acuerdo al dispositivo eléctrico ó electrónico que se pruebe. Es importante saber que los puntos arriba de la gráfica mostrada corresponden a valores que permiten que el dispositivo opere garantizando su funcionalidad.

La curva muestra puntos frontera en los cuales la funcionalidad de los dispositivos eléctricos ó electrónicos es dudosa ya que pueden o no responder a los parámetros de voltaje a los cuales son sometidos. Cabe aclarar que dentro de las variaciones de voltaje los dispositivos también responden a las variaciones de frecuencia definida como número de ciclos (De acuerdo a nuestro trabajo recibe el nombre de tiempo de duración de la perturbación).

El comportamiento de los dispositivos en la curva CBEMA al margen del número de ciclos que se presenten en una perturbación, siempre tendrá para un porcentaje de voltaje menor que el nominal una estabilidad en su operación.

3.4 CRITERIOS DE SELECCION PARA LA UTILIZACION DEL AMBIENTE DE PROGRAMACION (SOFTWARE)

Se adoptó el ambiente de programación Windows por las siguientes razones:

1. Windows es aplicable sin importar cual lenguaje de programación se utilice para el desarrollo de la aplicación
2. Todos los lenguajes de programación que se ejecutan en ambiente Windows poseen la ventaja que el programador puede hacer uso de las barra de herramienta que Windows crea por default.
3. Se utilizó Visual C++ ya que a través de éste lenguaje se pueden realizar muchas tareas de programación usando el teclado y el ratón (mouse) para diseñar y escribir visualmente las aplicaciones.
4. La programación en Visual C++ permite a través del ratón seleccionar controles como botones de comando, botones de opción y barras de desplazamiento de tal manera que puede arrastrarlos a la ventana de la aplicación.
5. Todos los elementos creados en el lenguaje Visual C++ pueden ser dimensionados conforme se construya la aplicación, de tal forma que durante la construcción ó el diseño de la pantalla de presentación puedan modificarse los cuadros de edición, botones de comando y otros objetos utilizados.
6. Windows permite escribir programas independientes no preocupandose por cual tipo de impresora, ratón, teclado, monitor etc. posea el usuario ya que dicha aplicación trabajará bien sin importar el Hardware disponible.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Al analizar la sensibilidad de los equipos ante los fenómenos electromagnéticos, es importante contar con la referencia adecuada para tal fin, ya sea con la curva CBEMA (Computer Business Manufacturers Assosiation) donde se determina el área de vulnerabilidad o con procedimientos adecuados en los cuales se determine como un equipo es afectado cuando son expuestos a los fenómenos electromagnéticos, Sags Swells e Interrupciones.

La susceptibilidad de los equipos esta en función de diferentes parámetros dentro de los cuales tienen mayor relevancia el ruido y los transcientes, que a su vez determinan las características eléctricas del dispositivo en prueba.

En plantas industriales la sensibilidad de cualquier elemento o dispositivo involucrado en la operatibilidad de la planta genera problemas de identificación de fallas después que el proceso de operación se ha disparado completamente. Es importante tomar en cuenta que en estos procesos se involucran controladores, contactores, relés, accionadores, robótica etc.

RECOMENDACIONES

- ◆ Para la simulación de eventos en tiempo real como el desarrollado en este trabajo deben de tenerse en cuenta las libertades de programación que ofrece C++ que son bastantes superiores a las que presentan programas como Lab View y Lab Windows.
- ◆ Es recomendable para efectos de manipulación de computadores proporcionar con anticipación una guía que esté orientada a la temática en desarrollo (Visual C++) de tal manera que el usuario posea los conocimientos básicos del software que va a manipular.
- ◆ Cuando se utilice el prototipo del Simulador de Perturbaciones Eléctricas el estudiante debe conocer y saber interpretar la curva CBEMA que obtenga de las pruebas realizadas; partiendo que se conocen las curvas estandares de los dispositivos bajo prueba.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ◆ J.C. Smith and J. Lamoree, Electrotec Concepts, Knoxville, Tennessee U.S.A.
- ◆ P. Vinett and T. Duffy, Central Hudson Gas and Electric, New York U.S.A.
- ◆ Herbert Schildt Manual de referencia C++
Serie Mc.Graw-Hill de Informática
1995 España
- ◆ Nathan Gurevich y Ori Gurevich
Aprendiendo Visual C++ 5
1997 México

CAPITULO 4

TABULACION Y CURVAS OBTENIDAS DE PRUEBAS REALIZADAS A EQUIPOS

INTRODUCCION

Este capítulo consta de 10 tablas de datos y curvas obtenidas de pruebas realizadas a un relé, Simatic y un bombillo de 7 Watts de ahorro energético. Estos dispositivos poseen electrónica en su construcción haciendo más fácil de identificar su punto de ruptura en el momento de recibir la perturbación simulada.

OBJETIVO

Construir la gráfica de la curva CBEMA de los dispositivos bajo prueba a base de resultados obtenidos.

TABULACION DE DATOS PARA LA OBTENCION DE LA CURVA CBMA

PLC SIMATIC		LAMPARA DE 17 Watts		RELE	
N de ciclos	Voltaje	N de ciclos	Voltaje	N de ciclos	Voltaje
22	0	1	0	5	0
22	5	1	5	5	5
22	10	1	10	5	10
22	15	1	15	5	15
22	20	1	20	5	20
22	25	1	25	5	25
22	30	1	30	5	30
22	35	1	35	5	35
22	40	1	40	5	40
22	45	1	45	5	45
22	50	1	50	5	45
22	55	1	51	5	45
23	60	2	52	6	55
24	62	4	54	6	55
25	62	6	56	6	55
26	62	8	58	6	55
27	62	12	60	6	55
28	62	20	62	6	55
29	62	40	64	6	55
30	62	55	66	6	55
31	62	71	68	6	55
32	62	73	70	7	62
33	62	73	70	7	62
34	62	73	70	8	68
35	62	73	70	8	68
36	62	73	70	9	70
37	62	73	70	9	70
38	62	73	70	12	82
39	62	73	70	12	82
40	62	73	70	15	82
41	62	73	70	15	82
42	62	73	70	20	82
43	62	73	70	20	82
44	62	73	70	20	82
45	62	73	70	20	82
46	62	73	70	46	82
47	62	73	70	47	82
48	62	73	70	48	82
49	62	73	70	49	82
50	62	73	70	50	82
51	62	73	70	51	82
52	62	73	70	52	82
53	62	73	70	53	82
54	62	73	70	54	82
55	62	73	70	55	82
56	62	73	70	56	82
57	62	73	70	57	82
58	62	73	70	58	82
59	62	73	70	59	82
60	62	73	70	60	82

