

300617

4
2ej



UNIVERSIDAD LA SA

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**ESTUDIO DE COORDINACION DE PROTECCIONES
DE LA PLANTA DE RECOMPRESION Y BOMBEO
DE PEMEX EN ATASTA, CAMPECHE**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

ANA MARIA ALARCON OROZCO

DIRECTOR: ING. ENNA CARVAJAL CANTILLO.

MEXICO D.F.

*REGISTRADO
DESCONTINUO*

1 9 9 2



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION

| | | |
|------------|---|-----------|
| <u>I.</u> | <u>GENERALIDADES.....</u> | <u>1</u> |
| | I.1 Necesidades de protección..... | 1 |
| | I.2 Tipos de protección..... | 1 |
| | I.3 Características de un buen sistema de protección..... | 2 |
| | I.4 Dispositivos de protección..... | 2 |
| | I.5 Comportamiento característico de las protecciones..... | 6 |
| | I.6 Curvas de dispositivos de protección..... | 7 |
| | I.7 Fallas..... | 9 |
| | I.8 Coordinación de protecciones..... | 11 |
| | I.9 Procedimiento para un estudio de coordinación...11 | |
| <u>II.</u> | <u>ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.....</u> | <u>12</u> |
| | II.1 Introducción..... | 12 |
| | II.2 Corriente momentánea..... | 12 |
| | II.3 Corriente interruptiva..... | 13 |
| | II.4 Corriente de falla de línea a tierra..... | 13 |
| | II.5 Corto circuito trifásico..... | 13 |
| | II.6 Alternativas de estudio..... | 16 |
| | II.7 Cálculo de impedancias..... | 17 |
| | II.8 Cálculo típico de corrientes de falla para el bus 4..... | 17 |
| | II.9 Corto circuito de línea a tierra..... | 19 |
| | II.10 Alternativa de estudio..... | 20 |
| | II.11 Cálculo de impedancias..... | 20 |
| | II.12 Cálculo típico de corrientes de de corto circuito para el bus 4..... | 20 |
| | II.13 Listado de resultados..... | 27 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| III. | <u>BASES PARA LOS AJUSTES</u> | 52 |
| III.1 | Introducción..... | 52 |
| III.2 | Límites de protección..... | 52 |
| III.3 | Criterios de aplicación de los principales dispositivos de protección contra sobrecorriente en un sistema eléctrico..... | 56 |
| III.4 | Márgenes de coordinación..... | 57 |
| IV. | <u>PROGRAMA DE COMPUTADORA</u> | 64 |
| IV.1 | Introducción..... | 64 |
| IV.2 | Diagrama de estructura..... | 65 |
| IV.3 | Descripción de los módulos..... | 68 |
| IV.4 | Descripción funcional..... | 73 |
| IV.5 | Datos de entrada / salida..... | 75 |
| IV.6 | Activación, terminación..... | 78 |
| V. | <u>ESTUDIO ESPECIFICO</u> | 79 |
| V.1 | Introducción..... | 79 |
| V.2 | Lista de cambios..... | 79 |
| V.3 | Curvas de coordinación..... | 80 |
| VI. | <u>ANALISIS DE RESULTADOS</u> | 123 |
| VI.1 | Introducción..... | 123 |
| VI.2 | Análisis de gráficas..... | 123 |
| VI.3 | Ajustes..... | 124 |
| VI.4 | Nomenclatura..... | 125 |
| | <u>CONCLUSIONES</u> | 126 |
| | <u>BIBLIOGRAFIA</u> | 128 |

INTRODUCCION

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

Todos los sistemas de potencia, cualquiera que sea su uso (industrial, comercial o residencial), tienen el propósito común de proporcionar energía eléctrica para la utilización del equipo de manera segura, confiable y económica. La relativa importancia de estos conceptos depende de las consideraciones acerca del sistema, pero las tres deben de ser tomadas en cuenta en el diseño y se debe de satisfacer un mínimo de requisitos en cuanto a seguridad y confiabilidad se trata.

Este trabajo de tesis hace un estudio de coordinación de protecciones en una planta de recompresión y bombeo de Pemex localizada en Atasta, Campeche, tomando en cuenta las características y necesidades propias del sistema, sin perder los lineamientos de norma.

La interrupción de energía eléctrica en ésta planta, provoca problemas en el sistema de transporte, proceso de gas y condensados durante el tiempo de la falla eléctrica y durante 40 horas después, tales como:

1. Suspensión del bombeo de condensados. Como no se puede almacenar en el slug catcher por diferencias de presiones, se derivan al quemador 300 bls/h en forma instantánea.
2. Caída de presión instantánea en el gasolinoducto, lo cual origina la formación de candados de gas y el represionamiento cuando se reanuda el bombeo.
3. Represionamiento en el gaseoducto marino, motivo por el cual tienen que salir de acción cuatro módulos de compresión de plataformas, y se envían a la atmósfera 360 mmpcd (miles de millones de pies cúbicos diarios) de gas.

Si la falla eléctrica persiste por más de cuatro horas, se igualarán las presiones de llegada y salida, provocando:

4. Saturación de la capacidad de transporte en el gaseoducto terrestre Atasta - Cd. Pemex, de tal manera que el excedente de 650 mmpcd tendrá que enviarse a la atmósfera en las plataformas de compresión.

El día 28 de enero de 1990, se presentó en la estación una falla eléctrica a tierra en el transformador de 440 - 220 V, que provocó la salida de operación de la planta por un lapso de cinco horas, con las consecuencias ya enunciadas.

Por tal motivo, Pemex solicitó al IIE un estudio de gran alcance, a fin de minimizar los problemas eléctricos que se presenten en el futuro.

Esta tesis representa solo una parte del trabajo solicitado por Pemex. Para esto, se presentan de manera simplificada y comprensible, desde los principios generales hasta los resultados, de la siguiente forma:

En el Capítulo I se presentan los conceptos generales de coordinación de protecciones para tener un panorama global del problema.

En el Capítulo II se desarrollan los procedimientos de cálculo de corto circuito en base a las normas y se presentan las alternativas de estudio.

En el Capítulo III se comentan los criterios vigentes para proporcionar una protección adecuada.

El Capítulo IV explica el funcionamiento del programa que realiza la coordinación de protecciones.

El Capítulo V presenta las gráficas tiempo - corriente con los ajustes realizados.

En el Capítulo VI se analizan estos resultados.

CAPITULO I

CAPITULO I

GENERALIDADES

I.1 Necesidades de protección

Todos los sistemas están expuestos a fallas, por eso, los dispositivos de protección se usan en los sistemas de distribución para prevenir o minimizar los daños causados por ellas a los circuitos y aparatos evitando el incremento o propagación de la anomalía existente. Idealmente, un esquema protector debe:

- a) Detectar y aislar instantáneamente fallas en cualquier punto del sistema.
- b) Logrado lo anterior, mantener interconectado al sistema cuanto sea posible.
- c) Puesto que muchas fallas son autoliberadas, restablecer el sistema a su configuración original tan pronto como sea posible.
- d) Discriminar claramente entre condiciones normales y anormales del sistema, de modo que los dispositivos de protección nunca operen innecesariamente.

En la práctica no se pueden satisfacer todos estos objetivos simultáneamente.

I.2 Tipos de protección

En coordinación de protecciones se habla de dos tipos de protección: primaria y de respaldo.

La protección primaria es aquella que físicamente se encuentra más próxima al punto de falla y se espera que funcione antes que cualquier otra; pero, si ésta no opera, entra en acción la de respaldo, cuya diferencia básica con la primaria es que solo debe funcionar una vez comprobada la ineffectividad de la primaria.

Todas las protecciones establecen a su alrededor una zona de protección cuyo alcance depende de la sensibilidad y ajuste que tengan.

Como se pretende proteger todo el circuito, se prefiere que los límites de las zonas protegidas de cada dispositivo se superpongan, de manera que, en un caso crítico, se dispare más de una protección; en este caso, se sacrifica coordinación por protección.

I.3 Características de un buen sistema de protección

Un sistema de protección eficiente debe de ser:

- a) Confiable. Operar correctamente cuando se necesite.
- b) Rápido. El tiempo de duración de la falla debe ser mínima.
- c) Selectivo. Garantizar la continuidad del servicio al máximo, con el mínimo de desconexiones.
- d) Económico. Máxima protección al mínimo costo.
- e) Simple. Mínimo equipo y alambrado.

Prácticamente, es imposible satisfacer todas estas características al 100%, por lo que se dan prioridades, dependiendo de las exigencias del circuito.

I.4 Dispositivos de protección

Un sistema eléctrico de potencia contiene equipos que deben ser protegidos contra un exceso de corriente, ya que puede ser dañado por un sobrecalentamiento, o destruido por el arco eléctrico que se forma; así como mantener los voltajes dentro de márgenes aceptables y evitar desbalances.

Los dispositivos de protección son los encargados de detectar cualquier situación anormal en los circuitos.

Existen varios tipos y se seleccionan de acuerdo al tipo de falla y elemento que se desea proteger, y pueden ser:

I.4.1 Transformadores de medición

Pueden ser transformadores de voltaje o de potencial (TP) y transformadores de corriente (TC). Su objetivo es transformar las señales medidas a valores dentro del rango de valores de ajuste de los dispositivos de protección. La forma de conectarlos se muestra en la figura 1.1.

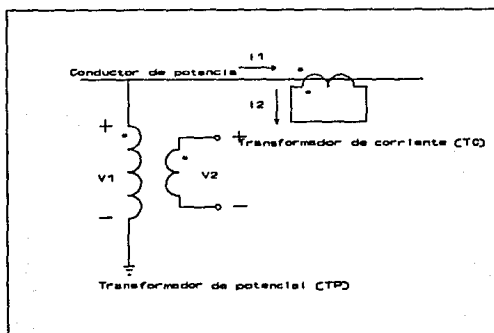


FIGURA 1.1

Forma de conexión de los transformadores de medición

I.4.2 Relevadores de sobrecorriente

Un componente clave en cualquier esquema de protección de un sistema de potencia, es el relevador. Es un mecanismo que, en base a la información recibida desde el sistema de potencia, a través de los transformadores de medición, desarrolla acciones de conmutación.

La información consiste en señales proporcionales a las magnitudes de las corrientes del sistema de potencia. El relevador "decide" entonces cerrar o abrir contactos normalmente abiertos o cerrados, dependiendo de su valor de ajuste.

Los relevadores pueden funcionar de acuerdo a los siguientes principios:

- a) Atracción electromagnética. Funciona en base a un émbolo (o una armadura) que es atraído dentro de un solenoide (o por un electroimán).
- b) Inducción electromagnética. Funciona en base a la señal que llega a la bobina produciendo un campo magnético; las corrientes son inducidas a un disco e interactúan con el campo para producir un torque en el disco y girar.
- c) Térmico. Funciona en base a elementos bimetalicos diferentes. El elemento térmico se dilata cuando a través de él circula una corriente excesiva, ocasionando la apertura o cierre de los contactos.
- d) Estado sólido. Son fabricados con componentes electrónicos que funcionan con bajas señales de corriente suministradas por sensores. Tienen la ventaja sobre los anteriores de ser pequeños, silenciosos, sin partes móviles, ligeros y confiables.

I.4.3 Fusibles

Son elementos que se funden por el efecto térmico del paso de una corriente de falla, interrumpiendo su circulación.

Es un elemento sensor y desconectador, y actúa solo para las fases expuestas a sobrecorriente, por lo que es un dispositivo monofásico.

Sirve solo para una operación y debe ser cambiado.

Se pueden diseñar con o sin retardo intencional, y con características particulares de acuerdo a las exigencias del sistema.

Se clasifican en simples, térmicos y limitadores de corriente, según su operación y característica tiempo-corriente de fusión.

Los simples cortan el calor desarrollado en el mismo elemento y son de dimensiones reducidas.

Los térmicos son más grandes y tienen calentadores auxiliares con el fin de producir un efecto de retardo con corrientes excesivas.

Los limitadores se fundirán en la primera alteración con intensidades de 10 a 15 veces mayores de la nominal.

Los fusibles también se clasifican en domésticos y de potencia; los de potencia pueden ser:

- a) Limitadores de corriente. Interrumpen la energía limitando la corriente de falla a valores inferiores que el valor pico que pudiera circular en un tiempo menor a la duración del primer semiciclo de la onda de corriente de falla.
- b) Expulsión. Están formados por un pequeño eslabón fusible, que al fundirse provoca que el arqueo producido genere gases, provocando a su vez turbulencia alrededor del arco, de manera que cuando la corriente pasa por un valor nulo, el canal de arqueo se reduce interrumpiéndose el flujo de corriente y expulsando los gases.
- c) Cortacircuitos fusibles. Operan como los de expulsión y emplean un tubo con forro de fibra desionizante para limitar el arco y un eslabón fusible.
- d) Eslabón fusible. Están formados por un botón o cabezal, un elemento fusible y una guía o tensor. El elemento fusible se funde por la corriente de falla.

Las recomendaciones de uso son:

| | |
|-----------------------------------|----------------|
| Limitadores de corriente | 2.8 - 27.0 KV |
| (ANSI C37-46) | 50.0 - 16.0 KA |
| Expulsión | 2.4 - 161.0 KV |
| (ANSI C37-47) | 63.0 - 2.0 KA |
| Cortocircuito fusible y expulsión | 4.8 - 34.5 KV |
| (ANSI C37-41) | 3.0 - 7.1 KA |

I.4.4 Interruptores de bajo voltaje

La norma ANSI/IEEE std. 100 define al interruptor como "un dispositivo de conmutación capaz de conducir, establecer e interrumpir corrientes eléctricas bajo condiciones normales de operación. Establecer e interrumpir corrientes eléctricas bajo condiciones anormales especificadas, tales como corto circuito". Pueden ser de dos tipos:

- a) En caja moldeada. Están montados en una unidad integral o en soportes y alojamiento de material aislante.
- b) De potencia de bajo voltaje. Son para circuitos de menos de 1000 V línea a línea en corriente alterna o de menos de 3000 V de corriente directa.

Los modelos actuales tienen integrado el elemento sensor de sobrecorriente, que al detectar la falla, abre los contactos.

Para corto circuitos y fallas a tierra, se recomienda usar interruptores con sensores de estado sólido y con componentes de ajuste para lograr la coordinación con los demás dispositivos.

I.5 Comportamiento característico de las protecciones

Las características del comportamiento de los dispositivos de protección pueden ser:

- | | |
|----------------------------|------------------|
| a) Inversa. | d) Tiempo corto. |
| b) Muy inversa. | e) Tiempo largo. |
| c) Extremadamente inversa. | f) Instantáneo. |

El término inverso significa que a mayor corriente de entrada, menor tiempo de disparo.

El término instantáneo se aplica a los dispositivos que no tienen retardo de tiempo intencional y que funcionan en 6 ciclos o menos, como los fusibles y relevadores de alta velocidad.

El comportamiento de un dispositivo de protección está definido por sus características intrínsecas de construcción y no pueden cambiar radicalmente.

A veces, es necesario usar dos o más de las características enlistadas, por lo que se diseñan dispositivos así, pero en el caso de no existir, se pueden combinar varios dispositivos del mismo tipo que operen en diferentes regiones cada uno, y en conjunto, protejan en el rango deseado.

I.6 Curvas de dispositivos de protección

El comportamiento de un dispositivo es la respuesta que de él obtenemos en función de una señal de entrada suministrada al mismo, y se representa gráficamente por una línea o banda en un plano de coordenadas tiempo-corriente.

La señal de entrada es el indicador de las condiciones existentes en el sistema, en base a las cuales se decide el comportamiento de la protección, el cual usualmente se grafica en escalas logarítmicas para visualizarlo mejor, ya que se manejan rangos amplios.

Si en una misma hoja se dibujan las características de más de una protección, se tendrá representado el comportamiento de cada una y del grupo integral, siendo así fácil analizar y determinar si se tiene la protección necesaria; en caso contrario, con la misma información, se hacen los reajustes correspondientes hasta satisfacer los requisitos establecidos.

Una gráfica tiempo-corriente debe contener:

- a) Curvas de dispositivos de protección.
- b) Corrientes nominales.
- c) Corrientes de sobrecarga máxima.
- d) Corrientes de corto circuito.
- e) Límites de protección.

I.6.1 Interpretación de las gráficas

De la interpretación que se dé a las gráficas, depende la conclusión del estudio.

El tiempo marcado en la escala vertical es el transcurrido a partir de la iniciación de la falla; la escala horizontal marca los valores de la corriente. La región abajo y a la izquierda de las curvas representa la región de no operación, y la región arriba y a la derecha la de operación. Las curvas representan un lugar que indica cuánto tiempo se requiere para que un dispositivo opere con un valor de corriente seleccionado. A veces, en lugar de una curva, tenemos una banda, que indica las tolerancias máxima y mínima dentro de las cuales se espera la operación de la protección.

Generalmente, las curvas son graficadas desde un punto de baja corriente y tiempo de operación grande, hasta donde cruzan con la corriente a la cual se requiere su disparo, indicando la eliminación de la falla.

Se tiene selectividad cuando actúa primero la protección más cercana a la falla, y sucesivamente las más alejadas.

Para una mejor comprensión, ver la figura 1.2.

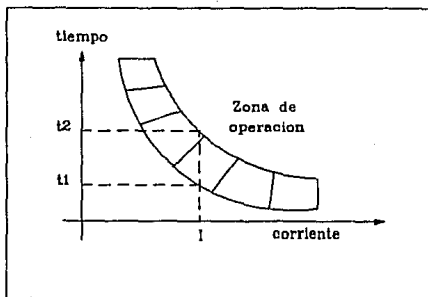


FIGURA 1.2

Gráfica tiempo-corriente

Los disparos de las protecciones en serie deben tener un margen de coordinación, es decir, un retardo de tiempo en el disparo de uno con respecto al otro, mismo que debe verificarse en las gráficas al valor de corriente de falla.

Todas las curvas de los dispositivos de protección deben quedar abajo de los límites de protección de los elementos que protegen, y deben quedar arriba de los valores transitorios (corrientes de arranque o inrush).

I.7 Fallas

Una falla en un conductor es cualquier desperfecto que interfiera con la circulación normal de corriente. La mayor parte de las averías en líneas de transporte de 115 KV y superiores son producidas por los rayos que dan lugar a descargas en los aisladores.

Todos los sistemas están expuestos a fallas de diferentes tipos, tales como línea-tierra, línea a línea, doble línea a tierra y trifásica.

Las fugas o fallas permanentes son producidas por líneas derivadas a tierra, cadenas de aisladores rotas por cargas de hielo, desperfectos en las torres y averías en los pararrayos.

Las consecuencias de una falla dependen de la naturaleza y condiciones de la misma, y pueden ser desde una imperceptible fuga de corriente a tierra, hasta destrozos materiales que pueden poner en peligro la seguridad del personal. Pero sin importar el tipo de falla que se tenga, debe de ser eliminada lo más rápido posible.

Las fallas que generalmente se analizan son la trifásica y de línea a tierra por ser las más severas y/o frecuentes.

Las corrientes que fluyen durante una falla provienen de las máquinas eléctricas rotatorias, que se pueden dividir en:

- a) Generadores síncronos.
- b) Motores y condensadores síncronos.
- c) Máquinas de inducción.
- d) Sistemas de suministro de energía eléctrica.

La corriente que circula por los distintos puntos de una red e inmediatamente después de presentarse una falla, difiere de la que circula unos pocos ciclos después cuando los dispositivos de protección cortan la corriente, y ambas son diferentes de la corriente de régimen estacionario.

En la figura 1.3 se muestra la gráfica que indica la variación de la corriente de corto circuito en función del tiempo.

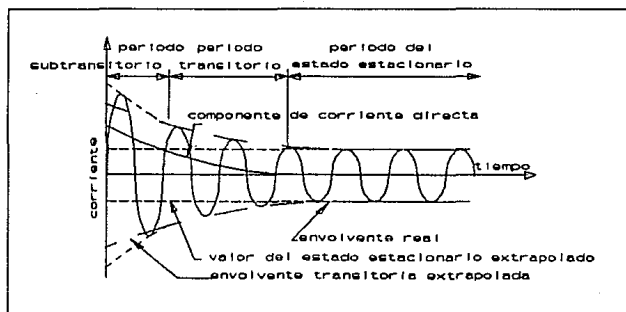


FIGURA 1.3

Variación de la corriente de corto circuito

Para el caso de coordinación de protecciones se determinan las corrientes de falla trifásica, momentánea e interruptiva, y de línea a tierra, que pasan a través de los equipos que se desean proteger.

I.8 Coordinación de protecciones

La coordinación de protecciones es un análisis organizado tiempo-corriente de todas las curvas de los dispositivos en serie; básicamente, es una comparación del tiempo que tardan en operar cada uno de ellos cuando circulan corrientes anormales, las cuales pueden ser corrientes por sobrecargas o debidas a corto circuito.

El objetivo de un estudio de coordinación de protecciones es determinar las características, rangos y ajustes de los dispositivos de protección que aseguren, para un caso de falla, poner fuera de servicio únicamente la parte averiada. Se requiere que actúe solo la protección primaria, y, en caso de emergencia, la de respaldo.

I.9 Procedimiento para un estudio de coordinación

Además de contar con toda la información necesaria, la cual se indica en el capítulo siguiente, se debe:

- a) Elaborar un diagrama unifilar descriptivo del sistema que muestre los rangos y demás datos útiles de todos los dispositivos de protección y equipo involucrado.
- b) Calcular para distintos tiempos las corrientes de corto circuito disponibles en diferentes puntos del sistema, para falla trifásica y de línea a tierra, para conocer la magnitud de la corriente a la que estarán expuestos los elementos.
- c) De acuerdo a los cálculos y en base a los requisitos de protección recomendados por norma, hacer el cálculo de los ajustes procurando selectividad en su operación.
- d) Elaboración de las gráficas tiempo-corriente que muestren la secuencia de operación de todas las protecciones y de ellas deducir las conclusiones.

CAPITULO II

CAPITULO II

ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO

II.1 Introducción

El objetivo del Estudio de Corto Circuito consiste en obtener y analizar las corrientes de corto circuito trifásico y de línea a tierra en todos los buses del sistema, utilizando un programa de cómputo desarrollado en el IIE, que cubre las recomendaciones de ingeniería más recientes (ver bibliografía).

Para realizar el estudio, se utilizó información del proyecto, cédulas de cables, datos de placa de los equipos eléctricos y datos típicos obtenidos de las normas respectivas, además del uso de diagramas que muestran la información necesaria del sistema para su manejo con facilidad.

Los diagramas usados se muestran en los planos UE-1, UZ-1 y UZO-1.

Los estudios contemplan ampliaciones futuras de acuerdo a las necesidades y comentarios expresados por PEMEX.

II.2 Corriente momentánea

Se llama así a la corriente que se tiene en el primer ciclo después de ocurrida la falla; su valor máximo se alcanza al medio ciclo. Esta corriente es la de mayor magnitud puesto que hay aportación de todas las máquinas rotatorias; para su cálculo se emplea la reactancia subtransitoria de las máquinas y se consideran todos los elementos pasivos del sistema. Los valores de esta corriente se requieren para la selección de fusibles, interruptores y ajuste del elemento de disparo instantáneo de los relevadores.

II.3 Corriente interruptiva

Se llama así al valor de corriente que ocurre en el momento que los contactos primarios del interruptor inician su apertura; se considera que la componente de corriente directa ha decaído cerca de cero, por lo que se desprecia; se omite la contribución de motores.

Esta corriente se requiere para el ajuste de relevadores con retardo de tiempo mayor de seis ciclos, aplicables cuando no se requiere disparo instantáneo, como en el caso de un interruptor con reducida capacidad interruptiva que puede funcionar sin riesgo después de que ha decaído la corriente momentánea, o bien, cuando existe un retardo en la operación de la protección de respaldo, para que ésta sea selectiva.

II.4 Corriente de falla de línea a tierra

En sistemas aterrizados este tipo de fallas producen corrientes que pueden ser detectadas y aisladas rápidamente. Si el sistema es aterrizado a través de una impedancia apropiada, el valor de la corriente de falla a tierra puede ser limitada a un valor que no cause daños considerables.

II.5 Corte circuito trifásico

II.5.1 Procedimiento de cálculo

El procedimiento para el cálculo es el recomendado por la Norma IEEE 141-1986 aplicado por medio del programa de cálculo ya mencionado.

El método consiste básicamente en la aplicación de ciertos factores de multiplicación sobre el cálculo de las corrientes de corto circuito, mismos que dependen del punto del sistema en el cual se analiza la falla, de la relación X/R de los equivalentes correspondientes del sistema reducido, tiempo en que se inicie la apertura de los contactos primarios del interruptor y uso de la corriente calculada. La Norma considera la elaboración de tres redes (circuitos equivalentes del sistema eléctrico) para los cálculos de las corrientes de corto circuito.

La diferencia entre cada red es el valor de la impedancia de las máquinas rotatorias aplicable (transitoria o subtransitoria).