La tabla anterior muestra los datos obtenidos en pruebas realizadas a los dispositivos (Simatic S7-200, relé y bombillo de 17 watts).

4.2 EXPLICACION DE RESULTADOS OBTENIDOS

La interpretación de los resultados se describe como sigue:

Simatic S7-200 Siemens.

En la curva CBEMA correspondiente a éste dispositivo podemos visualizar que a un porcentaje de voltaje rms de 62 y una perturbación de 24 ciclos se encuentra localizado el punto frontera en el cual el dispositivo todavía puede trabajar de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Arriba del valor de voltaje mencionado no se verá afectado por ninguna perturbación que se presentara en la red de distribución a que se encontrara conectado.

Por lo tanto se puede afirmar que el área de operabilidad del Simatic S7-200 se encuentra localizado arriba del punto (24,62). En vista a que no se generó la curva CBEMA para una perturbación tipo Swells no se puede cuantificar el área de operación total.

Lámpara de 17 watts G.E.

En la curva CBEMA correspondiente a éste dispositivo podemos visualizar que a un porcentaje de voltaje rms de 70 y una perturbación de 73 ciclos se encuentra localizado el punto frontera en el cual el dispositivo todavía puede trabajar de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Arriba del valor de voltaje mencionado no se verá afectado por ninguna perturbación que se presentara en la red de distribución a que se encontrara conectado.

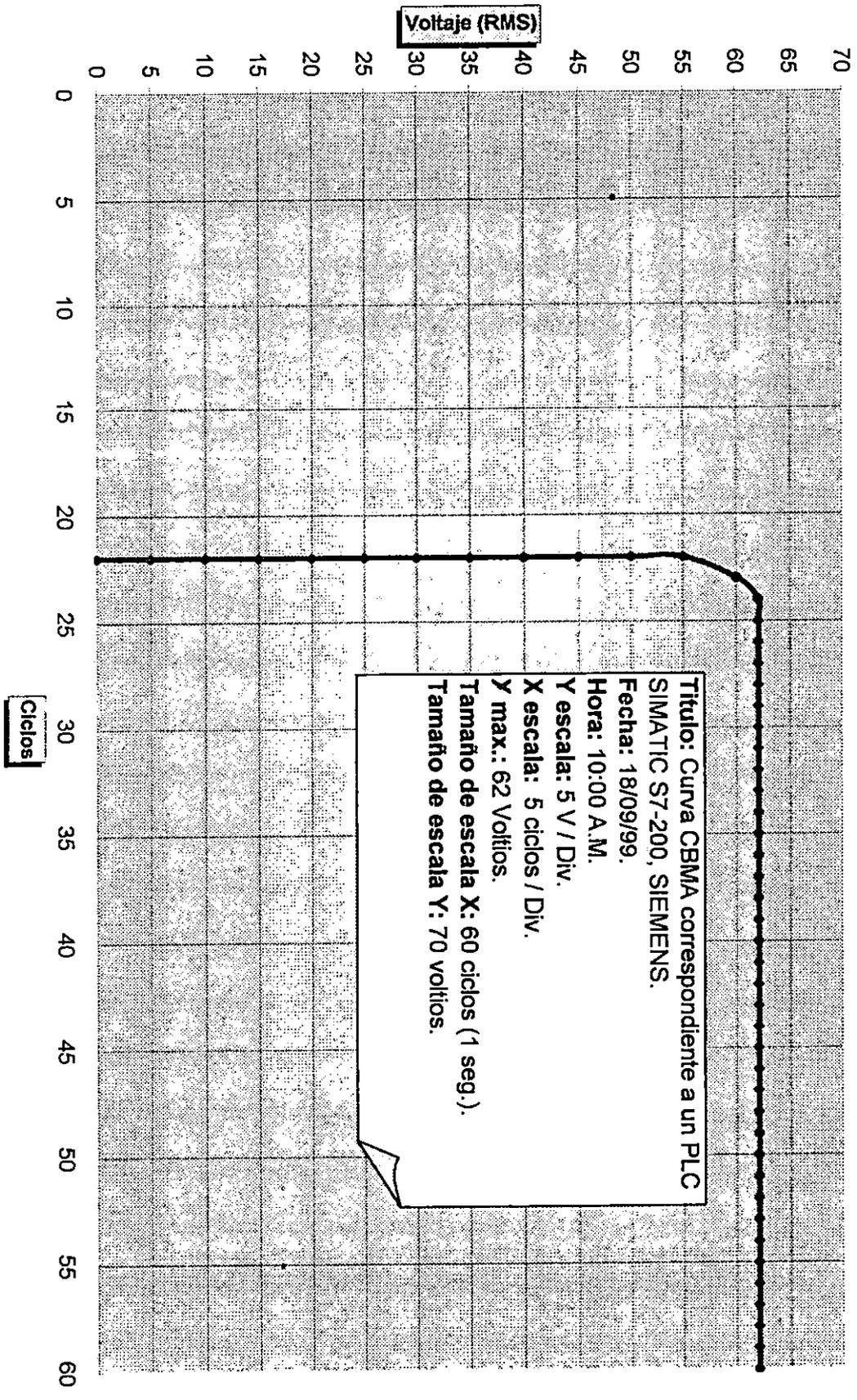
Por lo tanto se puede afirmar que el área de operabilidad del lámpara de 17 watts G.E. se encuentra localizado arriba del punto (73,70). En vista a que no se generó la curva CBEMA para una perturbación tipo Swells no se puede cuantificar el área de operación total.

Relé.

En la curva CBEMA correspondiente a éste dispositivo podemos visualizar que a un porcentaje de voltaje rms de 82 y una perturbación de 12 ciclos se encuentra localizado el punto frontera en el cual el dispositivo todavía puede trabajar de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Arriba del valor de voltaje mencionado no se verá afectado por ninguna perturbación que se presentara en la red de distribución que se encontrara conectado.

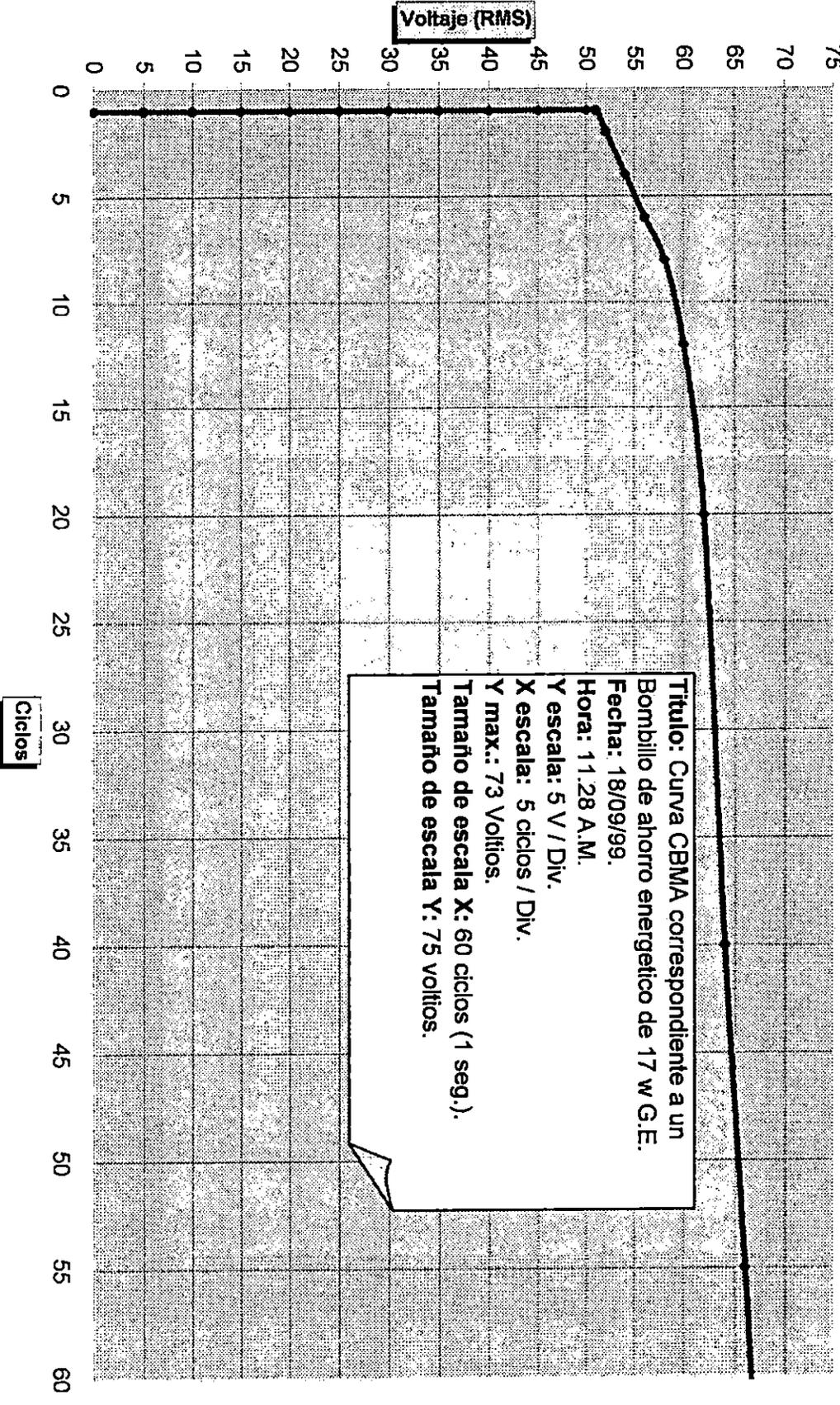
Por lo tanto se puede afirmar que el área de operabilidad del relé se encuentra localizado arriba del punto (12,82). En vista a que no se generó la curva CBEMA para una perturbación tipo Swells no se puede cuantificar el área de operación total.