II.5.1.1 Primera red

Su finalidad consiste en obtener las corrientes de corto circuito momentáneas. Para elaborar esta red deberán tomarse en cuenta los valores subtransitorios de todas las fuentes de corriente que contribuyen al corto circuito afectadas por los factores indicados en las Tablas 24 y 25 de la Norma y los elementos pasivos, considerando los motores menores de 50 HP agrupados en un equivalente.

Las corrientes calculadas con esta red pueden tener dos usos:

- 1) Para seleccionar capacidades de fusibles.
- 2) Para seleccionar capacidades de interruptores.

Para ambos casos se deberán calcular corrientes de corto circuito simétricas y asimétricas. El factor de asimetría se determina de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Para fusibles: 1.2 si el voltaje es menor a 15 KV y si la relación X/R es menor a 4.
1.55 para los demás casos.
(ANSI/IEEE C37.41-1981).
- b) Para interruptores en baja tensión: (menores o iguales a 1KV). El factor varía en función de la relación X/R .
(Ver Tabla 74).
(NEMA AB 1-1986).
- c) Para interruptores en media y alta tensión: (arriba de 1 KV), 1.6 en todos los casos.
(ANSI/IEEE C37.010-1979 y C37.5-1979).

II.5.1.2 Segunda red

Con esta red se obtiene la corriente interruptiva de corto circuito que ocurre en el momento en que los contactos del interruptor inician su apertura; los resultados deberán usarse para selección de interruptores en media y alta tensión - arriba de 1 KV.

Durante la elaboración de esta red se deben afectar las impedancias subtransitorias de las máquinas rotatorias por los factores indicados en las Tablas 24 y 25 de la Norma.

Con la relación X/R de los circuitos equivalentes interruptivos al punto de falla, se determina el factor de multiplicación utilizando las curvas de las Figuras 101, 102, 103 ó 104 de la Norma, la cual también recomienda usar siempre factores de multiplicación remotos que impondrían las condiciones más severas de falla, ya que resultan en valores mayores de corriente. En esta red se desprecian los motores agrupados de capacidades menores de 50 HP.

II.5.1.3 Tercera red

Con esta red se obtienen las corrientes que se requieren para el cálculo de los ajustes de relevadores con retardo de tiempo mayor a seis ciclos.

El circuito equivalente de la red que se utiliza deberá elaborarse considerando únicamente los valores de impedancia transitoria de los generadores e impedancias de los elementos pasivos (cables, transformadores, reactores, etc.), instalados entre ellos y los puntos de falla, despreciando las contribuciones de todos los motores.

El factor de multiplicación para esta red es de 1.0 para todos los casos.

En los ajustes de los relevadores instantáneos se utilizan las corrientes momentáneas de corto circuito obtenidas en la primera red.

En cálculos manuales se recomienda mantener equivalentes separados de reactancias y resistencias para encontrar las relaciones X/R y la impedancia equivalente al punto de falla, sin embargo, para niveles de falla arriba de 1 KV, la resistencia podrá omitirse al calcular la impedancia equivalente para fallas trifásicas balanceadas. El error introducido con la aplicación de éstas consideraciones no es significativo.

Con los valores de impedancia de cada elemento del circuito el programa calculó por métodos matriciales la impedancia equivalente en todos los buses del sistema y las corrientes de corto circuito de cada red.

II.6 Alternativas de estudio

Para cubrir las condiciones de operación indicadas por PEMEX, se realizaron las siguientes alternativas:

II.6.1 Primera alternativa

Considerando al sistema con un TG de 3375 KVA, la carga en operación normal de toda la planta y las siete bombas de condensados en 4160 V. Esta alternativa considera a los interruptores de enlace que unen a los buses TB-4A (BT) con el CCM-1 y al tablero SQD-A con el tablero SQD-B como normalmente abiertos, es decir, que se tiene un sistema eléctrico radial en el nivel de tensión de 480 V.

II.6.2 Segunda alternativa

Esta alternativa considera la misma carga que la alternativa anterior, pero con los interruptores de enlace en 480 V, es decir, que se tiene un sistema eléctrico formando una malla.

II.6.3 Tercera alternativa

Esta alternativa es igual a la primera, sólo que considera a los dos generadores de 3375 KVA en operación, con la finalidad de determinar las corrientes de corto circuito cuando se está realizando la sincronización para la entrada-salida de cualquiera de los dos generadores.

II.7 Cálculo de impedancias

Se realizaron para el estudio cálculos de impedancia de los elementos del sistema, presentando los resultados en su forma compleja y con valores en p.u. para cada elemento (ver listado anexo al final del capítulo) de acuerdo con la identificación que se indica en la siguiente lista:

1. Contribución de potencia de falla.
2. Transformador de dos devanados.
3. Motores de inducción.
4. Motores síncronos.
5. Cables en ducto.
6. Reactores.
7. Dato conocido.
8. Generadores.
9. Motores de inducción agrupados.
10. Elemento de puesta a tierra.

II.8 Cálculo típico de corrientes de falla para el bus 4

II.8.1 Primera red

$$I_{cc}(\text{sim})_{pu} = \frac{E_{pu}}{Z_{eqpu}}$$

donde E_{pu} - voltaje de prefalla = 1
 Z_{eqpu} - impedancia equivalente al punto de prefalla
= 0.029707 | 84.1019.

$$I_{cc}(\text{sim})_{pu} = 33.6621 \angle -84.1019$$

$$I_{cc}(\text{sim}) = I_{cc}(\text{sim})_{pu} / I_{base}$$

$$I_{base} = \frac{KV_{base}}{3 KV_{base}}$$

donde $KV_{base} = 1000$

$KV \text{ base} = 4.16$

$$I_{base} = 138.7861 \text{ A}$$

$$I_{cc}(\text{sim}) = 4.672 \text{ KA}$$

$$I_{cc}(\text{asim}) = I_{cc}(\text{sim}) \cdot f$$

donde f - factor. Para fusibles: relación $X/R = 9.68 > 4$
 $\Rightarrow f = 1.55$.

Para interruptores: $V > 1 \text{ KV} \Rightarrow f = 1.6$.

$$I_{cc}(\text{asim}) = 7.242 \text{ KA (para fusibles).}$$

$$I_{cc}(\text{asim}) = 7.475 \text{ KA (para interruptores).}$$

II.8.2 Segunda red

$$I_{cc}(\text{sim})_{pu} = \frac{E_{pu}}{Z_{eqpu}}$$

donde E_{pu} - voltaje de prefalla = 1
 Z_{eqpu} - impedancia equivalente al punto de prefalla
= $0.03853 \angle 85.3707$.

$$I_{cc}(\text{sim})_{pu} = 25.9538 \angle -85.3707$$

$$I_{cc}(\text{sim}) = I_{cc}(\text{sim})_{pu} / I_{base}$$

$$I_{cc}(\text{sim}) = 3.603 \text{ KA}$$

$$I_{cc}(\text{asim}) = I_{cc}(\text{sim}) \cdot f$$

donde f - factor. Para la relación $X/R = 12.43$, interruptor de cinco ciclos, apertura de contactos en tres ciclos:
 $\Rightarrow f = 1$.

$$I_{cc}(\text{asim}) = 3.603 \text{ KA}$$

II.8.3 Tercera red.

$$I_{ccpu} = \frac{E_{pu}}{Z_{eqpu}}$$

donde E_{pu} - voltaje de prefalla = 1
 Z_{eqpu} - impedancia equivalente al punto de prefalla
 = 0.06753 | 86.3545

$$I_{ccpu} = 14.8082 \text{ | } -86.3545$$

$$I_{cc} = I_{ccpu} / I_{base}$$

$$I_{cc} = 2.055 \text{ KA}$$

Ver listado anexo de resultados para las tres alternativas de las tres redes al final del capítulo.

II.9 Corto circuito de línea a tierra

II.9.1 Procedimiento de cálculo

El procedimiento utilizado para el cálculo de éstas corrientes se encuentra también en el programa de computadora, el cual calcula las impedancias Z_1 , Z_2 y Z_0 que se requieren para obtener las corrientes de corto circuito de línea a tierra mediante la siguiente relación:

$$I_{cc} = \frac{3E}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

Considerando $Z_1=Z_2=Z_0$ para los transformadores, reactores limitadores de corriente y cables.

La corriente de corto circuito calculada se utilizó para los ajustes de protecciones contra corto circuito de línea a tierra.

II.10 Alternativa de estudio

Las corrientes de corto circuito de línea a tierra se utilizan para la coordinación de relevadores de protección contra fallas a tierra; y éstas son de pequeño valor por conveniencia, para evitar daños a los equipos y personal. Por lo tanto, los ajustes de las protecciones de línea a tierra se calcularán sólo para la primera alternativa.

II.11 Cálculo de impedancias

Para el cálculo de corto circuito de línea a tierra, se obtuvieron los valores de impedancia de secuencia positiva, negativa y cero con ayuda de los diagramas UZ-1 y UZ0-1. Considerando $Z1=Z2=Z0$ para los transformadores, reactores limitadores de corriente y cables.

II.12 Cálculo típico corrientes de corto circuito para el bus 4

Equivalente de secuencia positiva y negativa:

$$Z_{12} = \frac{Z_1 + Z_2}{2} = 0.004 + j0.067 \text{ pu}$$

$$Z_0 = 1.041 + j0.067 \text{ pu}$$

$$I_{ccpu} = \frac{3E_{pu}}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

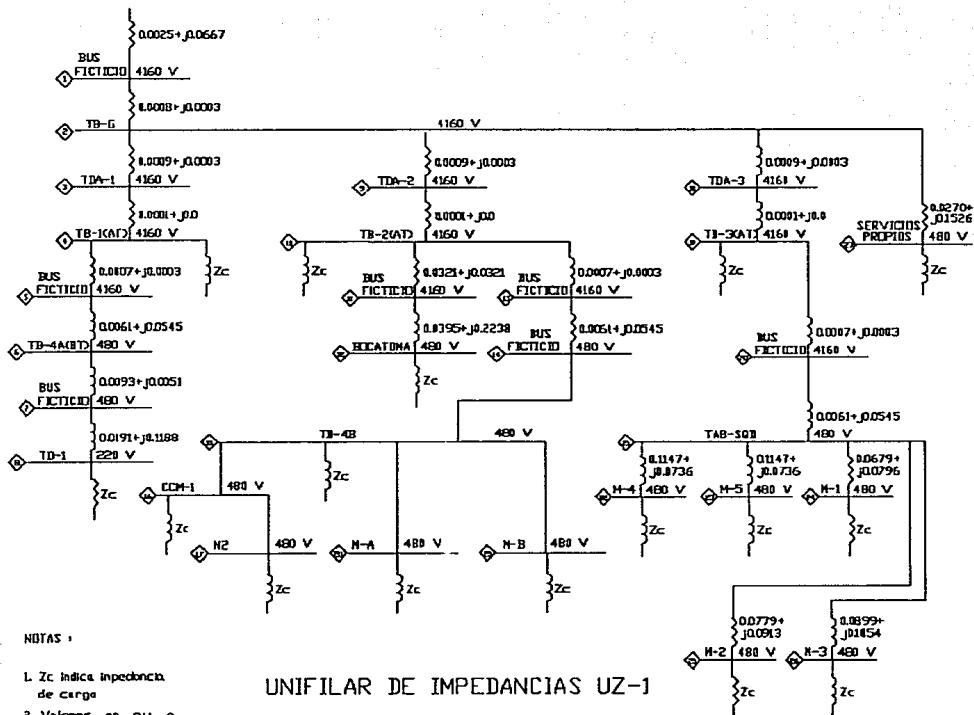
$$I_{ccpu} = \frac{3E_{pu}}{2 \cdot Z_{12} + Z_0}$$

$$I_{ccpu} = 2.8088 \left[-10.847 \right]$$

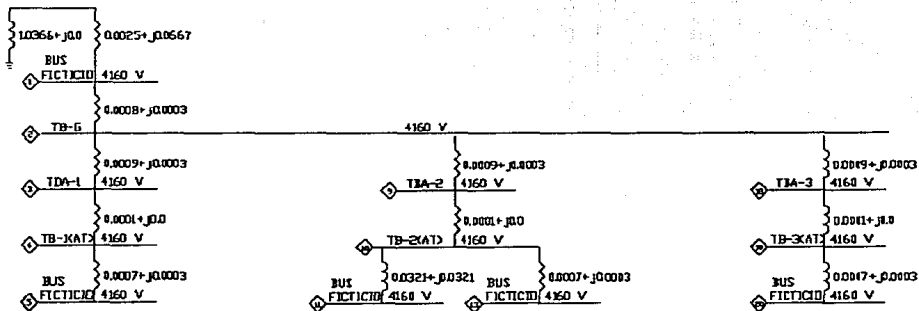
$$I_{cc} = I_{ccpu} / I_{base}$$

$$I_{cc} = 389.8182 \text{ A}$$

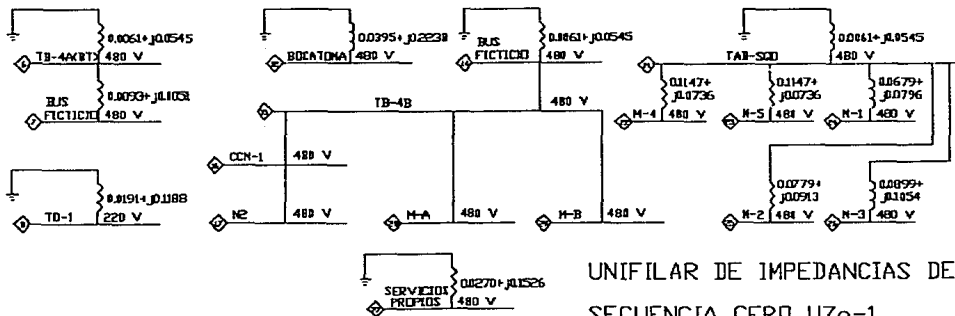
Ver listado anexo de resultados al final del capítulo.



UNIFILAR DE IMPEDANCIAS UZ-1



23



UNIFILAR DE IMPEDANCIAS DE SECUENCIA CERO UZ_{0-1}

| TABLA 24 | | |
|--|--------------|------------------|
| FACTORES DE MULTIPLICACION DE LA REACTANCIA (O IMPEDANCIA) DE LAS MAQUINAS ROTATORIAS | | |
| TIPO DE MAQUINA ROTATORIA | PRIMER CICLO | RED INTERRUPTIDA |
| Todos los generadores de turbina e hidráulicos con devanado amortiguador, todos los condensadores. | 1.0 X"d | 1.0 X"d |
| Todos los generadores hidráulicos sin devanado amortiguador. | 0.75 X'd | 0.75 X'd |
| Todos los motores síncronos | 1.0 X"d | 1.5 X"d |
| Motores de inducción | | |
| Arriba de 1000 hp ≤ 1800 r/min | 1.0 X"d | 1.5 X'd |
| Arriba de 250 hp a 3600 r/min | 1.0 X"d | 1.5 X"d |
| Todos los motores ≥ 50 hp | 1.2 X"d | 3.0 X"d |
| Todos los motores ≤ 50 hp | ----- | ----- |

De ANSI/IEEE C37.010-1979 (2) y ANSI/IEEE C37.5-1979 (3)

| TABLA 25 | | |
|---|--------------|------------------|
| FACTORES DE MULTIPLICACION DE LA REACTANCIA (O IMPEDANCIA) PARA UN SISTEMA COMBINADO DE MAQUINAS ROTATORIAS (CAMBIOS A LA TABLA 24 PARA LOS CALCULOS DE UN SISTEMA DE EXTENSION MULTIVOLTAJE) | | |
| TIPO DE MAQUINA ROTATORIA | PRIMER CICLO | RED INTERRUPTIDA |
| Motores de inducción | | |
| Todos los motores ≥ 50 hp | 1.2 X"d* | 3.0 X"d# |
| Todos los motores ≤ 50 hp | 1.67 X"d | ----- |

*O calcular el primer ciclo $X=0.2$ pu basado en la capacidad del motor.

·O calcular el primer ciclo $X=0.28$ pu basado en la capacidad del motor.

#O calcular la red interrumpida $X=0.6$ pu basado en la capacidad del motor.

TABLA 74

Factores de asimetría

| Factor de pot. (%) | X/R | Corr. de pico máx. inst. una fase Mp | Corr.rms máx. a $\frac{1}{2}$ ciclo una fase Mm | Corr.rms a $\frac{1}{2}$ ciclo una a $\frac{1}{2}$ ciclo trifásica |
|--------------------|----------|--|---|---|
| 0 | ∞ | 2.828 | 1.732 | 1.394 |
| 1 | 100.00 | 2.785 | 1.696 | 1.374 |
| 2 | 49.993 | 2.743 | 1.665 | 1.355 |
| 3 | 33.322 | 2.702 | 1.630 | 1.336 |
| 4 | 44.979 | 2.633 | 1.598 | 1.318 |
| 5 | 19.974 | 2.625 | 1.568 | 1.301 |
| 6 | 16.623 | 2.589 | 1.540 | 1.285 |
| 7 | 14.251 | 2.554 | 1.511 | 1.270 |
| 8 | 12.460 | 2.520 | 1.485 | 1.256 |
| 9 | 11.066 | 2.487 | 1.460 | 1.241 |
| 10 | 9.950 | 2.455 | 1.436 | 1.229 |
| 11 | 9.0354 | 5.424 | 1.413 | 1.216 |
| 12 | 8.2733 | 2.394 | 1.391 | 1.204 |
| 13 | 7.6271 | 2.364 | 1.372 | 1.193 |
| 14 | 7.0721 | 2.336 | 1.350 | 1.182 |
| 15 | 6.5912 | 2.309 | 1.330 | 1.171 |
| 16 | 6.1695 | 2.282 | 1.312 | 1.616 |
| 17 | 5.7947 | 2.256 | 1.294 | 1.152 |
| 18 | 5.4649 | 2.231 | 1.277 | 1.143 |
| 19 | 5.1672 | 2.207 | 1.262 | 1.135 |
| 20 | 4.8990 | 2.183 | 1.247 | 1.127 |
| 21 | 4.6557 | 2.160 | 1.232 | 1.119 |
| 22 | 4.4341 | 2.138 | 1.218 | 1.112 |
| 23 | 4.2313 | 2.11 | 1.205 | 1.105 |
| 24 | 4.0450 | 2.095 | 1.192 | 1.099 |
| 25 | 3.8730 | 2.074 | 1.181 | 1.093 |
| 26 | 3.7138 | 2.054 | 1.170 | 1.082 |
| 27 | 3.5661 | 2.031 | 1.159 | 1.081 |
| 28 | 3.4286 | 2.015 | 1.149 | 1.075 |
| 29 | 3.3001 | 1.996 | 1.139 | 1.070 |
| 30 | 3.4798 | 1.978 | 1.130 | 1.066 |
| 31 | 3.0669 | 1.960 | 1.121 | 1.062 |
| 32 | 2.9608 | 1.943 | 1.113 | 1.057 |
| 33 | 2.8606 | 1.926 | 1.105 | 1.056 |
| 34 | 2.7660 | 1.910 | 1.098 | 1.049 |
| 35 | 2.6764 | 1.894 | 1.091 | 1.046 |
| 36 | 2.5916 | 1.878 | 1.084 | 1.043 |
| 37 | 2.5109 | 1.863 | 1.078 | 1.039 |
| 38 | 2.4341 | 1.848 | 1.973 | 1.036 |
| 39 | 2.3611 | 1.833 | 1.068 | 1.033 |
| 40 | 2.2913 | 1.819 | 1.062 | 1.031 |

| | | | | |
|-----|--------|-------|---------|---------|
| 41 | 2.2246 | 1.805 | 1.057 | 1.028 |
| 42 | 2.1608 | 1.791 | 1.053 | 1.026 |
| 43 | 2.0996 | 1.778 | 1.049 | 1.024 |
| 44 | 2.0409 | 1.765 | 1.045 | 1.022 |
| 45 | 1.9845 | 1.753 | 1.041 | 1.020 |
| 46 | 1.9303 | 1.740 | 1.038 | 1.019 |
| 47 | 1.8780 | 1.728 | 1.034 | 1.017 |
| 48 | 1.8277 | 1.716 | 1.031 | 1.016 |
| 49 | 1.7791 | 1.705 | 1.029 | 1.014 |
| 50 | 1.7321 | 1.694 | 1.026 | 1.013 |
| 55 | 1.5185 | 1.641 | 1.015 | 1.008 |
| 60 | 1.3333 | 1.594 | 1.009 | 1.004 |
| 65 | 1.1691 | 1.553 | 1.004 | 1.002 |
| 70 | 1.0202 | 1.517 | 1.002 | 1.001 |
| 75 | 0.8819 | 1.486 | 1.0008 | 1.0004 |
| 80 | 0.7500 | 1.460 | 1.0002 | 1.00005 |
| 85 | 0.6198 | 1.439 | 1.00004 | 1.00002 |
| 100 | 0.0 | 1.414 | 1.0 | 1.0 |

De NEMA AB 1 - 1969 (12) pt 3, pp 4, 5.

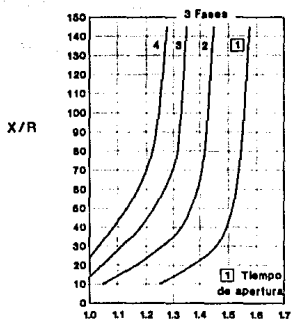


Figura 101

Factores de multiplicación para fallas trifásicas y alimentación predominante de generadores con no más de una transformación o con reactancia externa en serie menor a 1.5 veces la reactancia subtransitoria del generador (local) (ANSI/IEEE C37.5-1979)

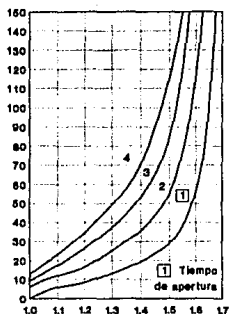
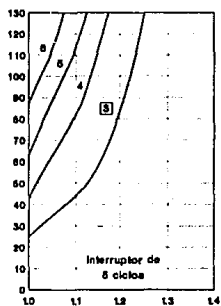
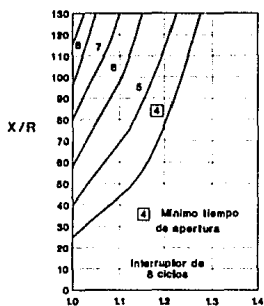


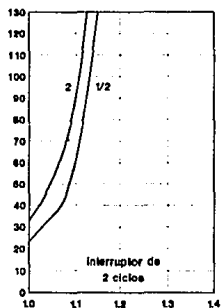
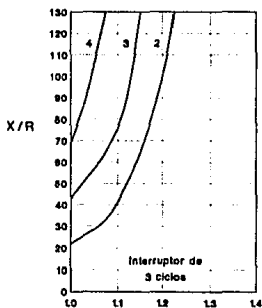
Figura 102

Factores de multiplicación para fallas trifásicas y de línea a tierra a través de dos o más transformaciones o con reactancia externa en serie mayor o igual a 1.5 veces la reactancia subtransitoria del generador (remoto) (ANSI/IEEE C37.5-1979)

kl



Factores de multiplicación

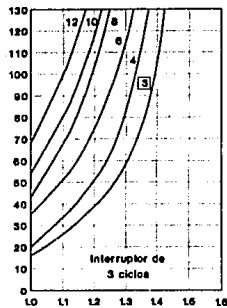
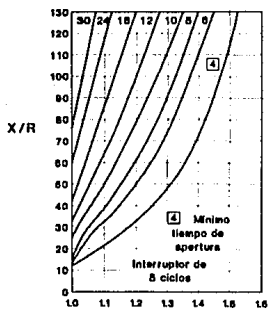


Factores de multiplicación

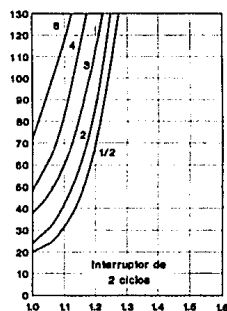
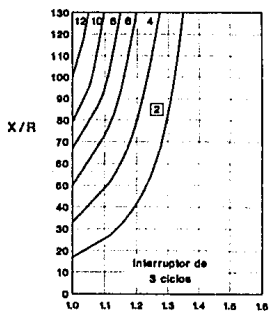
Figura 103

Factores de multiplicación para fallas trifásicas con alimentación predominante de generadores a través de no más de una transformación (ANSI/IEEE C37.010 1979 (2))

88



Factores de multiplicación



Factores de multiplicación

Figura 104

Factores de multiplicación para fallas trifásicas con alimentación predominante de generadores a través de no más de una transformación (ANSI/IEEE C37.010 1979 (2))

64

ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 1).
 POTENCIA BASE: 1.00 MVA
 NUMERO TOTAL DE BUSES: 29
 NUMERO DE RED: 1