CURVA CBMA CORRESPONDIENTE A UN SIMATIC S7-200 SIEMENS



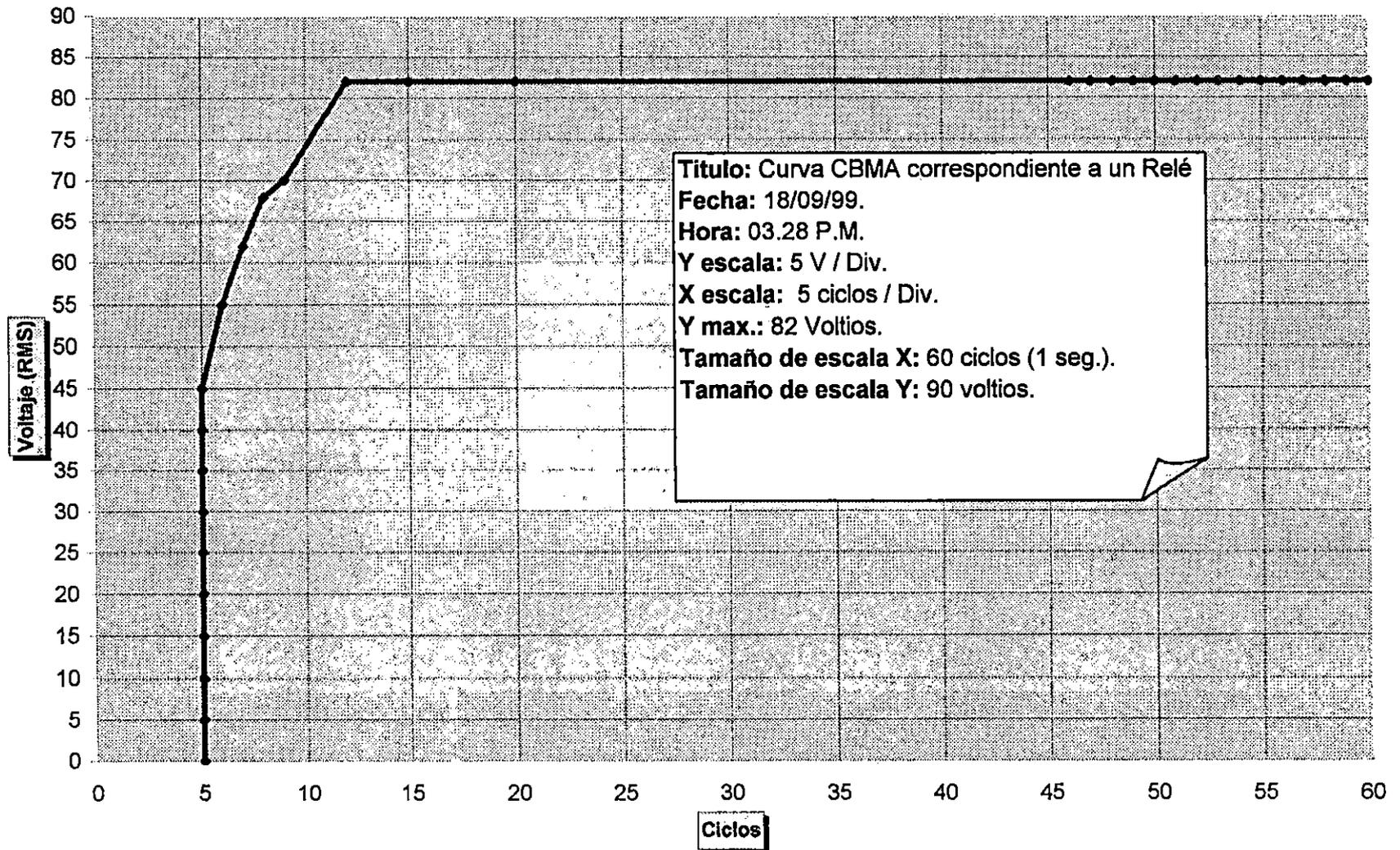
Título: Curva CBMA correspondiente a un PLC
SIMATIC S7-200, SIEMENS.
Fecha: 18/09/99.
Hora: 10:00 A.M.
Y escala: 5 V / Div.
X escala: 5 ciclos / Div.
Y max.: 62 Voltios.
Tamaño de escala X: 60 ciclos (1 seg.).
Tamaño de escala Y: 70 voltios.

CURVA CBMA CORRESPONDIENTE A UN BOMBILLO DE AHORRO ENERGETICO DE 17 W G.E.



Título: Curva CBMA correspondiente a un Bombillo de ahorro energetico de 17 w G.E.
Fecha: 18/09/99.
Hora: 11.28 A.M.
Y escala: 5 V / Div.
X escala: 5 ciclos / Div.
Y max.: 73 Voltios.
Tamaño de escala X: 60 ciclos (1 seg.).
Tamaño de escala Y: 75 voltios.

CURVA CBMA CORRESPONDIENTE A UN RELE



Título: Curva CBMA correspondiente a un Relé
Fecha: 18/09/99.
Hora: 03.28 P.M.
Y escala: 5 V / Div.
X escala: 5 ciclos / Div.
Y max.: 82 Voltios.
Tamaño de escala X: 60 ciclos (1 seg.).
Tamaño de escala Y: 90 voltios.

CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Al observar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas al relé, Simatic S7-200 y lámpara de 17 watts. podemos afirmar que el dispositivo de mayor sensibilidad a la perturbación Sags es el bombillo.

Partiendo de la conclusión anterior determinamos que la sensibilidad de los dispositivos eléctricos ó electrónicos dependen del tipo de electrónica que se utiliza en su construcción, asumiendo que la línea de suministro de energía eléctrica que alimentan a estos dispositivos es constante. (Intervalo de voltaje contemplado 110 +/- 5%).

El relé por ser un dispositivo de carácter industrial (Uso general en motores de gran capacidad etc.) presenta más oposición a la perturbación Sags que pudiera originarse en la línea de suministro.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se recomienda no utilizar el bombillo de 17 watts de ahorro de energía, en aquellos lugares en las que las perturbaciones eléctricas son constantes, debido a que éste tipo de dispositivo se daña con facilidad a causa de la electrónica con que ha sido construido.

Se recomienda que para la utilización de dispositivos altamente sensibles a las perturbaciones se cuente con una fuente de alimentación auxiliar inmediata como respaldo a su proceso de operación; específicamente en PLCs que manejan procesos industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ◆ J.C. Smith and J. Lamoree, Electrotec Concepts, Knoxville, Tennessee U.S.A.
- ◆ P. Vinett and T. Duffy, Central Hudson Gas and Electric, New York U.S.A.

CONCLUSIONES GENERALES

Las perturbaciones más severas que afectan los dispositivos eléctricos y electrónicos son los Sags, Swells e Interrupciones siendo la más frecuente y crítica en nuestro medio los decrementos de voltaje Sags.

Una prueba que permite conocer la operatividad de un dispositivo eléctrico ó electrónico es el cálculo de la curva CBEMA; de tal manera que a través del comportamiento descrito de los parámetros que ella muestra conoceremos que tan confiable es la respuesta del dispositivo bajo prueba ante una perturbación eléctrica.

Dentro de las pruebas realizadas las luminarias de ahorro energético resultaron ser los equipos más sensibles a cualquier perturbación eléctrica que se simulaba.

La versatilidad que ofrece el Visual C++ permite crear programas con ambientes amigables para el usuario así como también da la facilidad de manejar un gran número de variables que contribuyen a la ejecución de una tarea determinada.

Para manejar cargas de alto consumo de potencia real con el Simulador de Perturbaciones Eléctricas es necesario poseer una fuente de alimentación de corriente directa capaz de suministrar las corrientes de consumo tanto para el amplificador como para el dispositivo en prueba.

RECOMENDACIONES GENERALES

Para la obtención de resultados que permitan evaluar la calidad de un dispositivo en prueba deberán realizar al menos tres pruebas iterativas que permitan determinar con mayor certeza la curva de operabilidad CBEMA.

Un punto que el diseñador debe considerar para la construcción de un prototipo de laboratorio es tomar como referencia que el operario que va a manipular el prototipo desconoce casi en su totalidad la arquitectura y operación del aparato; por lo tanto el diseñador deberá crear un equipo capaz de ser manejado con mayor sencillez posible.

Para la adquisición de datos de forma directa desde la PC hacia un circuito externo se recomienda la elaboración de una tarjeta interface altamente confiable.