IDENTIFICACION DE ELEMENTOS

- 1 CONTRIBUCION DE CFE
- 2 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
- 3 MOTORES DE INDUCCION
- 4 MOTORES SINCRONOS
- 5 CABLE EN DUCTO
- 6 REACTORES
- 7 DATO CONOCIDO (OHMS)
- 8 GENERADORES
- 9 MOTORES DE INDUCCION AGRUPADOS
- 10 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
- 11 CANTIDADES EN POR UNIDAD
- 12 TRANSFORMADORES DE CUATRO DEVANADOS

| DEL BUS | AL BUS | ENLACE | ELEMENTO | R pu | + Xj pu | X/R |
|---------|--------|--------|----------|-------|---------|------|
| 1 | 2 | 1 | 5 | .0008 | .0003 | .40 |
| 2 | 3 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 3 | 4 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 4 | 5 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 5 | 6 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 6 | 7 | 1 | 5 | .0093 | .0051 | .55 |
| 7 | 8 | 1 | 2 | .0191 | .1188 | 6.21 |
| 2 | 9 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 9 | 10 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 10 | 11 | 1 | 5 | .0098 | .0025 | .25 |
| 10 | 11 | 1 | 5 | .0223 | .0296 | 1.32 |
| 11 | 12 | 1 | 2 | .0395 | .2238 | 5.66 |

| | | | | | | |
|----|----|---|----|-------|-------|------|
| 10 | 13 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 13 | 14 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 14 | 15 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 15 | 16 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 16 | 17 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 2 | 18 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 18 | 19 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 19 | 20 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 20 | 21 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 21 | 22 | 1 | 5 | .1147 | .0736 | .64 |
| 21 | 23 | 1 | 5 | .1147 | .0736 | .64 |
| 21 | 24 | 1 | 5 | .0679 | .0796 | 1.17 |
| 21 | 25 | 1 | 5 | .0779 | .0913 | 1.17 |
| 21 | 26 | 1 | 5 | .0899 | .1054 | 1.17 |
| 2 | 27 | 1 | 2 | .0270 | .1526 | 5.66 |
| 15 | 28 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 15 | 29 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |

| BUS | RAMAL | ELEMENTO | R pu | + Xj pu | X/R |
|-----|-------|----------|---------|----------|-------|
| 1 | 1 | 8 | .0016 | .0444 | 27.05 |
| 4 | 1 | 3 | .0433 | .9605 | 22.16 |
| 4 | 1 | 5 | .0250 | .0027 | .11 |
| 4 | 2 | 3 | .0433 | .9605 | 22.16 |
| 4 | 2 | 5 | .0250 | .0027 | .11 |
| 4 | 3 | 3 | .0433 | .9605 | 22.16 |
| 4 | 3 | 5 | .0250 | .0027 | .11 |
| 8 | 1 | 9 | 31.8979 | 210.5263 | 6.60 |

ew

| | | | | | |
|----|---|---|--------|--------|-------|
| 10 | 1 | 3 | .0433 | .9605 | 22.16 |
| 10 | 1 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 12 | 1 | 3 | .3350 | 2.5625 | 7.65 |
| 16 | 1 | 9 | .8318 | 5.4902 | 6.60 |
| 17 | 1 | 3 | .5984 | 3.8176 | 6.38 |
| 17 | 2 | 3 | .5984 | 3.8176 | 6.38 |
| 17 | 3 | 3 | .5984 | 3.8176 | 6.38 |
| 19 | 1 | 3 | .0433 | .9605 | 22.16 |
| 19 | 1 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 19 | 2 | 3 | .0433 | .9605 | 22.16 |
| 19 | 2 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 19 | 3 | 3 | .0433 | .9605 | 22.16 |
| 19 | 3 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 22 | 1 | 9 | .3263 | 2.1538 | 6.60 |
| 23 | 1 | 9 | .3263 | 2.1538 | 6.60 |
| 24 | 1 | 3 | .5984 | 3.8176 | 6.38 |
| 24 | 2 | 9 | .2121 | 1.4000 | 6.60 |
| 25 | 1 | 3 | .5984 | 3.8176 | 6.38 |
| 25 | 2 | 9 | .2121 | 1.4000 | 6.60 |
| 26 | 1 | 3 | .5984 | 3.8176 | 6.38 |
| 26 | 2 | 9 | .2121 | 1.4000 | 6.60 |
| 27 | 1 | 9 | 1.2121 | 8.0000 | 6.60 |
| 28 | 1 | 9 | .8658 | 5.7143 | 6.60 |
| 29 | 1 | 9 | .8658 | 5.7143 | 6.60 |

ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 1).
 POTENCIA BASE: 1.00 MVA
 NUMERO TOTAL DE BUSES: 29
 NUMERO DE RED: 2

IDENTIFICACION DE ELEMENTOS

- 1 CONTRIBUCION DE CFE
- 2 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
- 3 MOTORES DE INDUCCION
- 4 MOTORES SINCRONOS
- 5 CABLE EN DUCTO
- 6 REACTORES
- 7 DATO CONOCIDO (OHMS)
- 8 GENERADORES
- 9 MOTORES DE INDUCCION AGRUPADOS
- 10 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
- 11 CANTIDADES EN POR UNIDAD
- 12 TRANSFORMADORES DE CUATRO DEVANADOS

| DEL BUS | AL BUS | ENLACE | ELEMENTO | R pu | + Xj pu | X/R |
|---------|--------|--------|----------|-------|---------|------|
| 1 | 2 | 1 | 5 | .0008 | .0003 | .40 |
| 2 | 3 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 3 | 4 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 4 | 5 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 5 | 6 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 6 | 7 | 1 | 5 | .0093 | .0051 | .55 |
| 7 | 8 | 1 | 2 | .0191 | .1188 | 6.21 |
| 2 | 9 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 9 | 10 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 10 | 11 | 1 | 5 | .0098 | .0025 | .25 |
| 10 | 11 | 1 | 5 | .0223 | .0296 | 1.32 |
| 11 | 12 | 1 | 2 | .0395 | .2238 | 5.66 |

| | | | | | | |
|----|----|---|----|-------|-------|------|
| 10 | 13 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 13 | 14 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 14 | 15 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 15 | 16 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 16 | 17 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 2 | 18 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 18 | 19 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 19 | 20 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 20 | 21 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 21 | 22 | 1 | 5 | .1147 | .0736 | .64 |
| 21 | 23 | 1 | 5 | .1147 | .0736 | .64 |
| 21 | 24 | 1 | 5 | .0679 | .0796 | 1.17 |
| 21 | 25 | 1 | 5 | .0779 | .0913 | 1.17 |
| 21 | 26 | 1 | 5 | .0899 | .1054 | 1.17 |
| 2 | 27 | 1 | 2 | .0270 | .1526 | 5.66 |
| 15 | 28 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 15 | 29 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |

| BUS | RAMAL | ELEMENTO | R pu | + Xj pu | X/R |
|-----|-------|----------|-------|---------|-------|
| 1 | 1 | 8 | .0016 | .0444 | 27.05 |
| 4 | 1 | 3 | .1084 | 2.4013 | 22.16 |
| 4 | 1 | 5 | .0250 | .0027 | .11 |
| 4 | 2 | 3 | .1084 | 2.4013 | 22.16 |
| 4 | 2 | 5 | .0250 | .0027 | .11 |
| 4 | 3 | 3 | .1084 | 2.4013 | 22.16 |
| 4 | 3 | 5 | .0250 | .0027 | .11 |
| 10 | 1 | 3 | .1084 | 2.4013 | 22.16 |

18

| | | | | | |
|----|---|---|--------|--------|-------|
| 10 | 1 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 12 | 1 | 3 | .8374 | 6.4062 | 7.65 |
| 17 | 1 | 3 | 1.4959 | 9.5441 | 6.38 |
| 17 | 2 | 3 | 1.4959 | 9.5441 | 6.38 |
| 17 | 3 | 3 | 1.4959 | 9.5441 | 6.38 |
| 19 | 1 | 3 | .1084 | 2.4013 | 22.16 |
| 19 | 1 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 19 | 2 | 3 | .1084 | 2.4013 | 22.16 |
| 19 | 2 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 19 | 3 | 3 | .1084 | 2.4013 | 22.16 |
| 19 | 3 | 5 | .0269 | .0029 | .11 |
| 24 | 1 | 3 | 1.4959 | 9.5441 | 6.38 |
| 25 | 1 | 3 | 1.4959 | 9.5441 | 6.38 |
| 26 | 1 | 3 | 1.4959 | 9.5441 | 6.38 |

ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 1).
 POTENCIA BASE: 1.00 MVA
 NUMERO TOTAL DE BUSES: 29
 NUMERO DE RED: 3

IDENTIFICACION DE ELEMENTOS

- 1 CONTRIBUCION DE CFE
- 2 TRANSFORMADORES DE DOS DEVANADOS
- 3 MOTORES DE INDUCCION
- 4 MOTORES SINCRONOS
- 5 CABLE EN DUCTO
- 6 REACTORES
- 7 DATO CONOCIDO (OHMS)
- 8 GENERADORES
- 9 MOTORES DE INDUCCION AGRUPADOS
- 10 TRANSFORMADORES DE TRES DEVANADOS
- 11 CANTIDADES EN POR UNIDAD
- 12 TRANSFORMADORES DE CUATRO DEVANADOS

| DEL BUS | AL BUS | ENLACE | ELEMENTO | R pu + | Xj pu | X/R |
|---------|--------|--------|----------|--------|-------|------|
| 1 | 2 | 1 | 5 | .0008 | .0003 | .40 |
| 2 | 3 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 3 | 4 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 4 | 5 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 5 | 6 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 6 | 7 | 1 | 5 | .0093 | .0051 | .55 |
| 7 | 8 | 1 | 2 | .0191 | .1188 | 6.21 |
| 2 | 9 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 9 | 10 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 10 | 11 | 1 | 5 | .0098 | .0025 | .25 |
| 10 | 11 | 1 | 5 | .0223 | .0296 | 1.32 |
| 11 | 12 | 1 | 2 | .0395 | .2238 | 5.66 |

afu

| | | | | | | |
|----|----|---|----|-------|-------|------|
| 10 | 13 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 13 | 14 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 14 | 15 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 15 | 16 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 16 | 17 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 2 | 18 | 1 | 5 | .0009 | .0003 | .40 |
| 18 | 19 | 1 | 5 | .0001 | .0000 | .40 |
| 19 | 20 | 1 | 5 | .0007 | .0003 | .40 |
| 20 | 21 | 1 | 2 | .0061 | .0545 | 8.95 |
| 21 | 22 | 1 | 5 | .1147 | .0736 | .64 |
| 21 | 23 | 1 | 5 | .1147 | .0736 | .64 |
| 21 | 24 | 1 | 5 | .0679 | .0796 | 1.17 |
| 21 | 25 | 1 | 5 | .0779 | .0913 | 1.17 |
| 21 | 26 | 1 | 5 | .0899 | .1054 | 1.17 |
| 2 | 27 | 1 | 2 | .0270 | .1526 | 5.66 |
| 15 | 28 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |
| 15 | 29 | 1 | 11 | .0000 | .0000 | 1.00 |

| BUS | RAMAL | ELEMENTO | R pu | + Xj pu | X/R |
|-----|-------|----------|-------|---------|-------|
| 1 | 1 | 8 | .0025 | .0667 | 27.05 |

6

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
 *** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 2).
 NUMERO DE RED: 1
 APLICACION: MAGNITUDES MOMENTANEAS PARA FUSIBLES (F)
 E INTERRUPTORES (I)

| BUS | KVB (KV) | X/R | I sim (KA) | FM | I asim (KA) | P asim (MVA) |
|------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-----------------|
| 1-F | 4.16 | 14.44 | 4.786 | 1.550 | 7.419 | 53.456 |
| 1-I | 4.16 | 14.44 | 4.786 | 1.600 | 7.658 | 55.180 |
| 2-F | 4.16 | 12.81 | 4.772 | 1.550 | 7.396 | 53.292 |
| 2-I | 4.16 | 12.81 | 4.772 | 1.600 | 7.635 | 55.011 |
| 3-F | 4.16 | 10.10 | 4.721 | 1.550 | 7.318 | 52.726 |
| 3-I | 4.16 | 10.10 | 4.721 | 1.600 | 7.554 | 54.427 |
| 4-F | 4.16 | 9.81 | 4.714 | 1.550 | 7.306 | 52.643 |
| 4-I | 4.16 | 9.81 | 4.714 | 1.600 | 7.542 | 54.341 |
| 5-F | 4.16 | 8.10 | 4.657 | 1.550 | 7.219 | 52.012 |
| 5-I | 4.16 | 8.10 | 4.657 | 1.600 | 7.451 | 53.690 |
| 6-F | .48 | 8.99 | 28.869 | 1.550 | 44.747 | 37.202 |
| 6-I | .48 | 8.99 | 28.869 | 1.172 | 33.835 | 28.130 |
| 7-F | .48 | 3.34 | 24.766 | 1.200 | 29.720 | 24.708 |
| 7-I | .48 | 3.34 | 24.766 | 1.172 | 29.026 | 24.132 |
| 8-F | .22 | 5.00 | 15.576 | 1.550 | 24.144 | 9.200 |
| 8-I | .22 | 5.00 | 15.576 | 1.092 | 17.009 | 6.481 |
| 9-F | 4.16 | 9.82 | 4.714 | 1.550 | 7.307 | 52.651 |
| 9-I | 4.16 | 9.82 | 4.714 | 1.600 | 7.543 | 54.349 |
| 10-F | 4.16 | 9.51 | 4.706 | 1.550 | 7.294 | 52.556 |
| 10-I | 4.16 | 9.51 | 4.706 | 1.600 | 7.529 | 54.251 |
| 11-F | 4.16 | 1.79 | 2.000 | 1.200 | 2.400 | 17.291 |
| 11-I | 4.16 | 1.79 | 2.000 | 1.600 | 3.200 | 23.055 |
| 12-F | .48 | 4.03 | 4.538 | 1.550 | 7.034 | 5.848 |
| 12-I | .48 | 4.03 | 4.538 | 1.021 | 4.633 | 3.852 |
| 13-F | 4.16 | 7.90 | 4.649 | 1.550 | 7.206 | 51.922 |
| 13-I | 4.16 | 7.90 | 4.649 | 1.600 | 7.439 | 53.597 |
| 14-F | .48 | 9.20 | 28.963 | 1.550 | 44.893 | 37.323 |
| 14-I | .48 | 9.20 | 28.963 | 1.172 | 33.945 | 28.221 |
| 15-F | .48 | 9.13 | 28.935 | 1.550 | 44.850 | 37.287 |
| 15-I | .48 | 9.13 | 28.935 | 1.172 | 33.912 | 28.194 |
| 16-F | .48 | 9.07 | 28.905 | 1.550 | 44.803 | 37.249 |
| 16-I | .48 | 9.07 | 28.905 | 1.172 | 33.877 | 28.165 |
| 17-F | .48 | 8.90 | 28.834 | 1.550 | 44.692 | 37.157 |
| 17-I | .48 | 8.90 | 28.834 | 1.172 | 33.793 | 28.095 |
| 18-F | 4.16 | 10.10 | 4.721 | 1.550 | 7.318 | 52.727 |
| 18-I | 4.16 | 10.10 | 4.721 | 1.600 | 7.554 | 54.428 |
| 19-F | 4.16 | 9.81 | 4.714 | 1.550 | 7.306 | 52.643 |
| 19-I | 4.16 | 9.81 | 4.714 | 1.600 | 7.542 | 54.341 |

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
 *** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 2).
 NUMERO DE RED: 1
 APLICACION: MAGNITUDES MOMENTANEAS PARA FUSIBLES (F)
 E INTERRUPTORES (I)

| BUS | KVB (KV) | X/R | I sim (KA) | FM | I asim (KA) | P asim (MVA) |
|------|-------------|------|---------------|-------|----------------|-----------------|
| 20-F | 4.16 | 8.11 | 4.657 | 1.550 | 7.219 | 52.012 |
| 20-I | 4.16 | 8.11 | 4.657 | 1.600 | 7.451 | 53.690 |
| 21-F | .48 | 9.16 | 28.951 | 1.550 | 44.874 | 37.307 |
| 21-I | .48 | 9.16 | 28.951 | 1.172 | 33.930 | 28.209 |
| 22-F | .48 | 1.06 | 7.689 | 1.200 | 9.226 | 7.671 |
| 22-I | .48 | 1.06 | 7.689 | 1.021 | 7.850 | 6.527 |
| 23-F | .48 | 1.06 | 7.689 | 1.200 | 9.226 | 7.671 |
| 23-I | .48 | 1.06 | 7.689 | 1.021 | 7.850 | 6.527 |
| 24-F | .48 | 1.88 | 9.537 | 1.200 | 11.444 | 9.514 |
| 24-I | .48 | 1.88 | 9.537 | 1.021 | 9.737 | 8.095 |
| 25-F | .48 | 1.83 | 8.718 | 1.200 | 10.461 | 8.697 |
| 25-I | .48 | 1.83 | 8.718 | 1.021 | 8.901 | 7.400 |
| 26-F | .48 | 1.80 | 7.920 | 1.200 | 9.503 | 7.901 |
| 26-I | .48 | 1.80 | 7.920 | 1.021 | 8.086 | 6.722 |
| 27-F | .48 | 6.23 | 6.683 | 1.550 | 10.359 | 8.612 |
| 27-I | .48 | 6.23 | 6.683 | 1.021 | 6.823 | 5.673 |
| 28-F | .48 | 8.96 | 28.860 | 1.550 | 44.733 | 37.190 |
| 28-I | .48 | 8.96 | 28.860 | 1.172 | 33.824 | 28.120 |
| 29-F | .48 | 8.96 | 28.860 | 1.550 | 44.733 | 37.190 |
| 29-I | .48 | 8.96 | 28.860 | 1.172 | 33.824 | 28.120 |

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
 *** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 2).

NUMERO DE RED: 2

APLICACION: MAGNITUDES INTERRUPTIVAS (APERTURA DE CONTACTOS) PARA
 INTERRUPTORES EN ALTA TENSION (MAYORES A 1 KV)

| BUS | KVB (KV) | X/R | FM | I sim (KA) | P sim (MVA) |
|-----|-------------|-------|--------|---------------|----------------|
| 1 | 4.16 | 23.22 | 1.0018 | 3.634 | 26.184 |
| 2 | 4.16 | 17.13 | 1.0000 | 3.603 | 25.960 |
| 3 | 4.16 | 12.88 | 1.0000 | 3.569 | 25.714 |
| 4 | 4.16 | 12.45 | 1.0000 | 3.564 | 25.678 |
| 5 | 4.16 | 10.22 | 1.0000 | 3.530 | 25.434 |
| 9 | 4.16 | 12.70 | 1.0000 | 3.567 | 25.700 |
| 10 | 4.16 | 12.25 | 1.0000 | 3.562 | 25.662 |
| 11 | 4.16 | 2.03 | 1.0000 | 1.768 | 12.739 |
| 13 | 4.16 | 10.09 | 1.0000 | 3.528 | 25.418 |
| 18 | 4.16 | 12.88 | 1.0000 | 3.569 | 25.714 |
| 19 | 4.16 | 12.45 | 1.0000 | 3.564 | 25.678 |
| 20 | 4.16 | 10.22 | 1.0000 | 3.530 | 25.434 |

07

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***

*** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 2).

NUMERO DE RED: 3

APLICACION: MAGNITUDES DE CORTOCIRCUITO PARA EL AJUSTE DE RELEVADORES CON RETARDO DE TIEMPO

| BUS | KVB (KV) | I cc (KA) |
|-----|-------------|--------------|
| 1 | 4.16 | 2.081 |
| 2 | 4.16 | 2.069 |
| 3 | 4.16 | 2.057 |
| 4 | 4.16 | 2.055 |
| 5 | 4.16 | 2.044 |
| 6 | .48 | 14.030 |
| 7 | .48 | 13.084 |
| 8 | .22 | 12.364 |
| 9 | 4.16 | 2.057 |
| 10 | 4.16 | 2.055 |
| 11 | 4.16 | 1.311 |
| 12 | .48 | 3.623 |
| 13 | 4.16 | 2.044 |
| 14 | .48 | 14.047 |
| 15 | .48 | 14.041 |
| 16 | .48 | 14.036 |
| 17 | .48 | 14.018 |
| 18 | 4.16 | 2.057 |
| 19 | 4.16 | 2.055 |
| 20 | 4.16 | 2.044 |
| 21 | .48 | 14.041 |
| 22 | .48 | 6.026 |
| 23 | .48 | 6.026 |
| 24 | .48 | 6.650 |
| 25 | .48 | 6.147 |
| 26 | .48 | 5.632 |
| 27 | .48 | 5.425 |
| 28 | .48 | 14.024 |
| 29 | .48 | 14.024 |

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
 *** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 3).

NUMERO DE RED: 1

APLICACION: MAGNITUDES MOMENTANEAS PARA FUSIBLES (F)
 E INTERRUPTORES (I)

| BUS | KVB (KV) | X/R | I sim (KA) | FM | I asim (KA) | P asim (MVA) |
|------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-----------------|
| 1-F | 4.16 | 14.29 | 7.814 | 1.550 | 12.112 | 87.269 |
| 1-I | 4.16 | 14.29 | 7.814 | 1.600 | 12.502 | 90.084 |
| 2-F | 4.16 | 16.43 | 7.855 | 1.550 | 12.175 | 87.725 |
| 2-I | 4.16 | 16.43 | 7.855 | 1.600 | 12.568 | 90.555 |
| 3-F | 4.16 | 9.72 | 7.692 | 1.550 | 11.923 | 85.906 |
| 3-I | 4.16 | 9.72 | 7.692 | 1.600 | 12.307 | 88.677 |
| 4-F | 4.16 | 9.19 | 7.668 | 1.550 | 11.886 | 85.639 |
| 4-I | 4.16 | 9.19 | 7.668 | 1.600 | 12.269 | 88.402 |
| 5-F | 4.16 | 6.77 | 7.505 | 1.550 | 11.633 | 83.823 |
| 5-I | 4.16 | 6.77 | 7.505 | 1.600 | 12.009 | 86.527 |
| 6-F | .48 | 8.28 | 16.419 | 1.550 | 25.449 | 21.158 |
| 6-I | .48 | 8.28 | 16.419 | 1.092 | 17.929 | 14.906 |
| 7-F | .48 | 4.30 | 15.049 | 1.550 | 23.327 | 19.393 |
| 7-I | .48 | 4.30 | 15.049 | 1.092 | 16.434 | 13.663 |
| 8-F | .22 | 5.28 | 13.123 | 1.550 | 20.340 | 7.751 |
| 8-I | .22 | 5.28 | 13.123 | 1.092 | 14.330 | 5.460 |
| 9-F | 4.16 | 9.63 | 7.690 | 1.550 | 11.920 | 85.886 |
| 9-I | 4.16 | 9.63 | 7.690 | 1.600 | 12.304 | 88.657 |
| 10-F | 4.16 | 9.10 | 7.666 | 1.550 | 11.882 | 85.616 |
| 10-I | 4.16 | 9.10 | 7.666 | 1.600 | 12.266 | 88.378 |
| 11-F | 4.16 | 1.50 | 2.333 | 1.200 | 2.799 | 20.169 |
| 11-I | 4.16 | 1.50 | 2.333 | 1.600 | 3.732 | 26.892 |
| 12-F | .48 | 3.92 | 4.702 | 1.200 | 5.642 | 4.691 |
| 12-I | .48 | 3.92 | 4.702 | 1.021 | 4.801 | 3.991 |
| 13-F | 4.16 | 6.79 | 7.511 | 1.550 | 11.642 | 83.882 |
| 13-I | 4.16 | 6.79 | 7.511 | 1.600 | 12.017 | 86.588 |
| 14-F | .48 | 8.08 | 17.887 | 1.550 | 27.725 | 23.050 |
| 14-I | .48 | 8.08 | 17.887 | 1.092 | 19.533 | 16.239 |
| 15-F | .48 | 8.01 | 17.863 | 1.550 | 27.687 | 23.019 |
| 15-I | .48 | 8.01 | 17.863 | 1.092 | 19.506 | 16.217 |
| 16-F | .48 | 7.93 | 17.837 | 1.550 | 27.647 | 22.986 |
| 16-I | .48 | 7.93 | 17.837 | 1.092 | 19.478 | 16.194 |
| 17-F | .48 | 7.86 | 17.811 | 1.550 | 27.607 | 22.952 |
| 17-I | .48 | 7.86 | 17.811 | 1.092 | 19.449 | 16.170 |
| 18-F | 4.16 | 10.16 | 7.716 | 1.550 | 11.959 | 86.171 |
| 18-I | 4.16 | 10.16 | 7.716 | 1.600 | 12.345 | 88.951 |
| 19-F | 4.16 | 9.65 | 7.695 | 1.550 | 11.928 | 85.942 |
| 19-I | 4.16 | 9.65 | 7.695 | 1.600 | 12.312 | 88.715 |

24

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
 *** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 3).

NUMERO DE RED: 1

APLICACION: MAGNITUDES MOMENTANEAS PARA FUSIBLES (F)
 E INTERRUPTORES (I)

| BUS | KVB (KV) | X/R | I sim (KA) | FM | I asim (KA) | P asim (MVA) |
|------|-------------|------|---------------|-------|----------------|-----------------|
| 20-F | 4.16 | 7.20 | 7.553 | 1.550 | 11.706 | 84.348 |
| 20-I | 4.16 | 7.20 | 7.553 | 1.600 | 12.084 | 87.069 |
| 21-F | .48 | 7.34 | 20.415 | 1.550 | 31.643 | 26.308 |
| 21-I | .48 | 7.34 | 20.415 | 1.172 | 23.926 | 19.892 |
| 22-F | .48 | 1.19 | 7.096 | 1.200 | 8.516 | 7.080 |
| 22-I | .48 | 1.19 | 7.096 | 1.021 | 7.245 | 6.024 |
| 23-F | .48 | 1.19 | 7.096 | 1.200 | 8.516 | 7.080 |
| 23-I | .48 | 1.19 | 7.096 | 1.021 | 7.245 | 6.024 |
| 24-F | .48 | 2.08 | 8.599 | 1.200 | 10.318 | 8.579 |
| 24-I | .48 | 2.08 | 8.599 | 1.021 | 8.779 | 7.299 |
| 25-F | .48 | 2.01 | 7.951 | 1.200 | 9.541 | 7.932 |
| 25-I | .48 | 2.01 | 7.951 | 1.021 | 8.118 | 6.749 |
| 26-F | .48 | 1.96 | 7.304 | 1.200 | 8.765 | 7.287 |
| 26-I | .48 | 1.96 | 7.304 | 1.021 | 7.458 | 6.200 |
| 27-F | .48 | 6.08 | 7.117 | 1.550 | 11.032 | 9.172 |
| 27-I | .48 | 6.08 | 7.117 | 1.021 | 7.267 | 6.041 |
| 28-F | .48 | 7.93 | 17.834 | 1.550 | 27.643 | 22.982 |
| 28-I | .48 | 7.93 | 17.834 | 1.092 | 19.475 | 16.191 |
| 29-F | .48 | 7.93 | 17.834 | 1.550 | 27.643 | 22.982 |
| 29-I | .48 | 7.93 | 17.834 | 1.092 | 19.475 | 16.191 |

ck

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
*** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 3).

NUMERO DE RED: 2

APLICACION: MAGNITUDES INTERRUPTIVAS (APERTURA DE CONTACTOS) PARA
INTERRUPTORES EN ALTA TENSION (MAYORES A 1 KV)

| BUS | KVB (KV) | X/R | FM | I sim (KA) | P sim (MVA) |
|-----|-------------|-------|--------|---------------|----------------|
| 1 | 4.16 | 19.48 | 1.0000 | 6.712 | 48.365 |
| 2 | 4.16 | 20.64 | 1.0000 | 6.722 | 48.437 |
| 3 | 4.16 | 11.49 | 1.0000 | 6.599 | 47.545 |
| 4 | 4.16 | 10.81 | 1.0000 | 6.580 | 47.415 |
| 5 | 4.16 | 7.92 | 1.0000 | 6.464 | 46.577 |
| 9 | 4.16 | 11.40 | 1.0000 | 6.597 | 47.534 |
| 10 | 4.16 | 10.73 | 1.0000 | 6.579 | 47.402 |
| 11 | 4.16 | 1.57 | 1.0000 | 2.218 | 15.982 |
| 13 | 4.16 | 7.90 | 1.0000 | 6.464 | 46.575 |
| 18 | 4.16 | 11.55 | 1.0000 | 6.601 | 47.560 |
| 19 | 4.16 | 10.88 | 1.0000 | 6.583 | 47.431 |
| 20 | 4.16 | 7.98 | 1.0000 | 6.468 | 46.606 |

47

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
*** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 3).

NUMERO DE RED: 3

APLICACION: MAGNITUDES DE CORTOCIRCUITO PARA EL AJUSTE DE
RELEVADORES CON RETARDO DE TIEMPO

| BUS | KVB (KV) | I cc (KA) |
|-----|-------------|--------------|
| 1 | 4.16 | 4.149 |
| 2 | 4.16 | 4.149 |
| 3 | 4.16 | 4.100 |
| 4 | 4.16 | 4.093 |
| 5 | 4.16 | 4.050 |
| 6 | .48 | 13.505 |
| 7 | .48 | 12.592 |
| 8 | .22 | 12.160 |
| 9 | 4.16 | 4.100 |
| 10 | 4.16 | 4.093 |
| 11 | 4.16 | 1.866 |
| 12 | .48 | 4.023 |
| 13 | 4.16 | 4.050 |
| 14 | .48 | 13.505 |
| 15 | .48 | 13.488 |
| 16 | .48 | 13.472 |
| 17 | .48 | 13.455 |
| 18 | 4.16 | 4.100 |
| 19 | 4.16 | 4.093 |
| 20 | 4.16 | 4.050 |
| 21 | .48 | 13.505 |
| 22 | .48 | 5.893 |
| 23 | .48 | 5.893 |
| 24 | .48 | 6.499 |
| 25 | .48 | 6.016 |
| 26 | .48 | 5.521 |
| 27 | .48 | 6.391 |
| 28 | .48 | 13.472 |
| 29 | .48 | 13.472 |

57

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
 *** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 1).

NUMERO DE RED: 1

APLICACION: MAGNITUDES MOMENTANEAS PARA FUSIBLES (F)
 E INTERRUPTORES (I)

| BUS | KVB (KV) | X/R | I sim (KA) | FM | I asim (KA) | P asim (MVA) |
|------|-------------|-------|---------------|-------|----------------|-----------------|
| 1-F | 4.16 | 14.78 | 4.751 | 1.550 | 7.364 | 53.058 |
| 1-I | 4.16 | 14.78 | 4.751 | 1.600 | 7.601 | 54.770 |
| 2-F | 4.16 | 13.04 | 4.736 | 1.550 | 7.340 | 52.888 |
| 2-I | 4.16 | 13.04 | 4.736 | 1.600 | 7.577 | 54.594 |
| 3-F | 4.16 | 10.00 | 4.680 | 1.550 | 7.254 | 52.264 |
| 3-I | 4.16 | 10.00 | 4.680 | 1.600 | 7.488 | 53.950 |
| 4-F | 4.16 | 9.68 | 4.672 | 1.550 | 7.241 | 52.174 |
| 4-I | 4.16 | 9.68 | 4.672 | 1.600 | 7.475 | 53.857 |
| 5-F | 4.16 | 7.86 | 4.612 | 1.550 | 7.149 | 51.510 |
| 5-I | 4.16 | 7.86 | 4.612 | 1.600 | 7.379 | 53.171 |
| 6-F | .48 | 8.53 | 14.174 | 1.550 | 21.970 | 18.265 |
| 6-I | .48 | 8.53 | 14.174 | 1.092 | 15.478 | 12.868 |
| 7-F | .48 | 4.66 | 13.155 | 1.550 | 20.390 | 16.952 |
| 7-I | .48 | 4.66 | 13.155 | 1.092 | 14.365 | 11.943 |
| 8-F | .22 | 5.43 | 12.406 | 1.550 | 19.230 | 7.328 |
| 8-I | .22 | 5.43 | 12.406 | 1.092 | 13.548 | 5.162 |
| 9-F | 4.16 | 9.90 | 4.679 | 1.550 | 7.252 | 52.253 |
| 9-I | 4.16 | 9.90 | 4.679 | 1.600 | 7.486 | 53.938 |
| 10-F | 4.16 | 9.58 | 4.670 | 1.550 | 7.239 | 52.160 |
| 10-I | 4.16 | 9.58 | 4.670 | 1.600 | 7.473 | 53.843 |
| 11-F | 4.16 | 1.80 | 1.994 | 1.200 | 2.393 | 17.244 |
| 11-I | 4.16 | 1.80 | 1.994 | 1.600 | 3.191 | 22.993 |
| 12-F | .48 | 4.03 | 4.535 | 1.550 | 7.029 | 5.844 |
| 12-I | .48 | 4.03 | 4.535 | 1.021 | 4.630 | 3.849 |
| 13-F | 4.16 | 7.90 | 4.615 | 1.550 | 7.154 | 51.547 |
| 13-I | 4.16 | 7.90 | 4.615 | 1.600 | 7.385 | 53.210 |
| 14-F | .48 | 8.29 | 15.549 | 1.550 | 24.101 | 20.037 |
| 14-I | .48 | 8.29 | 15.549 | 1.092 | 16.980 | 14.117 |
| 15-F | .48 | 8.23 | 15.531 | 1.550 | 24.074 | 20.014 |
| 15-I | .48 | 8.23 | 15.531 | 1.092 | 16.960 | 14.101 |
| 16-F | .48 | 8.16 | 15.512 | 1.550 | 24.044 | 19.990 |
| 16-I | .48 | 8.16 | 15.512 | 1.092 | 16.940 | 14.083 |
| 17-F | .48 | 8.09 | 15.493 | 1.550 | 24.014 | 19.965 |
| 17-I | .48 | 8.09 | 15.493 | 1.092 | 16.918 | 14.066 |
| 18-F | 4.16 | 10.48 | 4.694 | 1.550 | 7.276 | 52.425 |
| 18-I | 4.16 | 10.48 | 4.694 | 1.600 | 7.510 | 54.116 |
| 19-F | 4.16 | 10.20 | 4.688 | 1.550 | 7.266 | 52.357 |
| 19-I | 4.16 | 10.20 | 4.688 | 1.600 | 7.501 | 54.046 |

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
 *** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 1).
 NUMERO DE RED: 1
 APLICACION: MAGNITUDES MOMENTANEAS PARA FUSIBLES (F)
 E INTERRUPTORES (I)

| BUS | KVB (KV) | X/R | I sim (KA) | FM | I asim (KA) | P asim (MVA) |
|------|-------------|------|---------------|-------|----------------|-----------------|
| 20-F | 4.16 | 8.46 | 4.641 | 1.550 | 7.193 | 51.828 |
| 20-I | 4.16 | 8.46 | 4.641 | 1.600 | 7.425 | 53.500 |
| 21-F | .48 | 7.47 | 17.941 | 1.550 | 27.808 | 23.119 |
| 21-I | .48 | 7.47 | 17.941 | 1.092 | 19.591 | 16.288 |
| 22-F | .48 | 1.25 | 6.857 | 1.200 | 8.229 | 6.841 |
| 22-I | .48 | 1.25 | 6.857 | 1.021 | 7.002 | 5.821 |
| 23-F | .48 | 1.25 | 6.857 | 1.200 | 8.229 | 6.841 |
| 23-I | .48 | 1.25 | 6.857 | 1.021 | 7.002 | 5.821 |
| 24-F | .48 | 2.19 | 8.230 | 1.200 | 9.875 | 8.210 |
| 24-I | .48 | 2.19 | 8.230 | 1.021 | 8.402 | 6.986 |
| 25-F | .48 | 2.11 | 7.645 | 1.200 | 9.174 | 7.627 |
| 25-I | .48 | 2.11 | 7.645 | 1.021 | 7.806 | 6.489 |
| 26-F | .48 | 2.05 | 7.055 | 1.200 | 8.467 | 7.039 |
| 26-I | .48 | 2.05 | 7.055 | 1.021 | 7.204 | 5.989 |
| 27-F | .48 | 6.24 | 6.675 | 1.550 | 10.347 | 8.602 |
| 27-I | .48 | 6.24 | 6.675 | 1.021 | 6.816 | 5.666 |
| 28-F | .48 | 8.15 | 15.510 | 1.550 | 24.040 | 19.987 |
| 28-I | .48 | 8.15 | 15.510 | 1.092 | 16.937 | 14.081 |
| 29-F | .48 | 8.15 | 15.510 | 1.550 | 24.040 | 19.987 |
| 29-I | .48 | 8.15 | 15.510 | 1.092 | 16.937 | 14.081 |

611

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
*** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 1).

NUMERO DE RED: 2

APLICACION: MAGNITUDES INTERRUPTIVAS (APERTURA DE CONTACTOS) PARA
INTERRUPTORES EN ALTA TENSION (MAYORES A 1 KV)

| BUS | KVB (KV) | X/R | FM | I sim (KA) | P sim (MVA) |
|-----|-------------|-------|--------|---------------|----------------|
| 1 | 4.16 | 23.20 | 1.0016 | 3.633 | 26.178 |
| 2 | 4.16 | 17.12 | 1.0000 | 3.602 | 25.957 |
| 3 | 4.16 | 12.79 | 1.0000 | 3.568 | 25.710 |
| 4 | 4.16 | 12.35 | 1.0000 | 3.563 | 25.674 |
| 5 | 4.16 | 10.06 | 1.0000 | 3.530 | 25.435 |
| 9 | 4.16 | 12.68 | 1.0000 | 3.567 | 25.704 |
| 10 | 4.16 | 12.23 | 1.0000 | 3.562 | 25.667 |
| 11 | 4.16 | 2.03 | 1.0000 | 1.768 | 12.740 |
| 13 | 4.16 | 10.02 | 1.0000 | 3.530 | 25.435 |
| 18 | 4.16 | 12.87 | 1.0000 | 3.569 | 25.718 |
| 19 | 4.16 | 12.43 | 1.0000 | 3.564 | 25.683 |
| 20 | 4.16 | 10.15 | 1.0000 | 3.532 | 25.451 |

87

*** ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO ***
*** RESUMEN DE RESULTADOS ***

PROYECTO: ATASTA, CAMPECHE, (alternativa 1).

NUMERO DE RED: 3

APLICACION: MAGNITUDES DE CORTOCIRCUITO PARA EL AJUSTE DE
RELEVADORES CON RETARDO DE TIEMPO

| BUS | KVB (KV) | I cc (KA) |
|-----|-------------|--------------|
| 1 | 4.16 | 2.081 |
| 2 | 4.16 | 2.069 |
| 3 | 4.16 | 2.057 |
| 4 | 4.16 | 2.055 |
| 5 | 4.16 | 2.045 |
| 6 | .48 | 9.806 |
| 7 | .48 | 9.331 |
| 8 | .22 | 10.529 |
| 9 | 4.16 | 2.057 |
| 10 | 4.16 | 2.055 |
| 11 | 4.16 | 1.311 |
| 12 | .48 | 3.623 |
| 13 | 4.16 | 2.045 |
| 14 | .48 | 9.807 |
| 15 | .48 | 9.798 |
| 16 | .48 | 9.789 |
| 17 | .48 | 9.781 |
| 18 | 4.16 | 2.057 |
| 19 | 4.16 | 2.055 |
| 20 | 4.16 | 2.045 |
| 21 | .48 | 9.806 |
| 22 | .48 | 5.170 |
| 23 | .48 | 5.170 |
| 24 | .48 | 5.550 |
| 25 | .48 | 5.200 |
| 26 | .48 | 4.831 |
| 27 | .48 | 5.425 |
| 28 | .48 | 9.789 |
| 29 | .48 | 9.789 |

64

ATASTA, CAMPECHE.

POTENCIA BASE = 1.00 MVA

RED = 3

$$Z_{12} = (Z_1 + Z_2) / 2$$

$$Z_{12} = R_{12} + jX_{12}$$

| BUS | KVB | R12 (pu) | jX12 (pu) | R0 (pu) | jX0 (pu) | FALLA LINEA A TIERRA SIMETRICA | |
|-----|------|----------|-----------|---------|----------|-----------------------------------|---------|
| | | | | | | Icc (pu) | Icc (A) |
| 1 | 4.16 | .002 | .067 | 1.039 | .067 | 2.822 | 391.7 |
| 2 | 4.16 | .003 | .067 | 1.040 | .067 | 2.815 | 390.7 |
| 3 | 4.16 | .004 | .067 | 1.041 | .067 | 2.808 | 389.7 |
| 4 | 4.16 | .004 | .067 | 1.041 | .067 | 2.807 | 389.6 |
| 5 | 4.16 | .005 | .068 | 1.042 | .068 | 2.801 | 388.7 |
| 6 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.995 | 12021.9 |
| 7 | .48 | .020 | .127 | .015 | .550 | 3.719 | 4473.5 |
| 8 | .22 | .040 | .246 | .019 | .119 | 4.848 | 12722.8 |
| 9 | 4.16 | .004 | .067 | 1.041 | .067 | 2.808 | 389.7 |
| 10 | 4.16 | .004 | .067 | 1.041 | .067 | 2.807 | 389.6 |
| 11 | 4.16 | .036 | .099 | 1.073 | .099 | 2.534 | 351.7 |
| 12 | 4.16 | .076 | .323 | .040 | .224 | 3.367 | 467.3 |
| 13 | 4.16 | .005 | .068 | 1.042 | .068 | 2.801 | 388.7 |
| 14 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.995 | 12022.5 |
| 15 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.988 | 12013.8 |
| 16 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.981 | 12005.1 |
| 17 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.974 | 11996.4 |
| 18 | 4.16 | .004 | .067 | 1.041 | .067 | 2.808 | 389.7 |
| 19 | 4.16 | .004 | .067 | 1.041 | .067 | 2.807 | 389.6 |
| 20 | 4.16 | .005 | .068 | 1.042 | .068 | 2.801 | 388.7 |

ATASTA, CAMPECHE.

POTENCIA BASE = 1.00 MVA

RED = 3

$$Z12=(Z1+Z2)/2$$

$$Z12=R12+jX12$$

FALLA LINEA A TIERRA
SIMETRICA

| BUS | KVB | R12 (pu) | jX12 (pu) | R0 (pu) | jX0 (pu) | Icc (pu) | Icc (A) |
|-----|-----|----------|-----------|---------|----------|----------|---------|
| 21 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.995 | 12021.9 |
| 22 | .48 | .126 | .196 | .121 | .128 | 4.693 | 5644.9 |
| 23 | .48 | .126 | .196 | .121 | .128 | 4.693 | 5644.9 |
| 24 | .48 | .079 | .202 | .074 | .134 | 5.123 | 6161.6 |
| 25 | .48 | .089 | .214 | .084 | .132 | 4.856 | 5841.3 |
| 26 | .48 | .101 | .228 | .096 | .160 | 4.390 | 5280.0 |
| 27 | .48 | .030 | .220 | .027 | .153 | 5.014 | 6031.1 |
| 28 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.981 | 12005.1 |
| 29 | .48 | .011 | .122 | .006 | .054 | 9.981 | 12005.1 |

CAPITULO III

CAPITULO III

BASES PARA LOS AJUSTES

III.1 Introducción

Dada la probabilidad de una falla en un sistema, es necesario la instalación de dispositivos de protección con ajustes de operación basados principalmente en los requisitos mínimos de protección de cada elemento del sistema.

III.2 Límites de protección

En cualquier estudio de coordinación de protecciones, se debe de considerar la protección de los elementos del sistema, cada uno de los cuales tienen límites de protección que determinan condiciones normales de operación o daño de equipo, y se describen a continuación.

III.2.1 Transformadores

- a) Curva ANSI. Esta curva representa la máxima capacidad que puede soportar el transformador sin dañarse cuando es sometido a esfuerzos mecánicos y térmicos ocasionados por un corto circuito. Para calcularla, es necesario clasificar a los transformadores en categorías como se muestra en la Tabla 3.1.

La categoría del transformador define la forma de la curva ANSI (Figura 3.1) y los puntos deberán calcularse como se indica en la Tabla 3.2.

Al calcular los puntos es necesario verificar que la impedancia del transformador no sea menor a las indicadas en la Tabla 3.3, además de que, dependiendo de la conexión del transformador, los valores de la curva se deben de multiplicar por el factor ANSI de la Tabla 3.4.

- b) Límites NEC. El National Electric Code (NEC) proporciona los límites máximos requeridos para protección contra sobre corriente de transformadores; en la Tabla 3.5 se resumen estos límites en porciento, tomando como base la corriente nominal del transformador.
- c) Capacidad de sobrecarga. La capacidad de sobrecarga de un transformador se refiere a los amperes de plena carga multiplicados por los factores de enfriamiento y elevación de temperatura. La sobrecarga del transformador depende de su tipo de enfriamiento y de la temperatura de diseño. Los factores por enfriamiento y temperatura se indican en la Tabla 3.6.
- d) Punto de magnetización. Es una aproximación del efecto que ocasiona la corriente de magnetización en el transformador; este punto es variable y depende principalmente del magnetismo residual y del punto de la onda del voltaje aplicado cuando ocurre la energización del transformador.
- La corriente de magnetización de un transformador es considerada como un múltiplo de su corriente nominal que varía de acuerdo a la capacidad nominal del transformador como se indica en la Tabla 3.7.
- El tiempo de duración de la corriente de magnetización es invariablemente de 0.1 s.

III.2.2 Motores

Las curvas de las características tiempo-corriente de los motores están constituidas por:

- a) Corriente de magnetización. Consiste en la corriente que circula a través de los devanados del estator del motor cuando es inicialmente energizado, considerando para esta corriente un valor aproximado de 1.76 veces la corriente a rotor bloqueado para motores en medio y alto voltaje y de 1.5 veces para los de bajo voltaje, con una duración de 0.1s.

- b) Corriente a rotor bloqueado. Es la corriente del motor a velocidad cero (rotor bloqueado); si su valor no se conoce, la letra código (NEMA) de placa puede utilizarse para determinarlo.
- c) Tiempo de aceleración. Designa el tiempo de transición entre la corriente de arranque y la de plena carga; depende de la capacidad nominal (hp), par de arranque e inercia de la carga.
- d) Tiempo de atascamiento máximo permitido. El tiempo de atascamiento del rotor en un motor representa un punto de la curva límite de calentamiento definido por I^2R a corriente de rotor bloqueado. Este valor debe ser proporcionado por el fabricante.
- e) Corriente a plena carga. Corresponde al valor de corriente que demanda el motor en condiciones de voltaje, potencia y frecuencia nominales. Este dato normalmente aparece indicado en la placa del motor; en caso de que no se conozca, pueden utilizarse datos típicos proporcionados por tablas de fabricantes.

La protección contra sobrecorriente deberá tener un ajuste en tiempo suficiente para permitir que circule la corriente de arranque del motor, de tal manera que opere la protección en caso de que se alcance el tiempo de atascamiento máximo permitido al rotor.

Los máximos ajustes permitidos a los dispositivos de protección contra sobrecorriente para protección contra sobrecarga son los indicados en la Tabla 3.8, donde se indica el porcentaje de ajuste en función de la corriente a plena carga del motor.

III.2.3 Tableros de distribución

Si un grupo de motores en un tablero de distribución está protegido por un interruptor, se requiere graficar la curva de operación del bus que considere el arranque del motor de mayor capacidad más la corriente nominal del resto de la carga.

El dispositivo de protección debe ajustarse para que opere arriba de esta curva y que no dispare cuando los motores del bus estén contribuyendo con corrientes de corto circuito en el caso de ocurrir una falla en algún bus adyacente.

III.2.4 Cables

Para la protección de cables, se debe asegurar que su curva de daño quede sobre la correspondiente del dispositivo que lo protege.

En el caso de interruptores, se deben ajustar a valores de corriente no mayores al 600% de la capacidad de corriente del conductor.

En el cálculo de la curva de daño de un cable, se requiere utilizar las siguientes ecuaciones:

Para cobre:

$$\left[\frac{I}{CM} \right]^2 (t) \text{ Fac} = 0.0297 \log \frac{t_f + 234.5}{t_o + 234.5}$$

Para aluminio:

$$\left[\frac{I}{CM} \right]^2 (t) \text{ Fac} = 0.0125 \log \frac{t_f + 228.1}{t_o + 228.1}$$

Donde

- I - Corriente que fluye por el cable [A]
- CM - Calibre del conductor [Circular Mils]
- t - Tiempo en que fluye la corriente [s]
- Fac - Relación del efecto piel o relación de c.a. a c.d.
- t_o - Temperatura inicial antes del cambio de corriente [°C]
- t_f - Temperatura final después del cambio de corriente [°C]

III.3 Criterios de aplicación de los principales dispositivos de protección contra sobrecorriente en un sistema eléctrico

III.3.1 Fusibles

III.3.1.1 Protección de transformadores

En este caso, se deberán cumplir los requisitos NEC, además de permitir la energización y sobrecarga operando antes de alcanzar los valores de la curva ANSI.

III.3.1.2 Protección de motores

Al utilizarse como protección de motores, normalmente se usan en conjunto con dispositivos de protección contra sobrecarga para proporcionar protección contra corto circuito y para interrumpir niveles de corriente mayores a los nominales del interruptor o contactor asociado. Es necesario que la curva de operación del fusible permita el arranque del motor.

III.3.2 Interruptores de bajo voltaje

III.3.2.1 Protección de motores

Deben permitir el arranque del motor sin sobrepasar los ajustes recomendados por el NEC y operar antes de alcanzar el tiempo máximo permitido de atascamiento del rotor.

III.3.2.2 Protección de tableros de distribución

Deben permitir la máxima sobrecarga del bus, el arranque del motor de mayor capacidad cuando opera la carga nominal y la contribución de corriente de cortocircuito cuando ocurra una falla en un bus adyacente.

III.3.3 Relevadores

III.3.3.1 Protección de transformadores

No deben operar durante la corriente de energización y la máxima sobrecarga permitida, pero los ajustes no excederán las recomendaciones del NEC ni deberán operar después de la curva ANSI.

III.3.3.2 Protección de motores

Deben permitir el arranque del motor sin sobrepasar los ajustes recomendados por el NEC y operar antes de alcanzar el tiempo máximo permitido de atascamiento del motor.