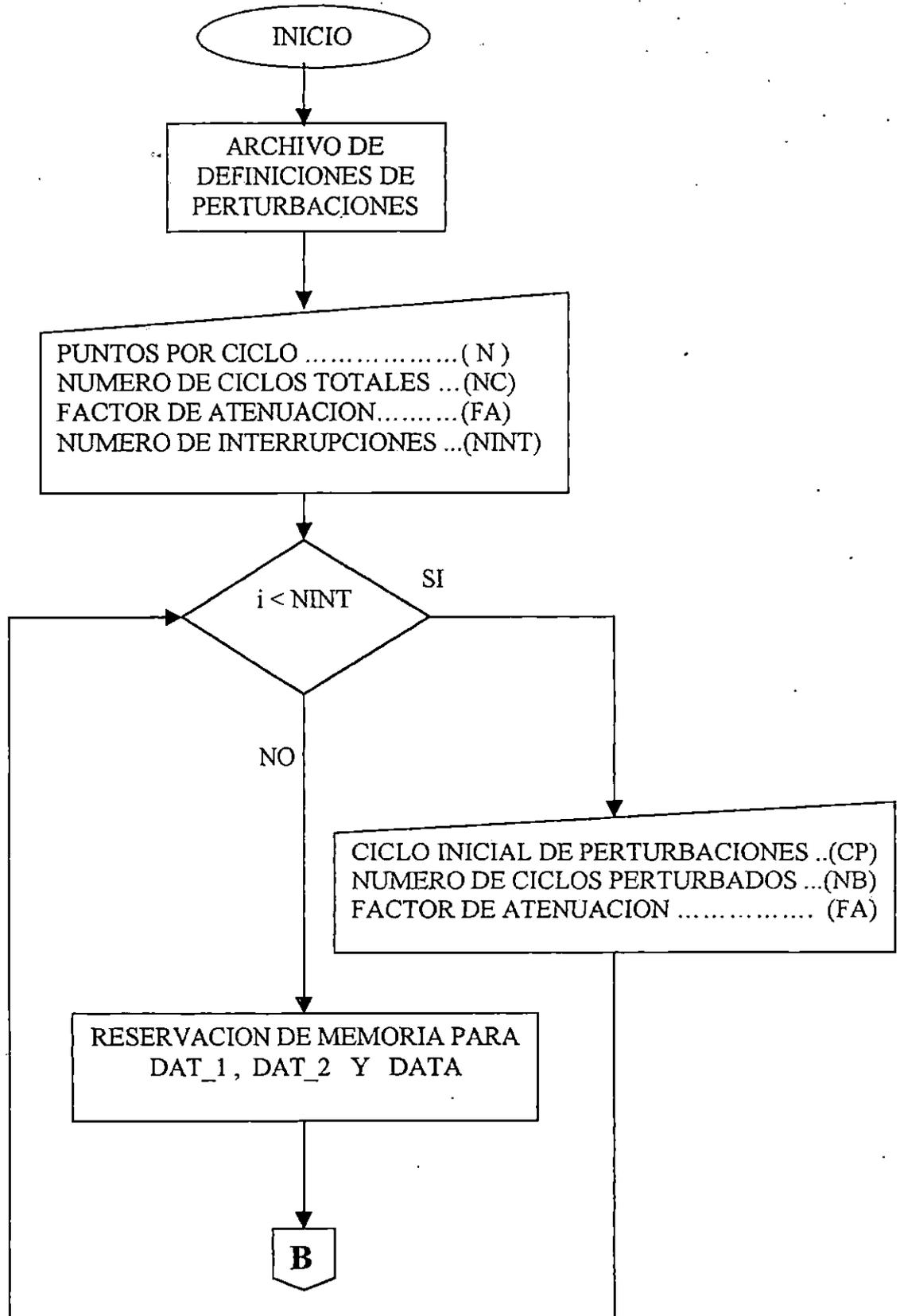
APENDICES

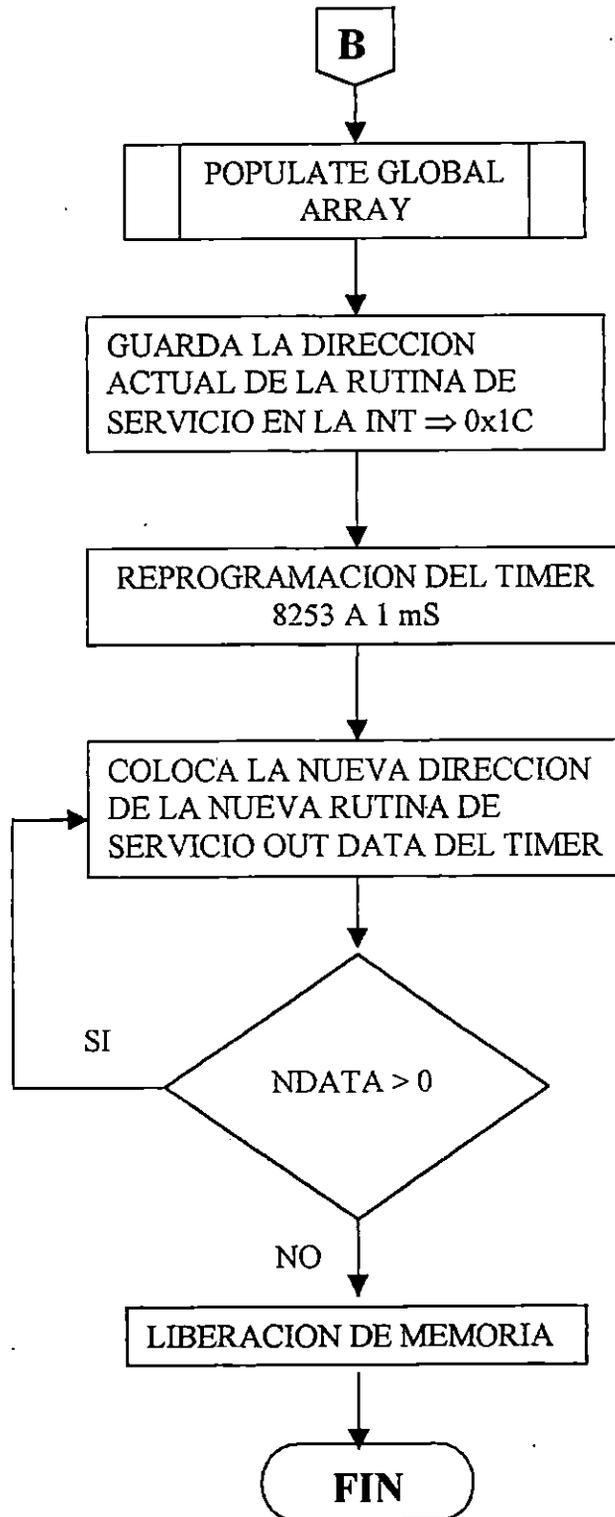
APENDICE A

FLUJOGRAMA

FLUJOGRAMA GENERAL

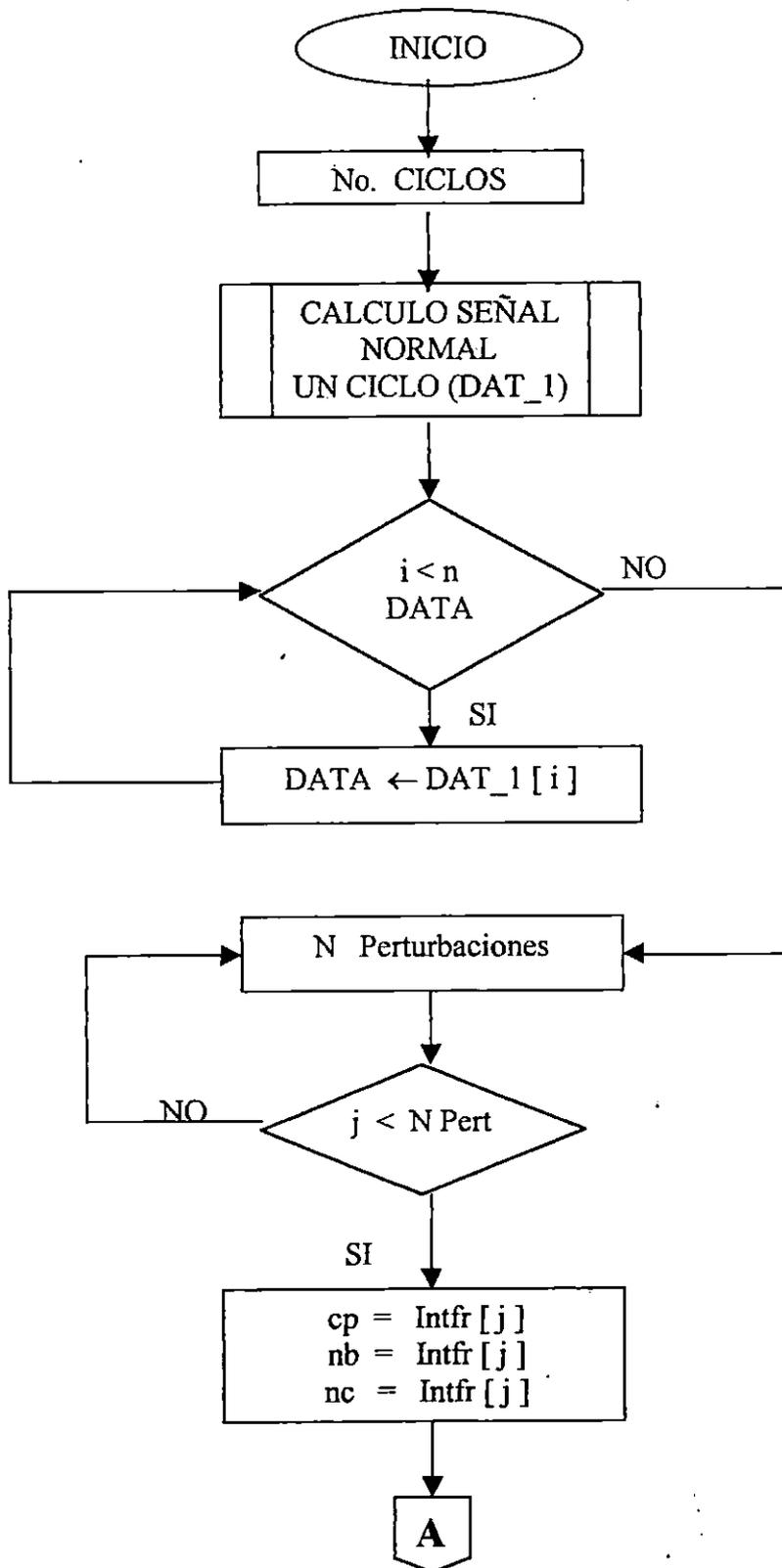
(MAIN)