III.3.3.3 Protección de Tablero de Distribución

Deben permitir la máxima sobrecarga del bus, el arranque del motor de mayor capacidad cuando opera la carga nominal y la contribución de corrientes de corto circuito cuando ocurra una falla en un bus adyacente.

III.4 Margenes de coordinación

Durante la coordinación deberán considerarse ciertos intervalos de tiempo entre las curvas de los dispositivos de protección para asegurar su correcta operación secuencial. Estos márgenes se requieren debido a que los relevadores tienen un tiempo de sobrecarrera; los fusibles características bien definidas de operación y los interruptores ciertos tiempos de operación. Si se coordinan relevadores de sobrecorriente con retardo de tiempo, su intervalo es normalmente 0.3 a 0.4 s distribuidos de la siguiente manera:

- a) Tiempo de apertura de los contactos del interruptor principal 0.08 s (para interruptores de 5 ciclos).
- b) Sobrecarrera del relevador de respaldo 0.10 s.
- c) Factor de seguridad de 0.12 a 0.22 s.

En los relevadores de estado sólido se elimina el tiempo considerado para la sobrecarrera.

El margen permitido entre un relevador y el dispositivo de protección anterior, como en el caso de un fusible o de un interruptor de bajo voltaje con disparo de acción directa, solo requiere de la sobrecarrera del relevador y del factor de seguridad considerado, debido a que el tiempo de apertura de los contactos del interruptor ya se incluyen en la curva graficada.

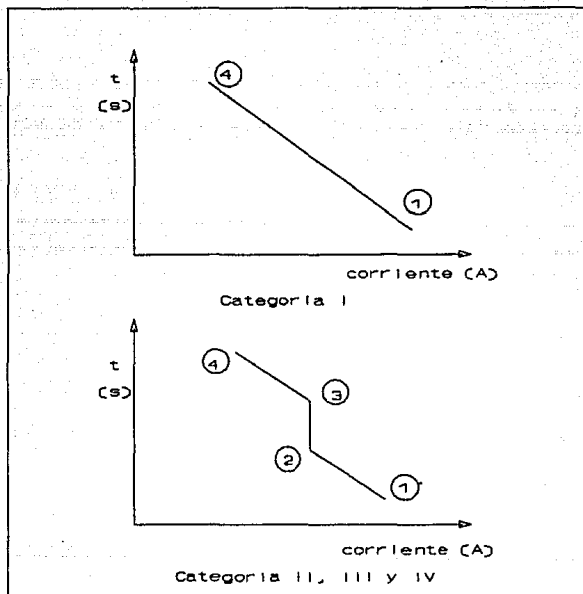


FIGURA 3.1

Categorías de los transformadores

| TABLA 3.1 | | |
|---|--------------|--------------|
| CATEGORIAS DE TRANSFORMADORES | | |
| KVA nominales de placa (devanado principal) | | |
| CATEGORIA | MONOFASICOS | TRIFASICOS |
| I | 5 - 500 | 15 - 500 |
| II | 501 - 1667 | 501 - 5000 |
| III | 1668 - 10000 | 5001 - 30000 |
| IV | > 10000 | > 30000 |

| TABLA 3.2 | | | |
|----------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| PUNTOS DE CURVA ANSI | | | |
| PUNTO | CATEGORIA DEL TRANSFORMADOR | TIEMPO [s] | CORRIENTE [A] |
| 1 | I | $1250(Zt)^2$ | I_{pc}/Zt |
| | II | 2 | I_{pc}/Zt |
| | III, IV | 2 | $I_{pc}/(Zt+Zs)$ |
| 2 | II | 4.08 | $0.7I_{pc}/Zt$ |
| | III, IV | 8 | $0.5I_{pc}/(Zt + Zs)$ |
| 3 | II | $2551(Zt)^2$ | $0.7I_{pc}/Zt$ |
| | III, IV | $5000(Zt + Zs)^2$ | $0.5I_{pc}/(Zt + Zs)$ |
| 4 | I, II, III, IV | 50 | $5I_{pc}$ |

Donde Zt - Impedancia del transformador en p.u. en base a los KVA con enfriamiento OA
 Zs - Impedancia de la fuente en p.u. en base a los KVA del transformador con enfriamiento OA
 I_{pc} - Corriente en amperes a plena carga del transformador en base a su capacidad con enfriamiento OA

| TABLA 3.3 | | |
|---------------------|---------------|--|
| IMPEDANCIAS MINIMAS | | |
| MONOFASICO KVA | TRIFASICO KVA | IMPEDANCIA MINIMA Zt EN p.u. EN BASE A LOS KVA DEL TRANSFORMADOR |
| 5 - 25 | 15 - 75 | 0.0250 |
| 37.5 - 100 | 112.5 - 300 | 0.0286 |
| 167 - 500 | 500 | 0.0400 |

| TABLA 3.4 | |
|----------------------------|-------------|
| Conexion del transformador | Factor ANSI |
| $\triangle - \triangle$ | 0.87 |
| $\triangle - Y$ | 0.58 |
| $\triangle - Y$ | 1.00 |
| $Y - Y$ | 1.00 |
| $Y - Y$ | 1.00 |
| $Y - Y$ Tipo nucleo | 0.67 |
| $Y - Y$ Tipo acorazado | 1.00 |
| $Y - Y$ | 1.00 |
| $Y - \triangle$ | 1.00 |
| $Y - \triangle$ | 1.00 |

| TABLA 3.5 | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|---------------------------|
| LIMITES NEC | | | | | | |
| P R I M A R I O | | | S E C U N D A R I O | | | |
| | | | > 600 V | | < 600 V | |
| Z% | VOLTAJE (V) | AJUSTE INTER. (%) | CAPACIDAD FUSIBLE (%) | AJUSTE INTER. (%) | CAPACIDAD FUSIBLE (%) | INTERRUPTOR O FUSIBLE (%) |
| TODAS | | 300 | 250 | --- | --- | --- |
| ≤ 6 | >600 | 600 | 300 | 300 | 250 | 125 |
| $6 < Z \leq 10$ | >600 | 400 | 300 | 250 | 225 | 125 |
| | | 125 | 125 | --- | --- | --- |
| TODAS | | 250 | 250 | --- | --- | 125 |
| ≤ 6 | <600 | 600 | 600 | --- | --- | * |
| $6 < Z \leq 10$ | <600 | 400 | 400 | --- | --- | * |

* PROTECCION TERMICA DE SOBRECARGA COORDINADA

| TABLA 3.6 | | | | | |
|---------------------------------|---------------|-------------------|--------|-----------------------|--------------|
| CAPACIDAD DE SOBRECARGA | | | | | |
| TIPO DE TRANSFORMADOR | CAPACIDAD KVA | ENFRIAMIENTO TIPO | FACTOR | TEMPERATURA ELEVACION | FACTOR |
| SECO | $\leq 2,500$ | AA | 1.0 | 150°C | 1.00 |
| | | FA | 1.3 | | |
| LIQUIDO EN CENTRO DE CARGA | $\leq 2,500$ | OA | 1.0 | 55/65°C 65°C | 1.12 1.00 |
| | ≤ 500 | FA | 1.0 | 55/65°C 65°C | 1.12 1.00 |
| | ≤ 500 | FA | 1.15 | 55/65°C 65°C | 1.12 1.00 |
| | $\leq 2,000$ | FA | 1.25 | 55/65°C 65°C | 1.12 1.00 |
| | $\leq 2,000$ | FA | 1.25 | 55/65°C 65°C | 1.12 1.00 |
| | $\leq 2,500$ | FA | 1.25 | 55/65°C 65°C | 1.12 1.00 |
| LIQUIDO EN SUBESTACION PRIMARIA | | OA | 1.00 | 55/65°C 55°C | 1.12 1.00 |
| | | FA | 1.33 | 55/65°C 55°C | 1.12 1.00 |
| | | FOA | 1.67 | 55/65°C 55°C | 1.12 1.00 |

| TABLA 3.7 | |
|--|----------|
| MULTIPLoS PARA CORRIENTES DE MAGNETIZACION | |
| CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR KVA | MULTIPLo |
| KVA ≤ 1500 | 8 |
| $1500 \leq$ KVA < 3750 | 10 |
| $3750 \leq$ KVA | 12 |

TABLA 3.8

| SOBRECARGA EN MOTORES | |
|--|-------------------|
| CONSIDERACIONES | MAXIMO AJUSTE (%) |
| Si $F_s \geq 1.15$ o $T \leq 40^\circ\text{C}$ | 140 |
| Todos los demás | 130 |

Donde

F_s - Factor de servicio

T - Elevación de temperatura en $^\circ\text{C}$

CAPITULO IV

CAPITULO IV

PROGRAMA DE COMPUTADORA

IV.1 Introducción

El Paquete de Coordinación de Protecciones para Circuitos Industriales, PCPCI, es útil para determinar los ajustes de los dispositivos de protección de sobrecorriente cuando la ubicación física en el diagrama unifilar y su tipo han sido previamente determinados.

La información general del equipo y de la red del sistema por analizar se almacena en una base de datos.

El programa está diseñado para circuitos de distribución industriales cuyas tensiones de operación se encuentren en el rango de 480 a 13,800 V. Los dispositivos de protección considerados son:

1. Relevadores de sobrecorriente.
2. Interruptores electromagnéticos.
3. Interruptores termomagnéticos.
4. Elementos puramente magnéticos.
5. Relevadores de sobrecarga (OL's)
6. Fusibles.

El programa trabaja en una VAX 11/780 con terminales de video gráficas tipo VT100 y VS11 de Digital, y graficador HP.

A su vez, el PCPCI depende del paquete gráfico PAGRA, del manipulador de base de datos RDB y del sistema operativo VAX- VMS V4.4.

Teóricamente, no hay límite en el número de protecciones por analizar, ya que, aunque el dimensionamiento del vector TIPDIS es de mil localidades, puede ampliarse. La única limitación, relativamente, es la disponibilidad de espacio en el disco y el tiempo de ejecución.

IV.2 Diagrama de estructura

IV.2.1 Generalidades

En la figura 4.1 se muestra un diagrama de bloques del diseño conceptual.

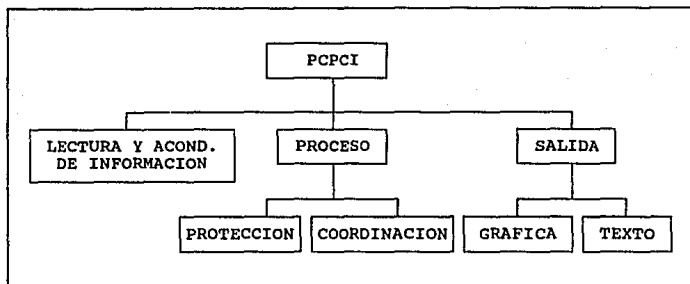


FIGURA 4.1

Diagrama de bloques generalizado del PCPCI

Lectura y acondicionamiento de información. Se lee de la base de datos la información y se forma el archivo de resultados TEMPOR, el vector TIPDIS, en donde se almacena el tipo de dispositivo, y los vectores ordenados VPRI y VPRES, que son los vectores de protección primaria y de respaldo, respectivamente.

Proceso. Contiene los criterios de coordinación y protección y en base a ellos, podrá arrojar los siguientes resultados:

- * Un mensaje de error cuando no se cumpla algún criterio de coordinación y/o protección.
- * Una solución gráfica o textual.

Salida. Dos formas de presentación de resultados cuando la solución es exitosa: gráfica y textual.

IV.2.2 Diagrama de estructura

Este diagrama muestra gráficamente los niveles de jerarquía contenidos en el programa, así como los diferentes módulos que lo conforman. Esta estructura ayuda a simplificar la detección de errores, efectuar correcciones y modificaciones, así como mantener actualizada la documentación. En la figura 4.2 se muestra el diagrama de estructura completo. Hay tres tipos de módulos: los de coordinación y protección, los de graficación y los de consulta a la base de datos BDCP.

La secuencia de ejecución del programa obedece en cierta forma a la disposición de los bloques en el diagrama. El seguimiento del mismo será de izquierda a derecha y de arriba a abajo, así, el primer módulo utilizado es PCPCI, después el módulo LECTURA que usa el módulo ARBOL; después, PCPCI llama a SPROMT, que direcciona a SPRMOL, SPRMRE o SPRMEM (rutinas específicas de protección de motores). Cuando termina aquí, sigue el proceso de coordinación entre protecciones; dependiendo del tipo de protección de respaldo, se activa el módulo correspondiente del segundo nivel jerárquico FFETL, EETFL, RRETFL o TTFL, y estos módulos direccionan el control hacia las rutinas específicas de coordinación, protección de buses y protección de alimentadores.

IV.3 Descripción de los módulos

IV.3.1 Módulo PCPCI

Es el programa principal de coordinación de protecciones de sobrecorriente para circuitos industriales. Sirve para direccionar el control a los módulos del primer nivel jerárquico.

IV.3.1.1 Módulo LECTURA

Crea el vector de tipos de dispositivos y el archivo TEMPOR.DAT preliminar. Obtiene el vector de pares de dispositivos de protección. Utiliza al módulo ARBOL.

- * **Módulo ARBOL.** Forma los vectores ordenados de pares de protección a partir de los pares primitivos (VPRI y VPRES).

IV.3.1.2 Módulo SPROTM

Direcciona el control a los módulos SPRMOL, SPRMTM, SPRMRE o SPRMEM, según sea el dispositivo de protección con el cual se protege al motor.

- * **Módulo SPRMOL.** Direcciona el control a los módulos de protección de motores, SPRMOLF, SPRMOLM y MOTOLTMG, cuando se protegen con relevadores de sobrecarga complementados por un fusible, un magnético o un termomagnético.
 - a) **Módulo SPRMOLF.** Realiza la protección de motores en bajo voltaje (menor a 1KV) por relevadores de sobrecarga y fusible.
 - b) **Módulo SPRMOLM.** Realiza la protección de motores en bajo voltaje por relevadores de sobrecarga y magnético.

- c) **Módulo MOTOLMAG.** Realiza la protección de motores en bajo voltaje por relevadores de sobrecarga y termomagnético.

- * **Módulo SPRMRE.** Ajusta relevadores de sobrecorriente para la protección de motores de medio y alto voltaje (mayor a 1 KV).

- * **Módulo SPRMTMG.** Verifica que la parte térmica permita el arranque y determina el ajuste de la parte magnética de los interruptores termomagnéticos cuando estos protegen un motor.

- * **Módulo SPRMEH.** Calcula los ajustes de los interruptores electromagnéticos cuando protegen un motor.

IV.3.1.3 Módulo FFETL

Direcciona el control al módulo PROTRAF o PROALIF, si el equipo protegido por el fusible es un transformador o un alimentador. Posteriormente se direcciona a los módulos de coordinación siguientes, según sea la protección primaria.

- * **Módulo PROTRAF.** Checa al fusible como protección en el lado primario de transformadores.

- * **Módulo PROALIF.** Realiza la protección de un alimentador con un fusible.

- * **Módulo SCORFT.** Verifica la coordinación de protección entre un dispositivo termomagnético de protección primaria y un fusible como respaldo. Analiza el caso cuando hay entre estos dos dispositivos un transformador.

- * **Módulo SCORFF.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos de protección, uno primario y otro de respaldo secundario, ambos fusibles. Se contempla la posibilidad de que estén protegiendo un transformador.

- * **Módulo SCORFL.** Verifica la coordinación entre un relevador de sobrecarga con su protección asociada y un fusible de respaldo.
- * **Módulo SCORFE.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos, siendo electromagnético el primario y fusible el de respaldo.

IV.3.1.4 Módulo EETFL

Direcciona el control al módulo PROALIE o PROBUSE si el equipo protegido por el fusible es un alimentador o un bus. Posteriormente se direcciona a los módulos de coordinación siguientes, según sea la protección primaria.

- * **Módulo PROALIE.** Realiza la protección de un alimentador con un interruptor electromagnético como protección de respaldo, en la cual, la protección primaria puede ser un termomagnético o un electromagnético.
- * **Módulo PROBUSE.** Determina los ajustes de un electromagnético cuando protege un bus.
- * **Módulo SCOREE.** Determina los ajustes coordinados de dos electromagnéticos en serie. Se dan ajustes preliminares y se modifican los de respaldo si es necesario.
- * **Módulo SCORET.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos, termomagnético y electromagnético. En caso de no haber, se hacen los ajustes necesarios en el electromagnético para lograr la coordinación de los dispositivos.
- * **Módulo SCOREF.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos, fusible y electromagnético, y en caso de no haber ésta, hacer los ajustes necesarios en el respaldo para lograr la coordinación de los dispositivos.

- * **Módulo SCOREL.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos, bimetalico y electromagnético, y en caso de no haber ésta, hacer los ajustes necesarios para lograr la coordinación de protecciones llamando a la rutina indicada.
- a) **Módulo NSCORET.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos, bimetalico y electromagnético, siendo la protección asociada un termomagnético, y en caso de no haber ésta, hacer los ajustes necesarios para lograr la coordinación de los dispositivos.
- b) **Módulo NSCOREF.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos, bimetalico y electromagnético, siendo la protección asociada un fusible, y en caso de no haber ésta, se hacen los ajustes necesarios para lograr la coordinación de los dispositivos.
- c) **Módulo NSCOREM.** Verifica la coordinación entre dos dispositivos, bimetalico y electromagnético, siendo la protección asociada un elemento magnético, y en caso de no haber ésta, hacer los ajustes necesarios para lograr la coordinación de los dispositivos.

IV.3.1.5 Módulo RRETFL

Direcciona el control al módulo SPOTRAR, PROBUSR o PROALIR si el equipo protegido por el relevador es un transformador, un bus o un alimentador, respectivamente. Posteriormente, se direcciona a cualquiera de las rutinas de coordinación siguientes, según sea la protección primaria con la cual se deberá coordinar el relevador.

- * **Módulo SPOTRAR.** Ajusta relevadores de sobrecorriente para la protección de transformadores.
- * **Módulo PROBUSR.** Realiza la protección de un bus protegido por un relevador.

- * **Módulo PROALIR.** Realiza la protección de un alimentador con un relevador de sobrecorriente (protección de respaldo). La protección primaria puede ser un relevador exclusivamente.
- * **Módulo SCORRR.** Busca la coordinación entre dos relevadores. El relevador de respaldo fue preliminarmente ajustado en base al equipo que protege; estos ajustes se modifican hasta cierto límite si así lo requiere la coordinación con el relevador primario.
- * **Módulo SCORRE.** Coordina un relevador previamente ajustado con un interruptor electromagnético.
- * **Módulo SCORRT.** Determina si con los ajustes dados preliminarmente al relevador, se obtiene coordinación con el interruptor electromagnético que opera como protección primaria. Si no coordina, se modifican los ajustes del relevador dentro de los límites preestablecidos en las rutinas de protección.
- * **Módulo SCORRF.** Coordina un relevador previamente ajustado con un fusible.

IV.3.1.6 Módulo TTFL

Direcciona el control al módulo PROBUST o PROALIT, si el equipo protegido por el termomagnético es un bus o un alimentador. Se direcciona a los módulos de coordinación siguientes según sea la protección primaria.

- * **Módulo SCORTT.** Verifica la coordinación de protecciones entre dispositivos termomagnéticos, uno como protección primaria y otro de respaldo.

- * **Módulo SPRBT.** Realiza la protección del bus con interruptor termomagnético. Verifica que la parte térmica fija no se cruce con la curva del bus y determina el rango de operación de la parte magnética.
- * **Módulo PROALIT.** Realiza la protección de un alimentador con un interruptor termomagnético como protección de respaldo, en la cual, la protección primaria puede ser un termomagnético o un electromagnético.

IV.4 Descripción funcional

IV.4.1 Flujo de información

En la figura 4.3 se muestra la forma en que fluye la información entre la base de datos BDCP, los archivos de servicio y el usuario. Una vez que el usuario ha almacenado la información en BDCP, el programa PCPCI al iniciar, toma el archivo DATARB correspondiente a los pares coordinables. En base a éste, se transfiere cierta información de BDCP al archivo de acceso directo TEMPOR. Posteriormente, y conforme transcurre la ejecución, se toma información adicional de cualquiera de estos dos archivos, según sea requerido por los módulos de cálculo.

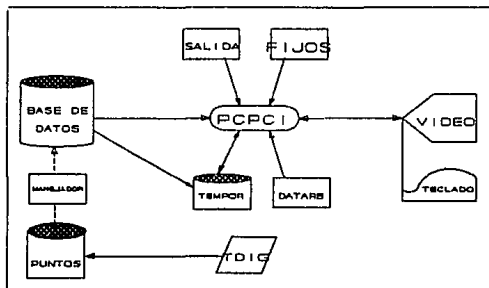


FIGURA 4.3

Flujo de información

IV.4.2 Reseña funcional

En la figura 4.4 se muestra un diagrama de bloques en donde se indica la secuencia general de operación del PCPCI. Los bloques del primer nivel representan la información necesaria contenida en BDCP y en archivos auxiliares.

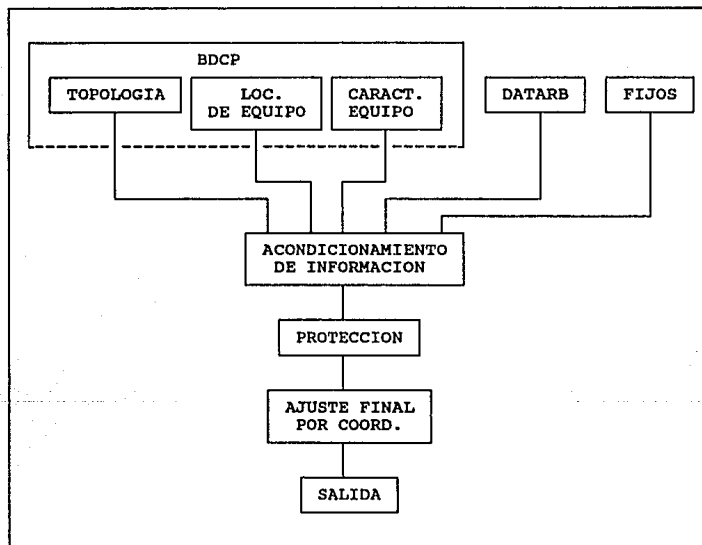


Figura 4.4

Descripción funcional del paquete PCPCI

Acondicionamiento de información. Se llama a la rutina LECTURA, en donde se transfiere información del archivo FIJOS y de la base de datos BDCP al archivo TEMPOR. En el módulo ARBOL llamado por LECTURA, se organizan los datos contenidos en DATARB, de tal forma que se obtienen dos vectores que representan el grafo ordenado del árbol de la red. La dimensión de estos vectores deberá ser igual o mayor al número de protecciones, pero nunca menor.

Protección. Se determinan uno por uno los ajustes de cada protección que corresponde a cada motor.

Ajuste final por coordinación. Este bloque corresponde al grupo de módulos FFETL, EETFL, RRETFL y TTFL, así como todos los que dependen de ellos, de la figura 4.2., y se refiere a la protección de transformadores, buses y alimentadores y la coordinación entre pares.

Para el proceso de coordinación entre pares, se determinan primero éstos en base a los vectores creados por ARBOL. En base al tipo de protección de respaldo, PCPCI direcciona a los módulos RRETEL, EETFL, FFETL o TTFL. Después, hay dos opciones: que se direcciona el control a los módulos de protección de transformadores, buses o alimentadores; o direccionarlo a los módulos de coordinación específica según la protección primaria.

Los ajustes preliminares se guardan en TEMPOR, y si se modifican, basta con regrabar los nuevos ajustes. Cuando el proceso de protección y coordinación ha terminado, se genera el archivo de salida textual y gráfico.

IV.5 Datos de entrada / salida

La base de datos BDCP está formada por un conjunto de archivos de tipo acceso directo con una organización relacional.

Cada archivo fue diseñado para contener información homogénea, por lo que para recuperar cierta información normalmente será necesario relacionar ciertos archivos interdependientes.

La BDCP fue diseñada para contener toda la información requerida por PCPCI y que se relaciona tanto con la topología del sistema por analizar, como con los datos de catálogo del fabricante. Esta última no varía de sistema a sistema, pero si varía la información relacionada con la topología. Por eso, la BDCP mantiene separada la información hasta donde sea posible.

La programación de BDCP está capacitada para altas, bajas y reportes; los cambios se harán utilizando las dos primeras funciones.

La recuperación de datos se logra con el uso de las rutinas de consulta.

IV.5.1 Archivos

IV.5.1.1 FIJOS.ADR

Contiene la información de las protecciones cuyos ajustes no deben cambiar en el proceso de coordinación. Estas protecciones son fijas porque a partir de ellas, se desea coordinar las protecciones subsecuentes.

Se crea por separado de PCPCI y previamente a la ejecución del mismo, por lo que se tiene un programa interactivo que se llama CREAMI.FOR.

IV.5.1.2 DATARB.DAT

En este archivo se definen los pares de coordinación de protecciones primarias y de respaldo, de donde se forman los vectores ordenados, los cuales se utilizan para definir el control de la secuencia de ejecución del programa.