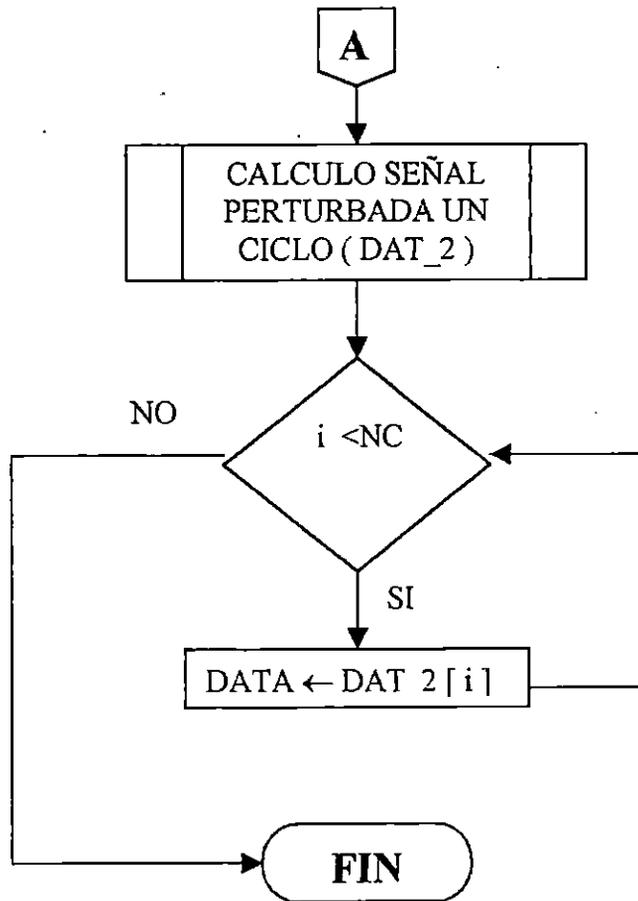




FLUJOGRAMA VECTOR DE DATOS

(POPULATE GLOBAL ARRAY)





APENDICE B

PROGRAMA

PROGRAMA GENERADOR DE LA SEÑAL SENO UTILIZADA POR EL SIMULADOR DE PERTURBACIONES ELECTRICAS.

```
#include <dos.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

#define SUCCESS          0                //
    constantes
#define ERROR           -1

#define PI               3.14159265359

#define round( x )      ((x - (int)x) >= 0.5 ? (int)x + 1 : (int)x) // Macro
round(0.5) = 1; Round(0.499999) = 0

typedef struct intf
    // Definicion de la estructura de interferencias
    {
        int cp;                // ciclo inicial de la perturbacion
        int nb;                // numero de ciclos perturbados
        double ap;            // atenuacion de la perturbación
    } Intf;
    // tipo de variable (perturbación)

long far nData = 0;
    // número de datos a ser enviados al puerto
```

```

long far iData = 0;
// contador de datos

long far idx = 0;
// indice de datos temporales

int far *DATA = NULL;
// Arreglo de datos a ser enviados al puerto

int far *DAT_1 = NULL;
// Arreglo temporal de datos

int far *DAT_2 = NULL;
// Arreglo temporal de datos

Intf far *INTFR = NULL;
// Arreglo de tipo interferencias

```

```

void (interrupt far *old_fnc)(void);
// Variable para guardar el puntero actual de la funcion que

```

// atiende la interrupción 0x1C

```

/*****
*getSignal Proposito : Evalua  $f(t) = 127.5 * FA * SIN (wt + O) + O_Y$  *
* dejando los datos en el arreglo DAT, esta genera N datos... *
*
* Arg: *
*
*
* N <= Número de puntos a generar (NPTS = 2^N,
donde N > 0) *
* NC <= Número de ciclos (> 0.0)
*
* FA <= Factor de atenuacion
*

```

* F <= Frecuencia $f = w / 2\pi$
 *
 * O <= Angulo de desfase en radianes
 *
 * O_X <= Desplazamiento en el eje Horizontal en radianes
 *
 * O_Y <= Desplazamiento en el eje Vertical.
 *
 * DAT => Datos Generados (números entre 0 - 255)
 *

...../

```
int getSignal
(
int          N,
double      NC,
double      FA,
double      F,
double      O,
double      O_X,
int         O_Y,
int         **DAT
)
{
    int f_err = SUCCESS;
    int i;
    int j;
    int k;
    int ndat;

    double t = 1.0;
    double R1 = 0.0;
    double R2 = 0.0;
    int R3 = 0;

    ndat = N;
```

```

t = NC / ( F * ndat ); j = (int)(fabs(O_X / t));
for (i = j, k = 0; k < ndat; i++, k++)
    {
        R1 = 127.5 * FA * sin ( 2 * PI * F * i * t + O );
        R2 = R1 + (double)O_Y;
        R3 = round(R2);
       >(*DAT + k) = R3;
    }

return f_err;
}

```

```

*
* int PopulateGlobalArray      Proposito : Generar el vector de datos a ser enviados al puerto *
*(
* int NP,                      # de puntos
* int NC,                      # de ciclos totales
* double AN,                   factor de atenuación de los ciclos normales
* Intf *Intfr,                 Arreglo de interferencias a generar
* int nInt                     # de interferencias a generar
*)

```

```

int PopulateGlobalArray(int NP, long NC, double AN, Intf *Intfr, long nInt)
{

```

```

int j;

long nct = NC;
long id = 0;
long cid = 0;

getSignal(NP, 1.0, AN, 60.0, 0.0, 0.0, 127, &DAT_1); // obtiene el patron de la
señal normal

while ( idx < nct)
// Completa el vector de datos con ciclos normales
{
    for (j=0; j<NP; j++)
        DATA[idx] = DAT_1[j]; /* Ciclos Normales */
    idx++;
}

idx = 0;
while ( idx < nInt)
// Completa las nInt perturbaciones a ser enviadas al puerto
{
    id = 0;
// Cuenta el # de ciclos perturbados
    cid = 0;
// Indice del vector de datos
    getSignal(NP, 1.0, Intfr[idx].ap, 60.0, 0.0, 0.0, 127, &DAT_2); //
obtiene un vector de datos patron para la idx señal pertumada

    while (id < Intfr[idx].nb)
// completa la idx perturbacion
    {
        for (j=0; j<NP; j++, cid++)
            DATA[Intfr[idx].cp + cid] = DAT_2[j]; /*
Ciclos Perturbados */

        id++;
    }
    idx++;
}

```



```
return SUCCESS;
```

```
}
```

```
/*-----*/
```

```
* void interrupt far outData(void) Proposito : Envía los datos al puerto de salida, *  
* esta función es llamada cuando la interrupción 0x1C es atendida aproximadamente *  
* cada 1 ms.
```

```
/*-----*/
```

```
void interrupt far outData(void)
```

```
{  
    outp(0x31F, DATA[iData++]);  
    nData--;  
}
```

```
/*-----*/
```

```
*  
*  
* int main() *  
*  
* *  
* Arg: fname.arg *
```

```
/*-----*/
```

```
int main(int narg, char **argv)
```

```
{  
    if (narg > 1)  
    {
```

```

FILE *fP = NULL;

int i;
int nInt;      // # de interrupciones
int NP;        // # de puntos por ciclo
int NC;        // # de ciclos totales
double AN;     // factor de atenuacion de ciclos normales

long t1, t2;   // variables temporales

if ((fP = fopen(argv[1], "r")) != NULL)      // Abre el archivo de
argumentos
{
    fscanf(fP, "%i %i %f %i", &NP, &NC, &AN, &nInt);
    // lee los datos globales de la señal

    // NP : # de puntos por ciclo

    // NC : # de ciclos totales

    // AN : Factor de atenuacion para los ciclos
normales

    // nInt : # de perturbaciones a enviar

    if ((INTFR = (Intf *)malloc (sizeof (Intf) * nInt + 1)) ==
NULL) // Localiza memoria para el # de interferencias
    { printf("\nERROR: INSUFICIENTE MEMORIA!!!.\n\n");
return 0; }

    // Llena la estructura de interferencias con los
argumentos

    // .cp : Ciclo inicial de la perturbacion

    // .nb : # de ciclos perturbados

```

```

// .ap : Factor de atenuacion para la perturbacion
for (i=0; i<nInt; i++)
{
    fscanf(fp, "%i %i %lf ", &INTFR[i].cp,
&INTFR[i].nb, &INTFR[i].ap);
}
}

```

```

t1 = (long)NC;
// Variables temporales....
t2 = (long)NP;

```

```

if ((DAT_1 = (int *)malloc (sizeof (int) * NP + 1)) != NULL)
// localiza memoria para el arreglo temporal del ciclo normal
if ((DAT_2 = (int *)malloc (sizeof (int) * NP + 1)) != NULL)
// localiza memoria para el arreglo temporal del ciclo perturbado
if ((DATA = (int *)malloc (sizeof (int) * NP * NC + 1)) == NULL) //
localiza memoria para el arreglo global de datos a ser enviados
{ printf("\nERROR: INSUFICIENTE MEMORIA!!!\n\n"); return 0; }

```

```

PopulateGlobalArray(NP, NC, AN, INTFR, nInt); // Llena el arreglo global
de datos DATA...

```

```

nData = t1 * t2; // # de datos a ser enviados

```

```

printf("nData = %li\n", nData);

```

```

old_fnc = getvect(0x1C);
// obtiene la direccion actual del vector de interrupcion 0x1C...
outp(0x43, 0x40);
/* Prog. Timer 8253 */
outp(0x40, 0x1);
/* LSB + MSB = 3.567uS... */
outp(0x40, 0x0);

```

```

        setvect(0x1c, outData);
// Coloca la nueva direccion del vector de interrupcion 0x1C...

        while (nData>0);
// Espera hasta que todos los datos hayan sido enviados

        setvect(0x1c, old_fnc);
// Restaura la direccion del vector de interrupcion 0x1C...

        printf("\nLos Datos enviados fueron :\n\n");    // Imprime los datos
enviados, linea por ciclo....

        for (i=0; i<iData; i++)
        {
            printf("%4i, ",(int)DATA[i]);
            if (!(i+1) % NP) printf("\n");
        }

        printf("\n\n");

        free (DAT_1);
// Libera la memoria localizada, que no volverá a ser usada...
        free (DAT_2);
        free (DATA);

    } else
        // Imprime un mensaje de ayuda para el operador del programa Send.exe
        {
            printf("\nUse: send fname.arg\n\n\tWhere : \n\n\t\tfname.arg : Es el archivo q'
contiene los argumentos");
        }

        return 0;
    }

```