Se forma con el número de pares de estudio + 1 = número de protecciones.

Se crea por separado del programa PCPCI y previamente a la acción de ejecución en la misma cuenta que PCPCI.EXE. Es indispensable que se genere cada vez que se desee correr un caso diferente.

IV.5.1.3 Archivo de salida *.DIA

Este archivo toma el nombre del archivo de resultados solicitado interactivamente por PCPCI al usuario y le agrega la extensión .DIA, la cual se relaciona con la función de diagnóstico que desempeña. Inicialmente, este archivo está vacío; y al final, puede estarlo o no, dependiendo si la ejecución del programa es exitosa.

IV.5.1.4 Archivo de salida *.SAL

Este archivo almacena los resultados de la ejecución del PCPCI formateados para presentación en forma textual. El ordenamiento se hace por nodo y se complementa con el tipo de protección.

En el Capítulo V se muestra el listado del estudio.

Se genera como parte final del procesamiento del PCPCI.

Su nombre lo toma del archivo de resultados solicitado interactivamente por PCPCI al usuario y le agrega la extensión .SAL.

La información requerida para generar este archivo está totalmente contenida en el archivo dinámico TEMPOR.ADR.

IV.5.1.5 TEMPOR.ADR

Es un archivo de acceso directo y de carácter temporal. Tiene las funciones de disminuir la frecuencia de ingreso a BDCP reteniendo la información de uso más frecuente y almacenar los ajustes finales de los dispositivos de protección.

Se activa en el programa principal y se forma en la subrutina LECTURA.

Esta información es útil para la presentación de resultados finales, tanto en forma textual como gráfica.

La formación de este archivo se realiza en dos partes:

1. Almacenamiento de las características de protección (capacidad, ajustes disponibles, etc.) y su ubicación dentro del sistema de estudio (nodo al que está conectado, equipo que protege, etc.) Esto se hace a través de las rutinas de acceso a la base de datos.

2. Almacenamiento de los ajustes de los dispositivos de protección. Estas variables se generan conforme avanza el proceso de cálculo. Inicialmente, sus valores corresponden a los seleccionados desde el punto de vista de protección del equipo asignado; después, se reevalúan para satisfacer los requerimientos de coordinación entre ellos.

El archivo es accesible durante el proceso, ya sea para leer información, o bien, para escribir en él. El número de registro dentro del archivo corresponde al número de protección asignado en el diagrama unifilar. Así, conociendo el número de protección se puede obtener cualquier variable o conjunto de variables incluidas en su registro, sin necesidad de ingresar a la base de datos varias veces.

IV.6 Activación, terminación

El programa podrá ser activado desde cualquier terminal conectada a la VAX.

Se irá ejecutando, y al final, puede tener dos tipos de terminación:

1. FORTRAN STOP - la salida es exitosa.
2. ERROR - si hay algún error, el programa se detiene y escribe en la pantalla el no. de error, y para consultarlo, se debe ir al archivo SALIDA.DIA.

CAPITULO V

CAPITULO V

ESTUDIO ESPECIFICO

V.1 Introducción

En este capítulo se aplican las bases dadas anteriormente para coordinar las protecciones de toda la planta.

La coordinación se realizó con los dispositivos recomendados por el estudio.

En el diagrama unifilar UE-1 se indican los datos de las protecciones instaladas en el campo de acuerdo con la información proporcionada por PEMEX, así como los cambios sugeridos; en la Tabla 5.1 se muestran las protecciones con los cambios sugeridos por el estudio.

Cuando no fue posible conseguir la información de los equipos de protección del sistema, estos fueron propuestos.

V.2 Lista de cambios

| TABLA 5.1 | | | | | | |
|-----------|------|--------------|------------------------|-------------------|--------|--------|
| | | | DESCRIPCION DEL CAMBIO | | | |
| | | | DISP. ACTUAL | DISP. RECOMENDADO | | |
| TABLERO | KV | LOCALIZACION | | | MARCA | TIPO |
| TB-1 | 4.16 | TR-1 | NP | GLD | RK-5 | 125A |
| TB-2 | 4.16 | TR-2 | NP | GLD | RK-5 | 125A |
| TB-3 | 4.16 | TR-3 | NP | GLD | RK-5 | 125A |
| N-2 | 0.48 | MOTORES 50HP | NP | GEC | TFK | 100A |
| M-1 | 0.48 | MOTORES 50HP | NP | GEC | TFK | 100A |
| M-2 | 0.48 | MOTORES 50HP | NP | GEC | TFK | 100A |
| M-3 | 0.48 | MOTORES 50HP | NP | GEC | TFK | 100A |
| M-4 | 0.48 | MOTORES 50HP | NP | GEC | TFK | 100A |
| M-5 | 0.48 | MOTORES 50HP | NP | GEC | TFK | 100A |
| BOCATOMA | 0.48 | MOTOR 75HP | NP | GEC | TFK | 125A |
| TB-4A | 0.48 | TR-4 | NP | SQD | LAL | 400A |
| TD-1 | 0.22 | TD-1 | NP | SQD | LAL | 225A |
| M-4 | 0.48 | M-A | NP | SQD | LAL | 250A |
| M-B | 0.48 | M-B | NP | SQD | LAL | 250A |
| TB-G | 4.16 | TR-6 | NP | GEC | EJ | 2R 70A |
| BUS FUTUR | 0.48 | BUS No. 27 | NP | SQD | DS-208 | 200A |

NOTAS:

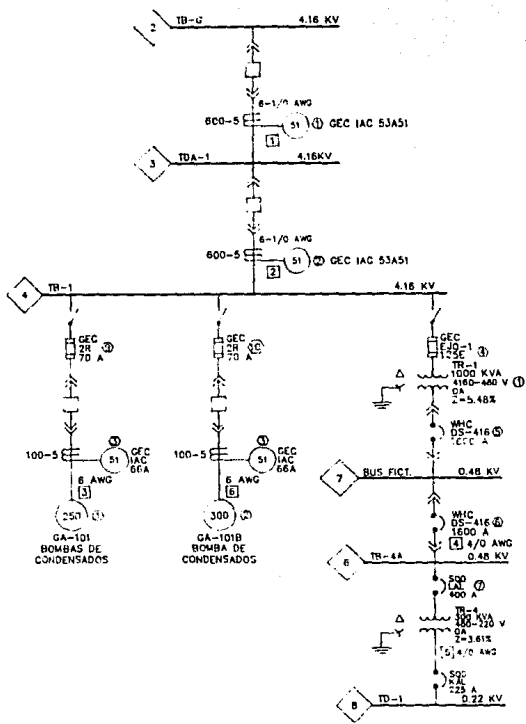
Las siglas de la columna "marca" se describen a continuación:

GLD - Gould Trionic
GEC - General Electric Company
SQD - Square - D
NP - No proporcionado

La columna de "clase" indica la corriente nominal del interruptor.

V.3 Curvas de coordinación

Los resultados de la coordinación de protecciones se presentan en hojas logarítmicas tiempo-corriente, donde se indican las curvas y los ajustes de los dispositivos de protección indicados en el diagrama UE-1.



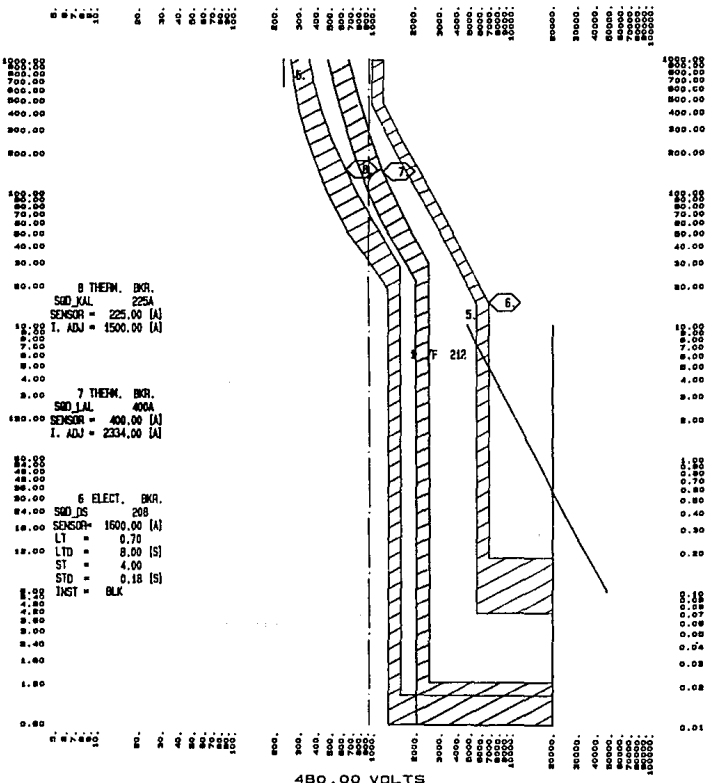
PLANTA: ATASTA
SUB. ATAST-1

| No. | FECHA | REVISIONES | POR | APROB | DIJUC |
|-----|--------|-----------------|------|-------|-------|
| 1 | JUL/91 | PARA APROBACION | AMAG | R-7 | AMAG |




TITULO:
**PLANTA DE RECOMPRESION
Y BOMBEO**

PROYECTO: 2924
No. **1** REV. **0**



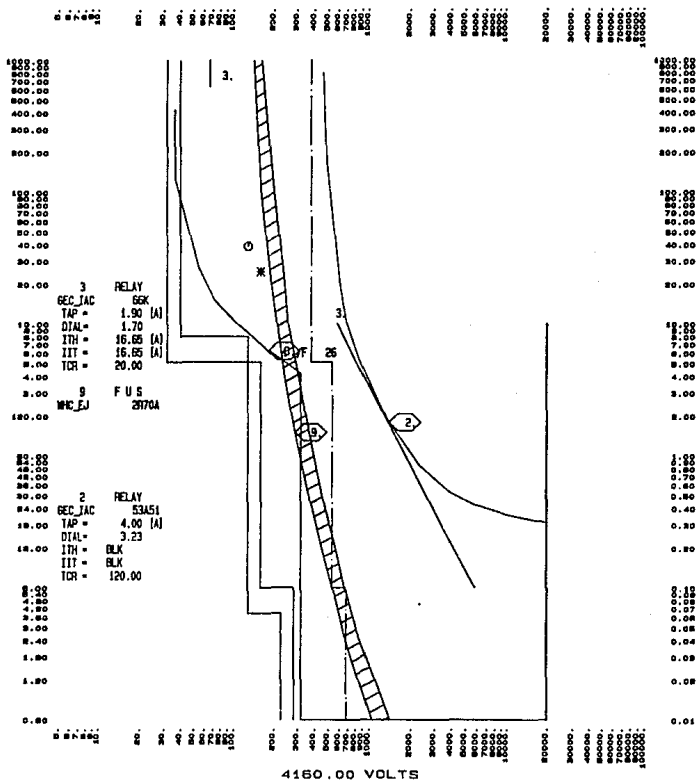
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-4A




INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELECTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-1
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 1.

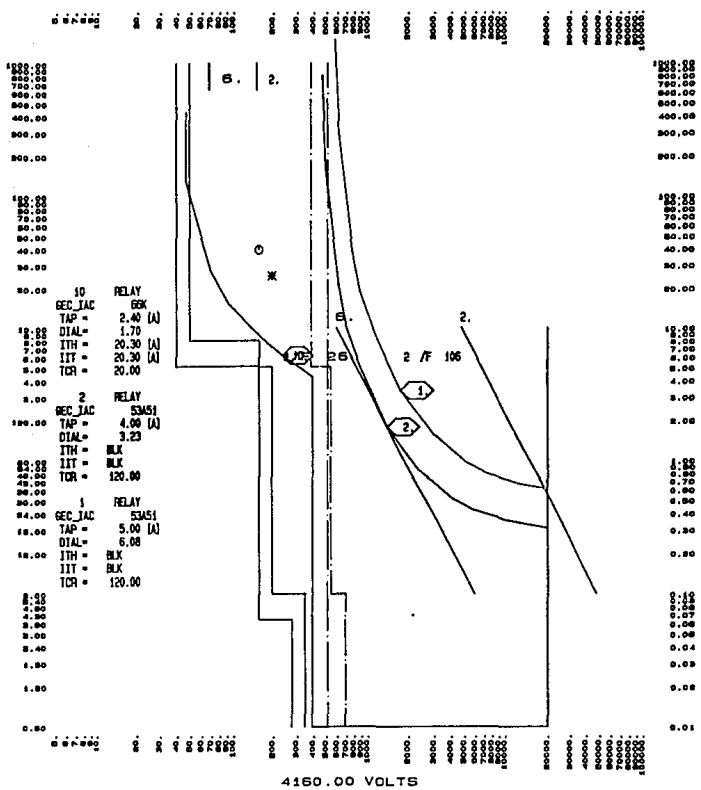


CURVAS TIEMPO-CORRIENTE
 TB-1



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELECTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-1
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 2.



10 RELAY GEC 65K
 TAP = 2.40 (A)
 DIAL = 1.70
 ITH = 20.30 (A)
 IIT = 20.30 (A)
 TCR = 20.00

 2 RELAY GEC 53A51
 TAP = 4.00 (A)
 DIAL = 3.23
 ITH = BLK
 IIT = BLK
 TCR = 120.00

 1 RELAY GEC 53A51
 TAP = 5.00 (A)
 DIAL = 6.08
 ITH = BLK
 IIT = BLK
 TCR = 120.00

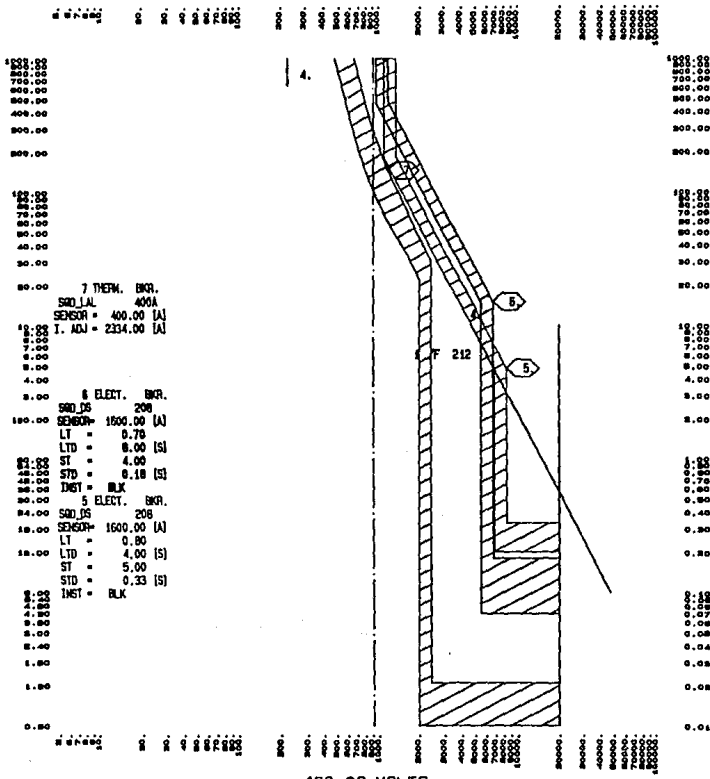
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-1



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELECTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATASTA-1
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 3.



100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00

100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00

7 THERM. ENCR.
SQU_LAL 400A
SENSOR = 400.00 [A]
I. ADJ = 2334.00 [A]

6 ELECT. ENCR.
SQU_DS 208
SENSOR = 1500.00 [A]
LT = 0.70
LTD = 8.00 [S]
ST = 4.00
STD = 0.18 [S]
INST = BLK

5 ELECT. ENCR.
SQU_DS 208
SENSOR = 1600.00 [A]
LT = 0.80
LTD = 4.00 [S]
ST = 5.00
STD = 0.33 [S]
INST = BLK

100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00

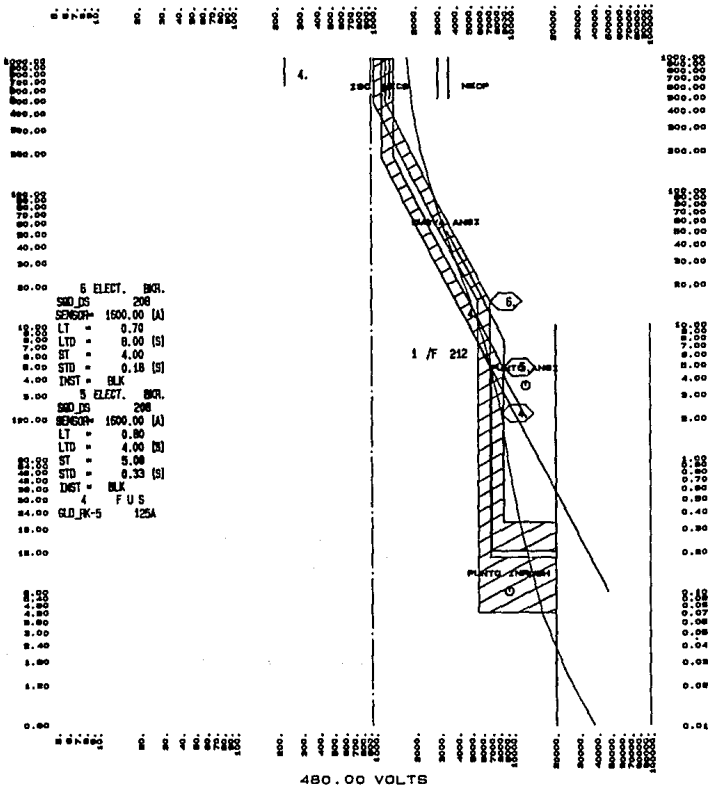
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
0.00

CURVAS TIEMPO-CORRIENTE
TB-4A



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELECTRICAS

FECHA: JULIO/1991
PLANTA: ATASTA
SUBESTA: ATAST-1
ELABORO: AMAO
REVISO: RVV
HOJA NO. 4.

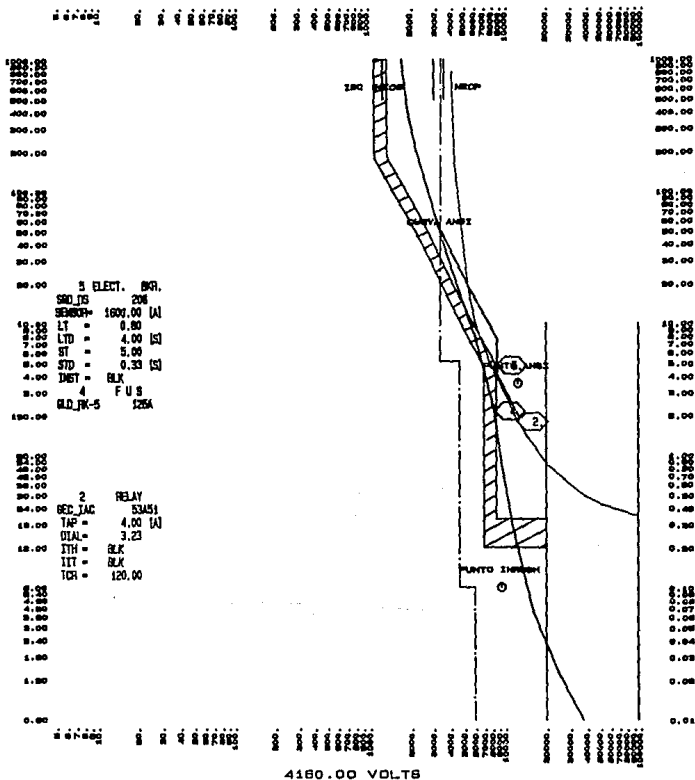


CURVAS TIEMPO-CORRIENTE
BUS-FIC




INSTITUTO DE
 INVESTIGACIONES
 ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-1
 ELABORO: AMAC
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 5.



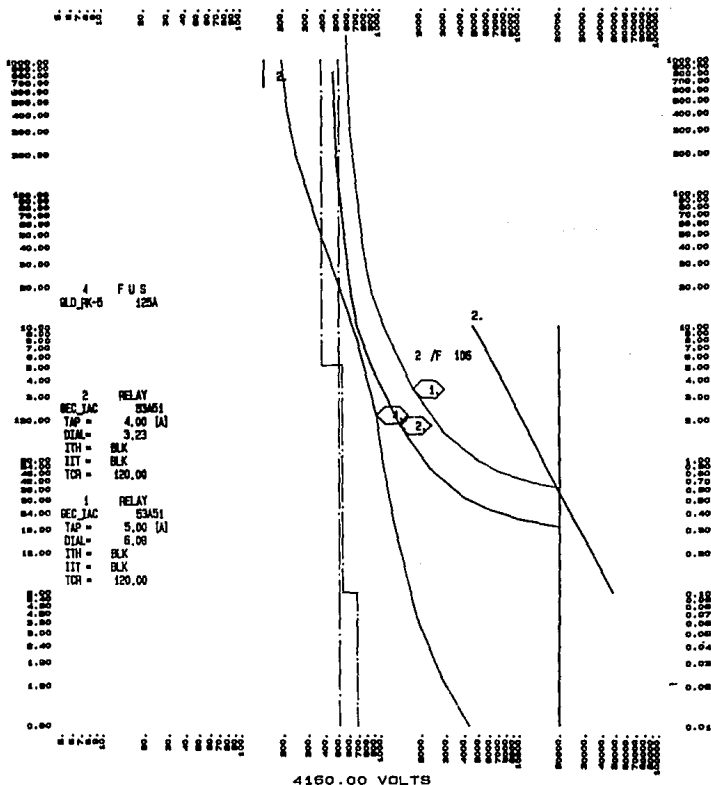
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-1



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATABTA
 SUBESTA: ATAST-1
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 6.



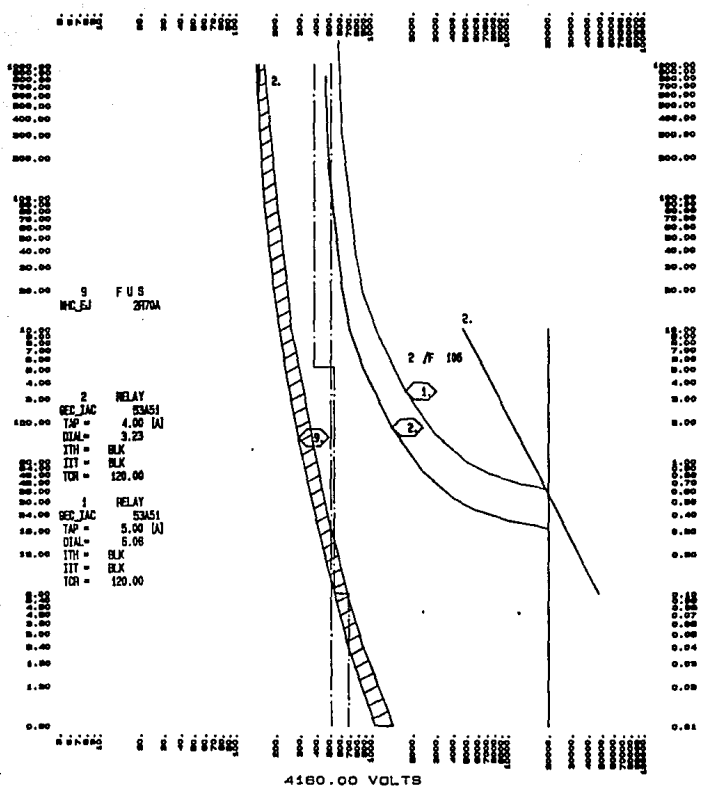
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TS-1



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELECTRICAS

FECHA JULIO/1991
 PLANTA: ATABTA
 SUBESTA: ATABT-1
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 7.



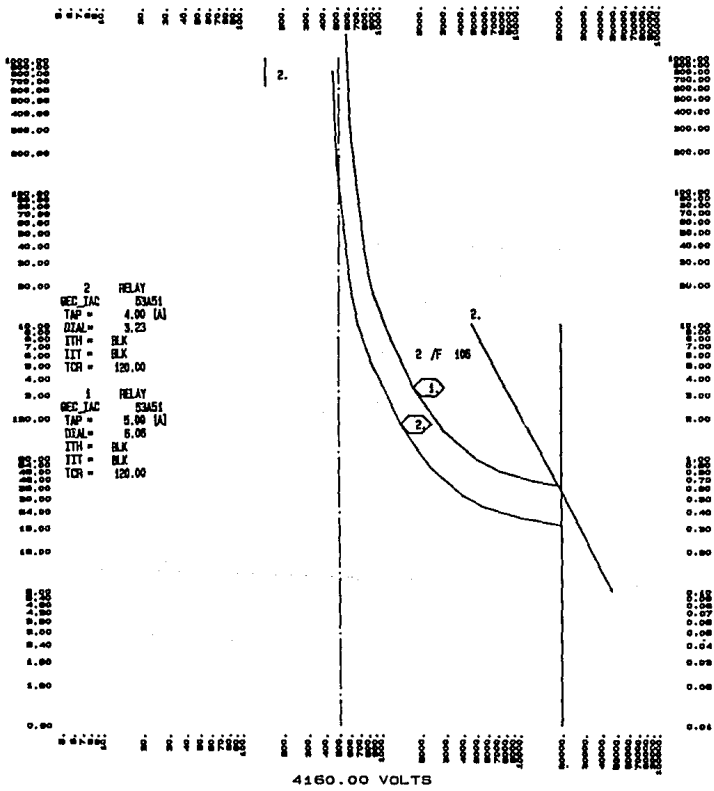
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-1



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-1
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 8.



CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TA-1



INSTITUTO DE
INVENTOS Y ACCIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-1
 ELABORO: AMAD
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 9.

***** OUTPUT PCPCI *****

PLANT : ATASTA
 DATE : JULIO/1991
 SETTINGS MADE BY: AMAO

BUS

TB-1

RELAYS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | RELAY TYPE | CT RATIO | TAP [A] | DIAL | INS. | UNIT [A] IIT ITH |
|--------------|------------------|------------|----------|---------|------|------|---------------------|
|--------------|------------------|------------|----------|---------|------|------|---------------------|

TB-1

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | RELAY TYPE | CT RATIO | TAP [A] | DIAL | INS. | UNIT [A] IIT ITH |
|--------------|------------------|------------|----------|---------|--------|------|---------------------|
| 3 | GB-101-250HP | GECIAC 66K | 20.0000 | 1.9000 | 1.7000 | | B3 |
| 10 | GB-101-300HP | GECIAC 66K | 20.0000 | 2.4000 | 1.7000 | | |

TB-1

FUSES

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | FUSE TYPE | RATED CURRENT [A] |
|--------------|------------------|-----------|-------------------|
|--------------|------------------|-----------|-------------------|

| | | | |
|---|-----------------|---------------|----------|
| 4 | TRANSFORMADOR 1 | GLDRK-5 125 A | 125.0000 |
| 9 | CABLE 3 | WHCEJ 2R70A | 70.0000 |

TB-4A

ELECTROMAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TY | SENSOR-R [A] | LONG TIME | L. DEL TIME [S] |
|--------------|------------------|------------|--------------|-----------|-----------------|
|--------------|------------------|------------|--------------|-----------|-----------------|

| | | | | | |
|---|-------|-----------|-----------|--------|--------|
| 6 | TB-4A | SQDSS 208 | 1600.0000 | 0.7000 | 8.0000 |
|---|-------|-----------|-----------|--------|--------|

| SHORT TIME | S. DEL. TIME [S] | INST. UNIT |
|------------|------------------|------------|
|------------|------------------|------------|

| | | |
|--------|--------|--------|
| 4.0000 | 0.1800 | 0.0000 |
|--------|--------|--------|

TB-4A

TERMOMAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TYPE | TRIP ADJ. [A] | NOM. CURRENT [A] |
|--------------|------------------|--------------|---------------|------------------|
|--------------|------------------|--------------|---------------|------------------|

7
8

CABLE
FIJO

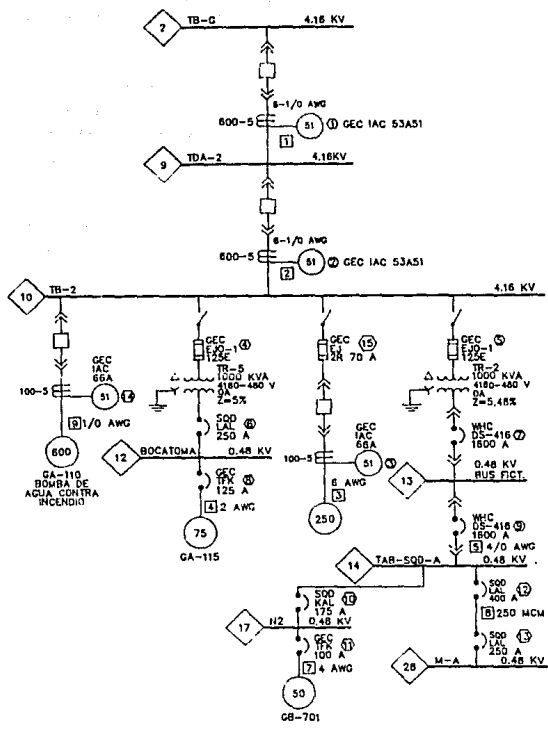
SQDLAL 400A 2334
SQDKAL 225 A 1500

400.0000
225.0000

BUS-FIC

ELECTROMAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TY | SENSOR-R [A] | LONG TIME | L. DEL TIME [S] |
|--------------|------------------|------------|--------------|-----------|-----------------|
| 5 | BUS-FIC | SQDDS 208 | 1500.0000 | 0.8000 | 4.0000 |
| SHORT TIME | S. DEL. TIME [S] | INST. UNIT | | | |
| 5.0000 | 0.3300 | 0.0000 | | | |

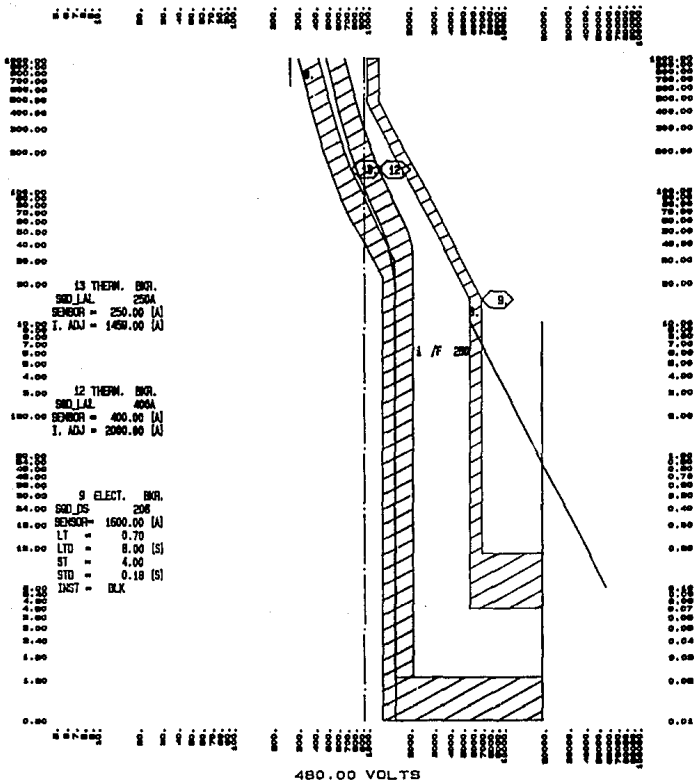


| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|--------|-----------------|-----|----------|--------|
| PLANTA: ATASTA SUB. ATAST-2 | No. | FECHA | REVISIONES | POR | APROBADO | DIBUJO |
| | ▲ | | | | | |
| | ▲ | | | | | |
| | ▲ | JUL/91 | PARA APROBACION | | AMAD | RVV |



TITULO:
**PLANTA DE RECOMPRESION
Y BOMBEO**

| | | |
|----------------|---|-----------|
| PROYECTO: 2924 | | |
| No. | 2 | REV. 0 |



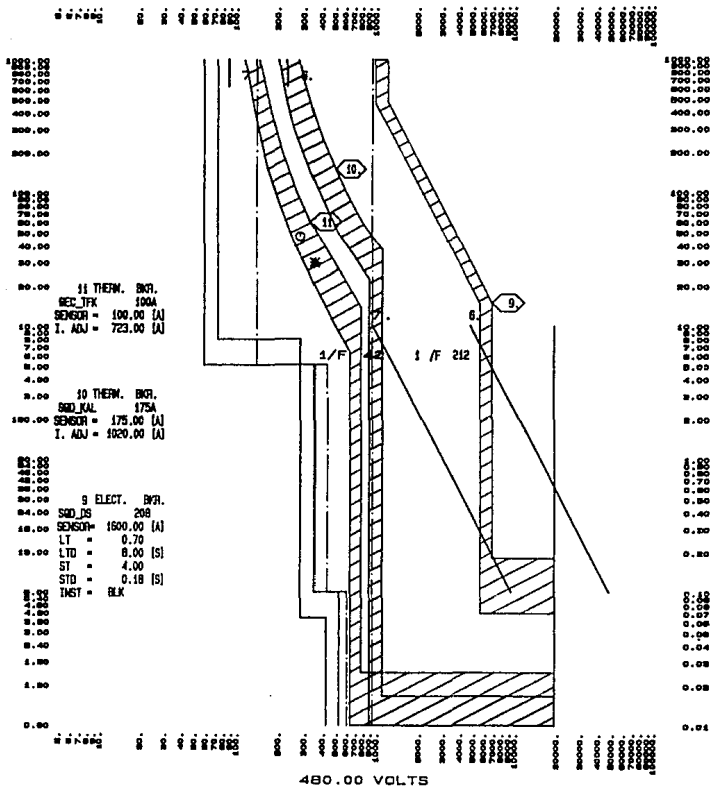
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

SQD-A



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
PLANTA: ATASTA
SUBESTA: ATAST-2
ELABORO: AMAO
REVISO: RVV
HOJA NO. 1.



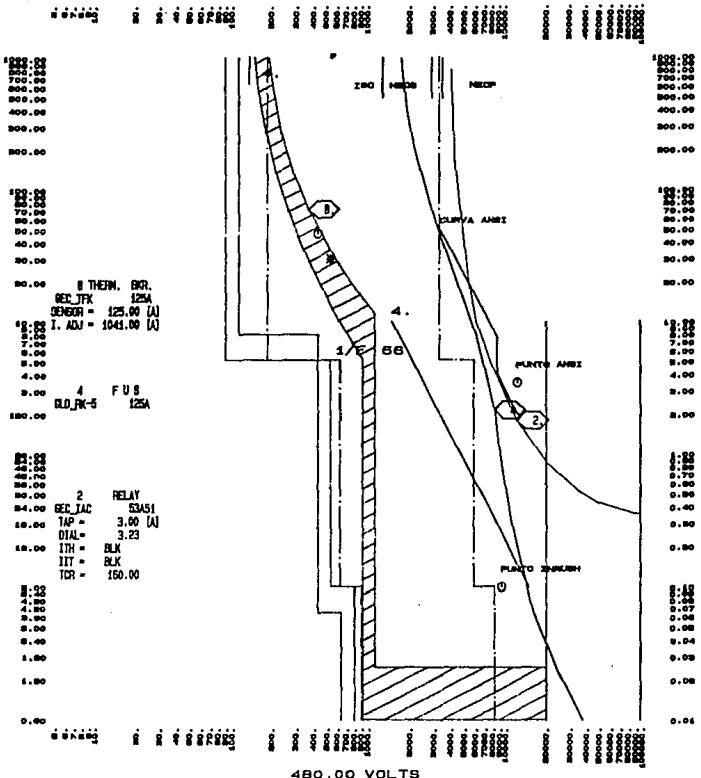
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

N2




INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-2
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 2.

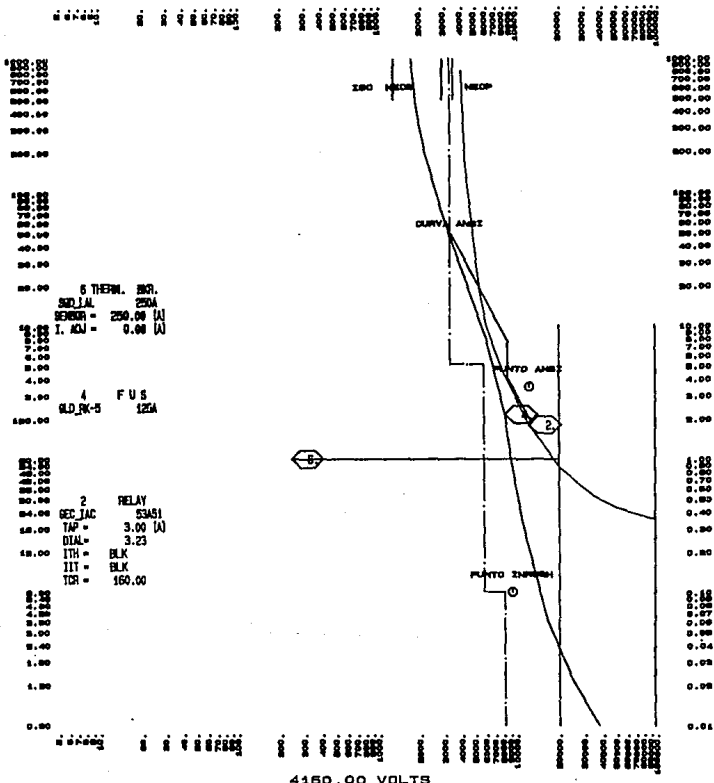


CURVAS TIEMPO-CORRIENTE
BOCATOMA



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-2
 ELABORO: AMAD
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 3.



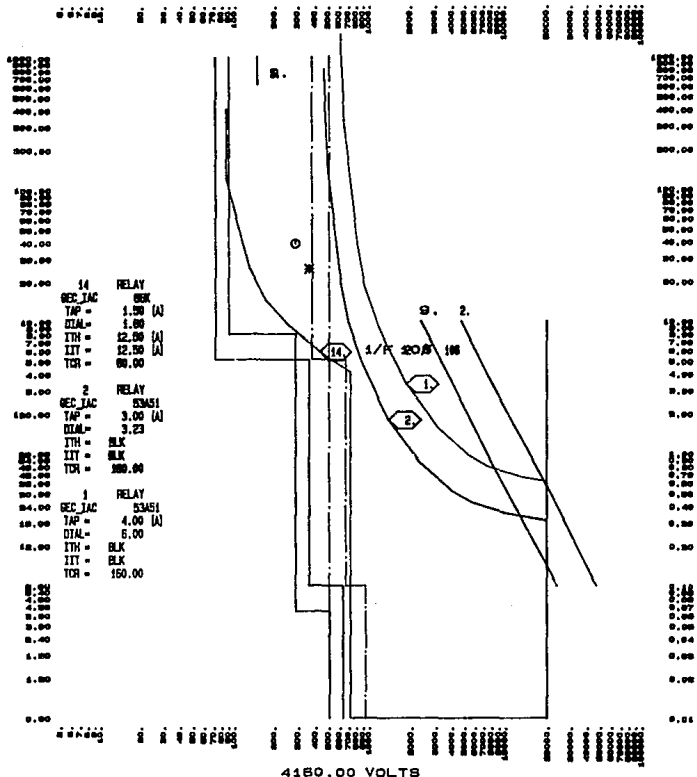
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-2




INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-2
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 4.



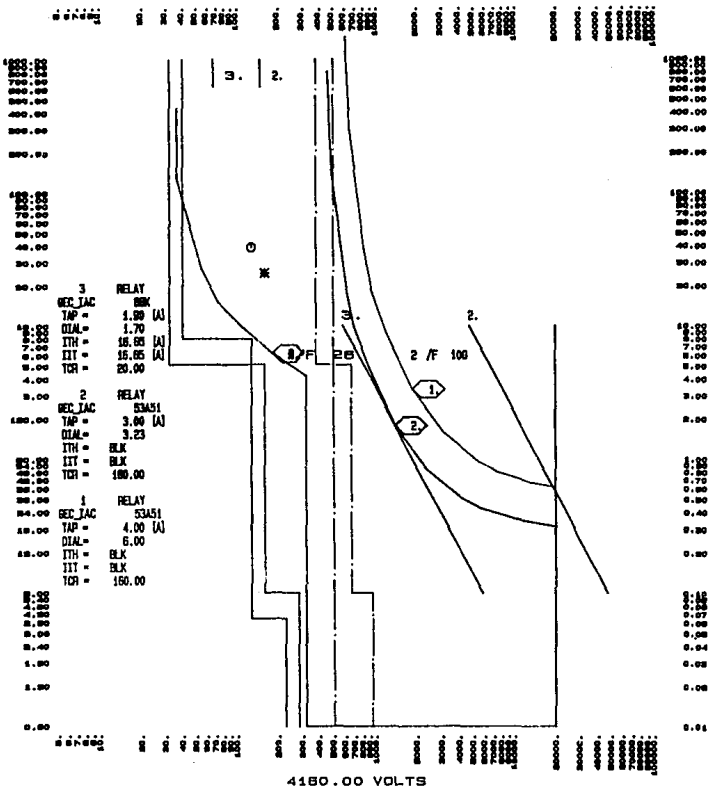
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-2



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATABTA
 SUBESTA: ATAST-2
 ELABORO: AMAD
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 5.



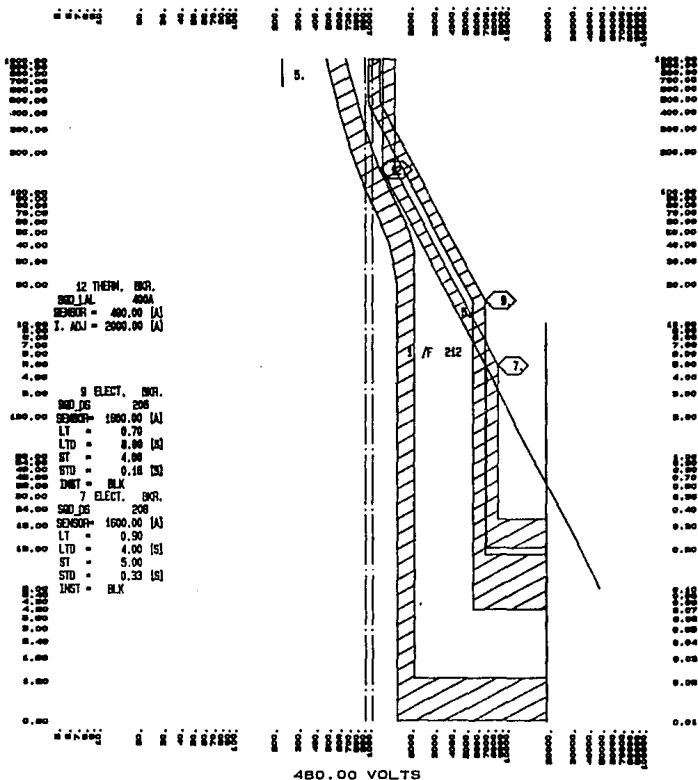
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-2



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1981
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-2
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 8.



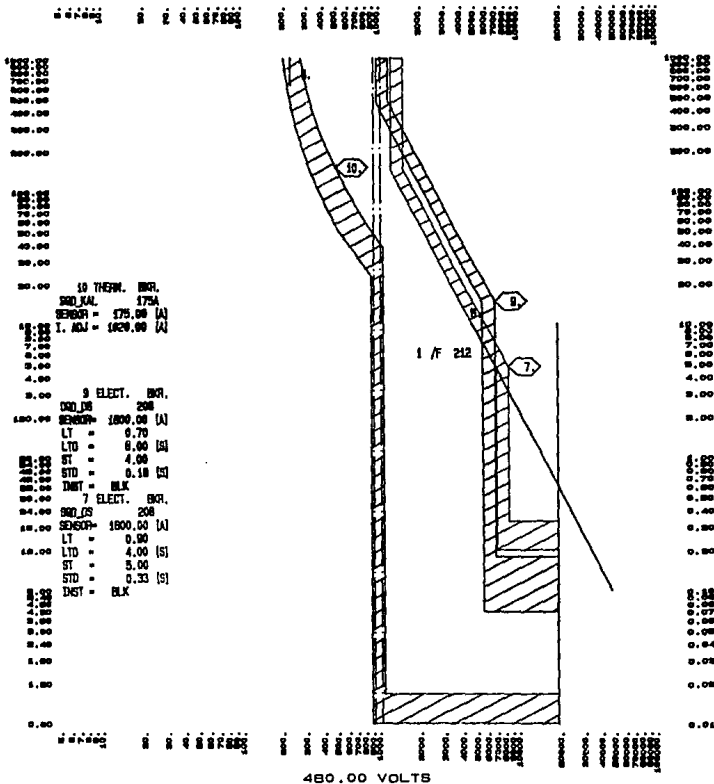
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

SGD-A



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
PLANTA: ATASTA
SUBESTA: ATAST-2
ELABORO: AMAO
REVISO: RVV
HOJA NO. 7.



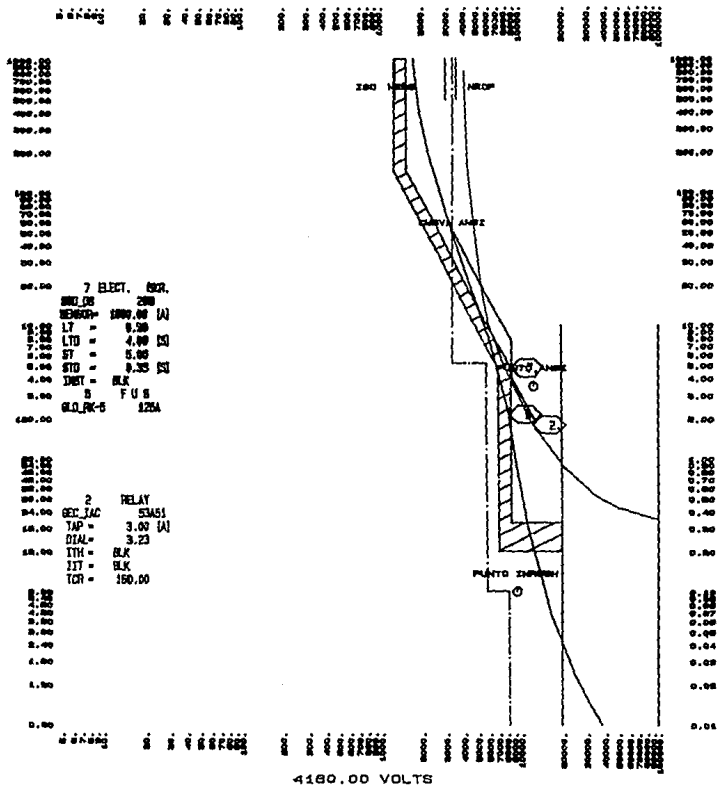
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

SQD-A



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-2
 ELABORO: AMAD
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 8.



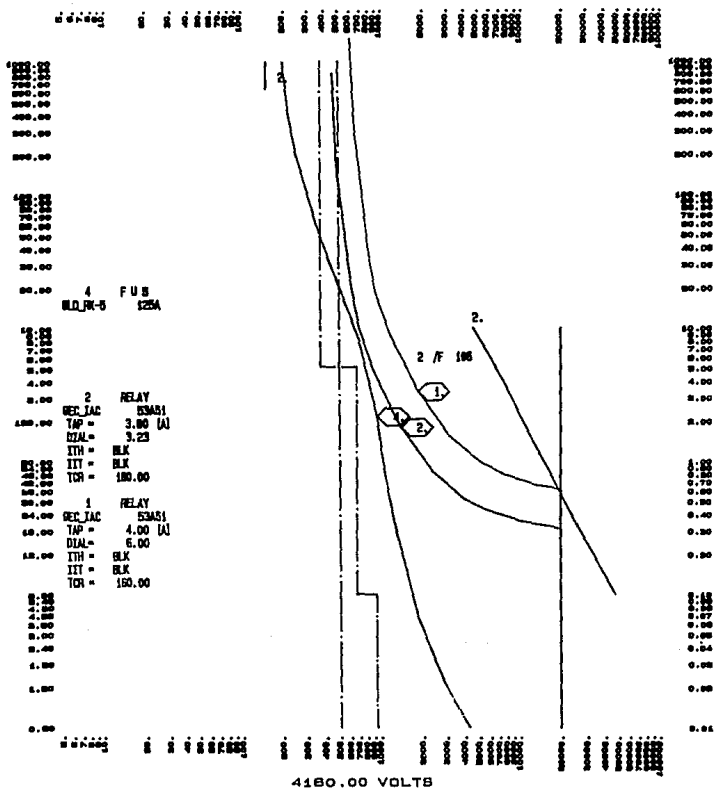
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-2



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATABTA
 SUBESTA: ATABT-2
 ELABORO: AMAD
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 10.



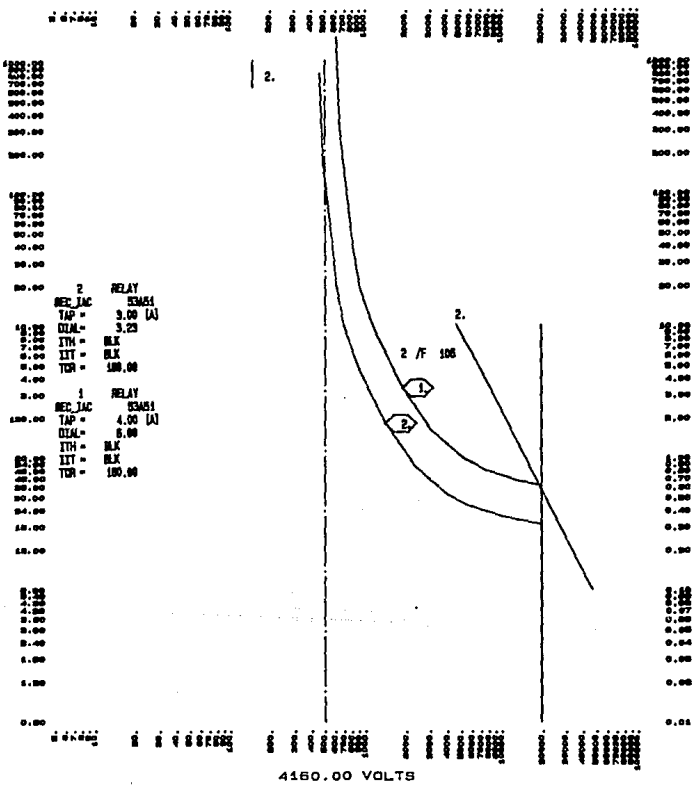
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-2



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1981
PLANTA: ATASTA
SUBESTA: ATAST-2
ELABORO: AMAD
REVISO: RVV
HOJA NO. 12.



2 RELAY
 REC_LAC ESMS1
 TAP = 3.00 (A)
 COAL = 3.25
 ITH = BLX
 IXT = BLX
 TCR = 100.00

1 RELAY
 REC_LAC ESMS1
 TAP = 4.00 (A)
 COAL = 6.00
 ITH = BLX
 IXT = BLX
 TCR = 100.00

CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TA-2



INSTITUTO DE
 INVESTIGACIONES
 ELÉCTRICAS

FECHA JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-2
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 13.

| | | | | | |
|------------|---------------------|------------|-----------|--------|--------|
| 7 | BUS-FIC | SQDDS 208 | 1600.0000 | 0.9000 | 4.0000 |
| SHORT TIME | S. DEL. TIME {S} | INST. UNIT | | | |
| 5.0000 | 0.3300 | 0.0000 | | | |

SQD-A

E L E C T R O M A G N E T I C B R E A K E R S

| | | | | | |
|--------------|---------------------|------------|-----------------|-----------|--------------------|
| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TY | SENSOR-R {A} | LONG TIME | L. DEL TIME {S} |
| 9 | SQD-A | SQDDS 208 | 1600.0000 | 0.7000 | 8.0000 |
| SHORT TIME | S. DEL. TIME {S} | INST. UNIT | | | |
| 4.0000 | 0.1800 | 0.0000 | | | |

SQD-A

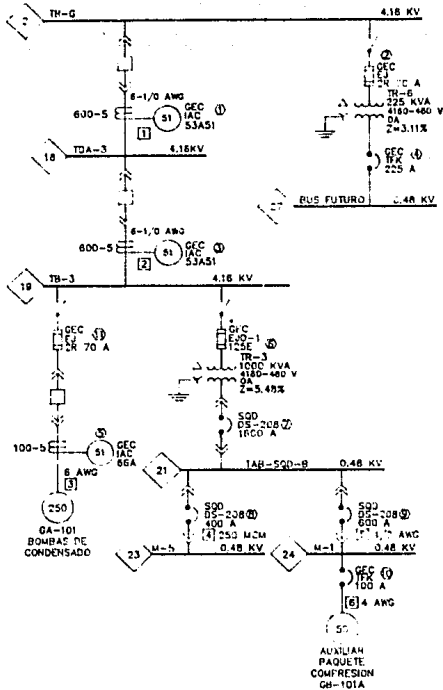
T E R M O M A G N E T I C B R E A K E R S

| | | | | |
|--------------|------------------|--------------|------------------|---------------------|
| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TYPE | TRIP ADJ. {A} | NOM. CURRENT {A} |
| 12 | CABLE | SQDLAL 400A | 2000 | 400.0000 |
| 13 | FIJO | SQDLAL 250A | 1459 | 250.0000 |

N2

T E R M O M A G N E T I C B R E A K E R S

| | | | | |
|--------------|------------------|--------------|------------------|---------------------|
| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TYPE | TRIP ADJ. {A} | NOM. CURRENT {A} |
| 10 | N2 | SQDKAL 175A | 1020 | 175.0000 |
| 11 | GB-701-50HP | GECTEK 100A | 723 | 100.0000 |



PLANTA: ATASTA
SUB. ATAST-3

| No. | FECHA | REVISIONES | POR | APROB. | DEBUJO |
|-----|--------|----------------|------|--------|--------|
| 1 | JUL/91 | PARA APRCACION | AMAO | RVV | AMAO |



LA SALLE
ESCUELA
DE INGENIERIA

TITULO:

PLANTA DE RECOMPRESION
Y BOMBEO

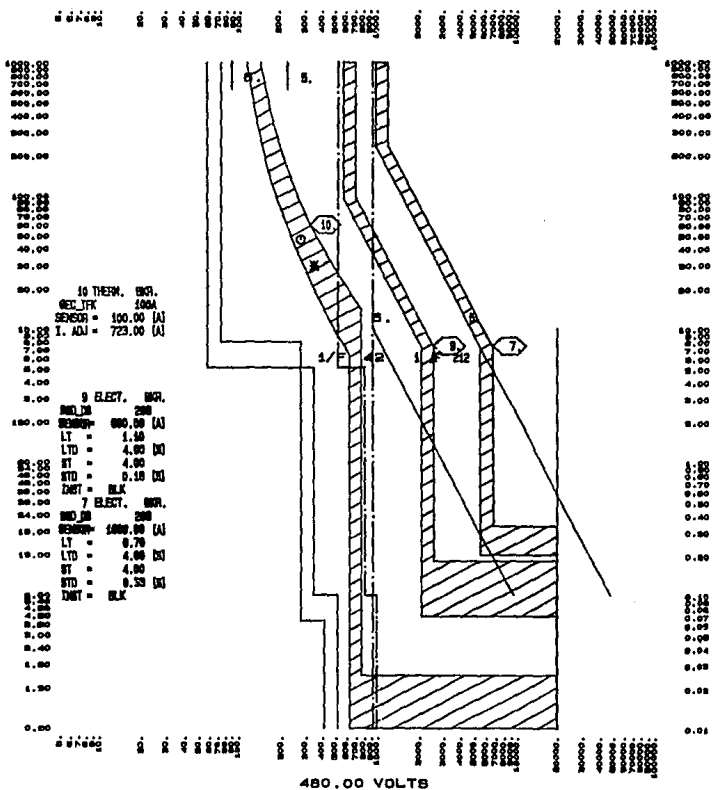
PROYECTO: 2924

No.

3


REV.

0



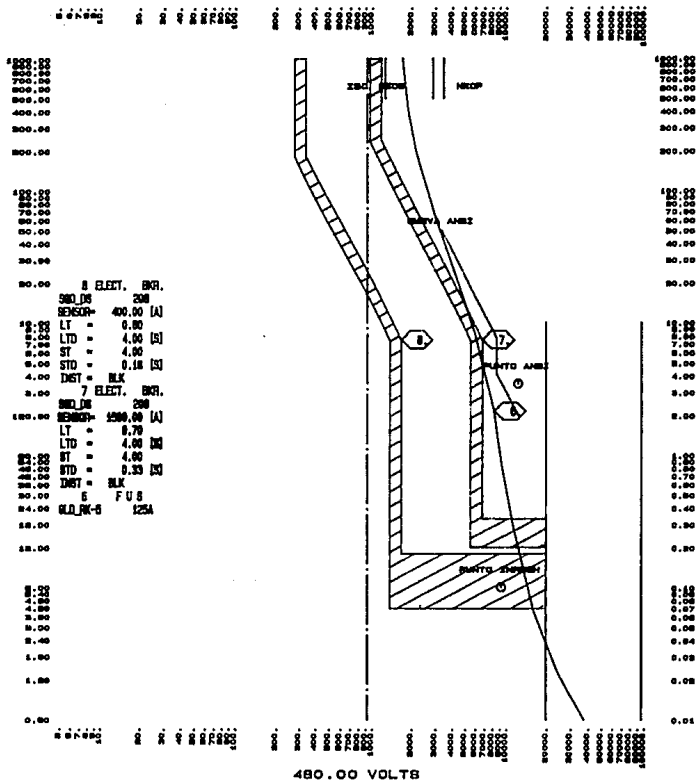
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

M-1



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-3
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 1.



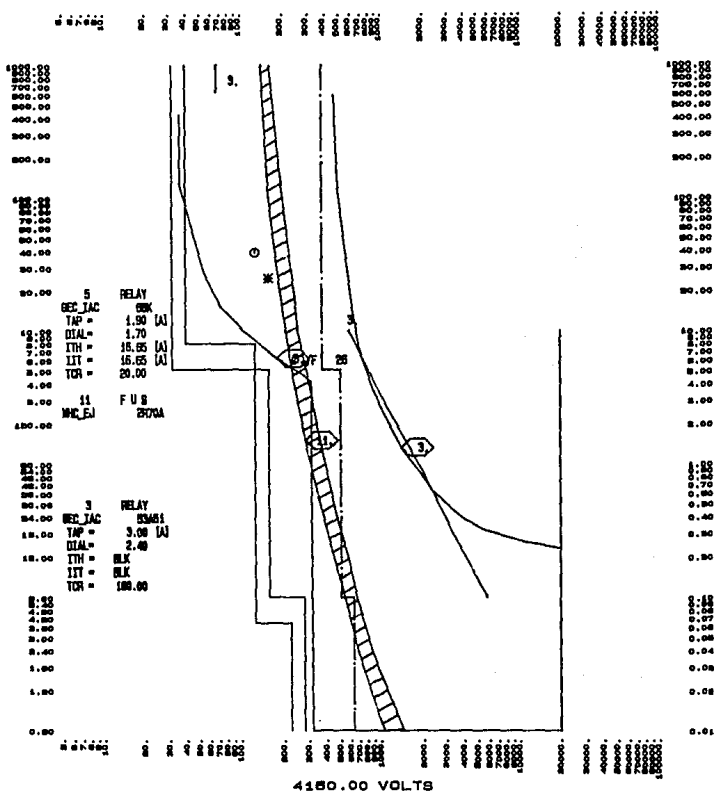
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

SGD-B




INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1981
PLANTA: ATASTA
SUBESTA: ATAST-3
ELABORO: AMAD
REVISO: RVV
HOJA NO. 2.



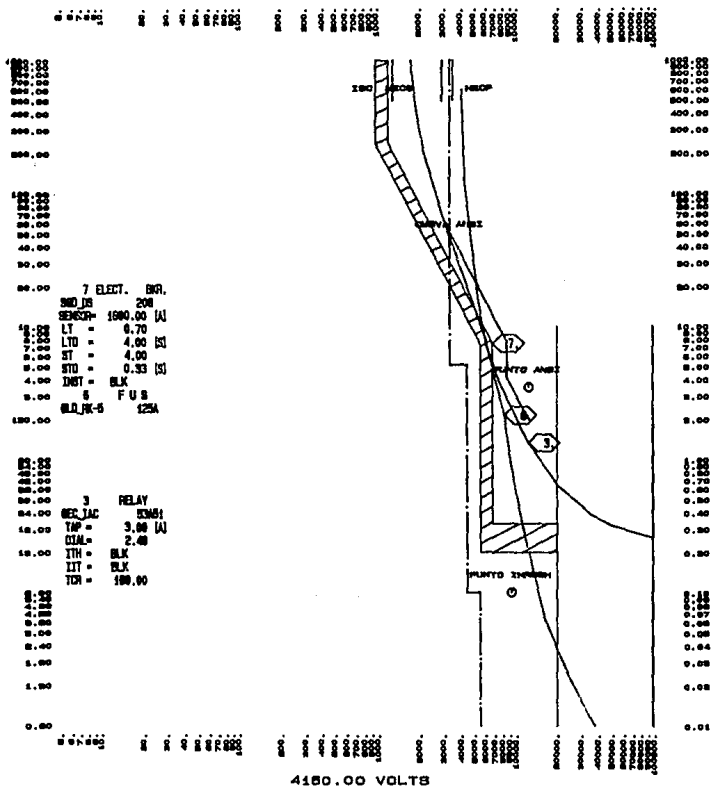
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-3



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-3
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 3.



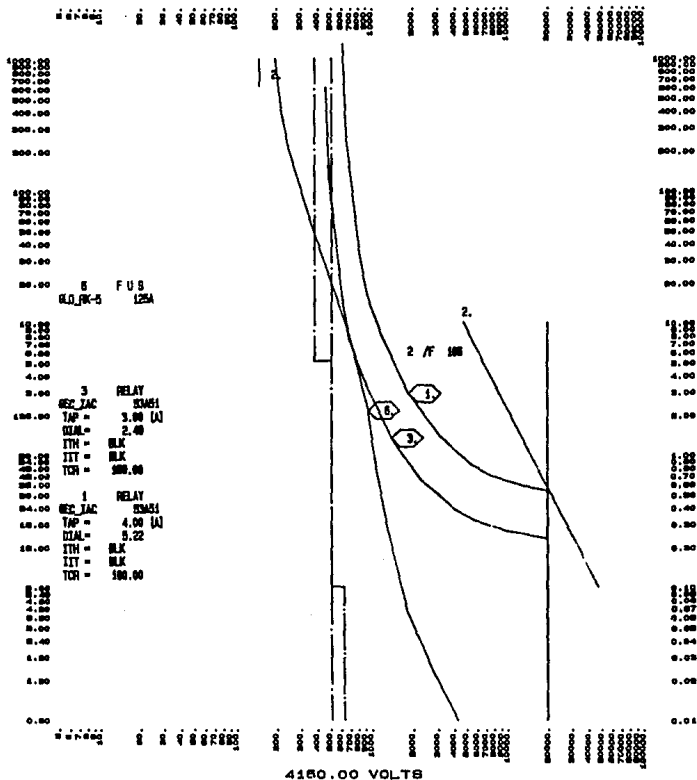
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-3



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1981
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-3
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 5.



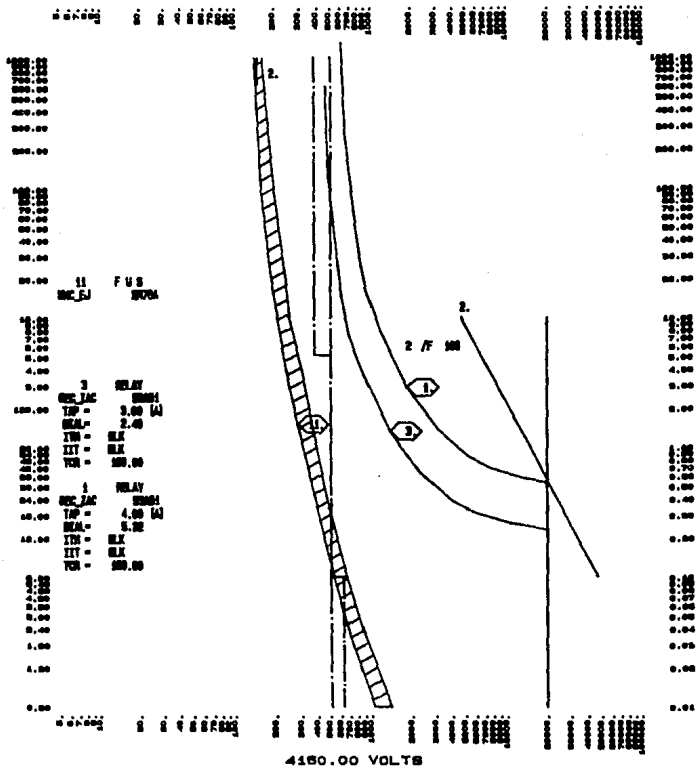
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TB-3



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-3
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 8.



CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

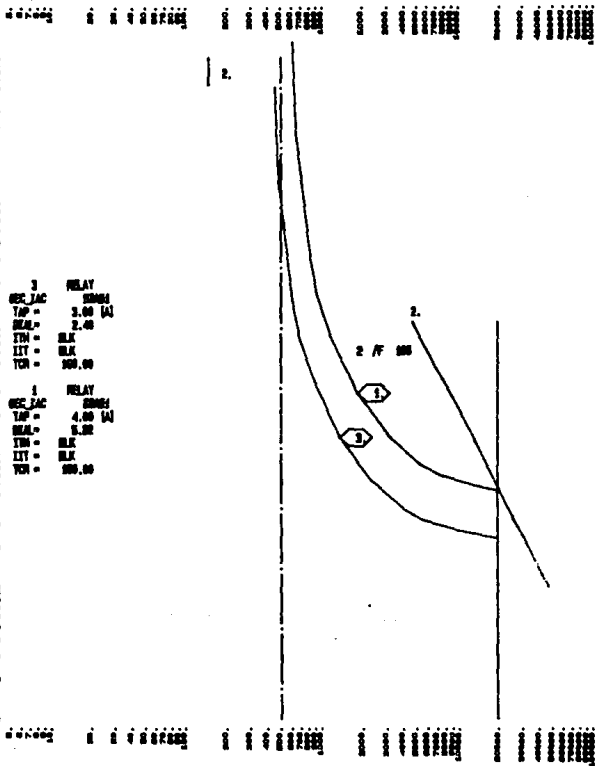
TB-3

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-3
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 7.



INSTITUTO DE
 INVESTIGACIONES
 ELECTRICAS

1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00
 1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00
 1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00
 1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00



1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00
 1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00
 1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00
 1000.00
 800.00
 600.00
 400.00
 200.00
 0.00

3 RELAY
 SEC JAC 3.00 (A)
 TAP = 3.00 (A)
 REAL = 2.40
 ITH = 0.00
 IIT = 0.00
 TCR = 100.00
 1 RELAY
 SEC JAC 4.00 (A)
 TAP = 4.00 (A)
 REAL = 3.20
 ITH = 0.00
 IIT = 0.00
 TCR = 100.00

4180.00 VOLTS

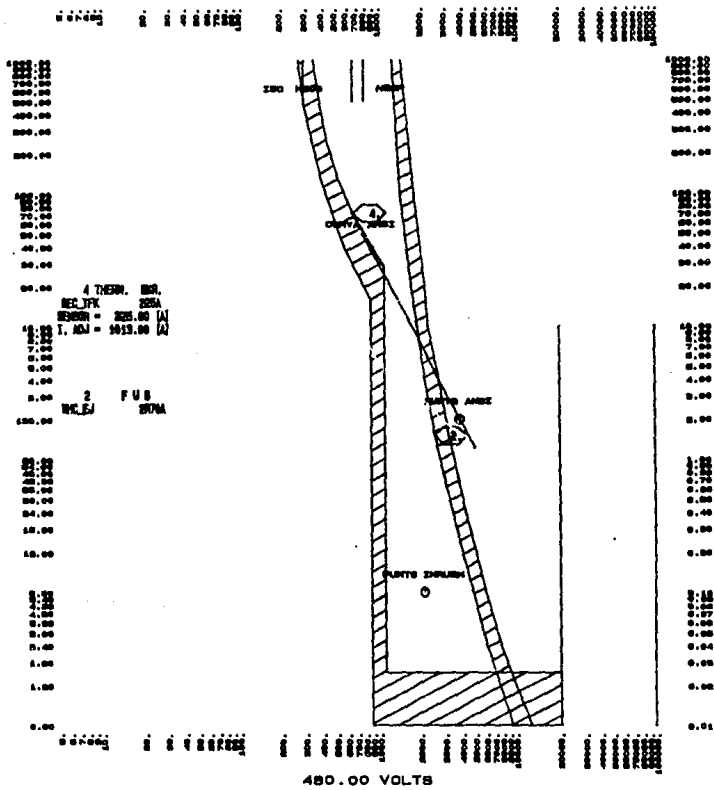
CURVAS TIEMPO-CORRIENTE

TDA-3



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-3
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 8.



CURVAS TIEMPO-CORRIENTE



**INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELÉCTRICAS**

FECHA: JULIO/1991
 PLANTA: ATASTA
 SUBESTA: ATAST-3
 ELABORO: AMAO
 REVISO: RVV
 HOJA NO. 1.

***** OUTPUT PCPCI *****

PLANT : ATASTA
 DATE : JULIO/1991
 SETTINGS MADE BY: AMAO

BUS

TB-G

FUSES

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | FUSE TYPE | RATED CURRENT [A] |
|--------------|------------------|-----------|-------------------|
|--------------|------------------|-----------|-------------------|

| | | | |
|---|---------|-------------|---------|
| 2 | TRANS 6 | WHCEJ 2R70A | 70.0000 |
|---|---------|-------------|---------|

TB-G

TERMO MAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TYPE | TRIP ADJ. [A] | NOM. CURRENT [A] |
|--------------|------------------|--------------|---------------|------------------|
|--------------|------------------|--------------|---------------|------------------|

| | | | | |
|---|------|-------------|------|----------|
| 4 | FIJO | GECTEK 225A | 1013 | 225.0000 |
|---|------|-------------|------|----------|

TDA-3

RELAYS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | RELAY TYPE | CT RATIO | TAP [A] | DIAL | INS. | UNIT [A] |
|--------------|------------------|------------|----------|---------|------|------|----------|
|--------------|------------------|------------|----------|---------|------|------|----------|

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|---------|
| | | | | | | | IIT ITH |
|--|--|--|--|--|--|--|---------|

TB-3

RELAYS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | RELAY TYPE | CT RATIO | TAP [A] | DIAL | INS. | UNIT [A] |
|--------------|------------------|------------|----------|---------|------|------|----------|
|--------------|------------------|------------|----------|---------|------|------|----------|

| | | | | | | | |
|---|--------------|------------|---------|--------|--------|----|--|
| 5 | GB-101-250HP | GECIAC 66K | 20.0000 | 1.9000 | 1.7000 | B3 | |
|---|--------------|------------|---------|--------|--------|----|--|

TB-3

FUSES

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | FUSE TYPE | RATED CURRENT [A] |
|--------------|------------------|-----------|-------------------|
|--------------|------------------|-----------|-------------------|

| | | | |
|----|---------|--------------|----------|
| 6 | TRANS 3 | GLDRK-5 125A | 125.0000 |
| 11 | ALI | WHCEJ 2R70A | 70.0000 |

SQD-B

ELECTROMAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TY | SENSOR-R [A] | LONG TIME | L. DEL TIME [S] |
|--------------|------------------|------------|--------------|-----------|-----------------|
| 7 | SQD-B | SQDDS 208 | 1600.0000 | 0.9000 | 4.0000 |
| 8 | FIJO | SQDDS 208 | 400.0000 | 0.8000 | 4.0000 |
| SHORT TIME | S. DEL. TIME [S] | INST. UNIT | | | |
| 4.0000 | 0.3300 | 0.0000 | | | |
| 4.0000 | 0.1800 | 0.0000 | | | |

M-1

ELECTROMAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TY | SENSOR-R [A] | LONG TIME | L. DEL TIME [S] |
|--------------|------------------|------------|--------------|-----------|-----------------|
| 9 | M-1 | SQDDS 208 | 600.0000 | 1.1000 | 4.0000 |
| SHORT TIME | S. DEL. TIME [S] | INST. UNIT | | | |
| 4.0000 | 0.1800 | 0.0000 | | | |

M-1

TERMO MAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TYPE | TRIP ADJ. [A] | NOM. CURRENT [A] |
|--------------|------------------|--------------|---------------|------------------|
| 10 | GB-101-A-50HP | GECTEK 100A | 723 | 100.0000 |

***** OUTPUT PCPCI*****

PLANT : ATASTA
 DATE : JULIO/1991
 SETTINGS MADE BY: AMAO

BUS

TB-G

FUSES

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | FUSE TYPE | RATED CURRENT [A] |
|--------------|------------------|-----------|----------------------|
|--------------|------------------|-----------|----------------------|

| | | | |
|---|---------|-------------|---------|
| 2 | TRANS 6 | WHCEJ 2R70A | 70.0000 |
|---|---------|-------------|---------|

TB-G

TERMO MAGNETIC BREAKERS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TYPE | TRIP ADJ. [A] | NOM. CURRENT [A] |
|--------------|------------------|--------------|---------------|------------------|
|--------------|------------------|--------------|---------------|------------------|

| | | | | |
|---|------|-------------|------|----------|
| 4 | FIJO | GECTEK 225A | 1013 | 225.0000 |
|---|------|-------------|------|----------|

TDA-3

RELAYS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | RELAY TYPE | CT RATIO | TAP [A] | DIAL INS. [A] | UNIT IIT ITH |
|--------------|------------------|------------|----------|---------|---------------|--------------|
|--------------|------------------|------------|----------|---------|---------------|--------------|

TB-3

RELAYS

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | RELAY TYPE | CT RATIO | TAP [A] | DIAL INS. | UNIT IIT ITH |
|--------------|------------------|------------|----------|---------|-----------|--------------|
|--------------|------------------|------------|----------|---------|-----------|--------------|

| | | | | | | |
|---|--------------|------------|---------|--------|--------|-------|
| 5 | GB-101-250HP | GECIAC 66K | 20.0000 | 0.0000 | 0.0000 | BLK 0 |
|---|--------------|------------|---------|--------|--------|-------|

TB-3

FUSES

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | FUSE TYPE | RATED CURRENT [A] |
|--------------|------------------|-----------|----------------------|
|--------------|------------------|-----------|----------------------|

| | | | |
|----|---------|--------------|----------|
| 6 | TRANS 3 | GLDRK-5 125A | 125.0000 |
| 11 | ALI | WHCEJ 2R70A | 70.0000 |

SQD-B

E L E C T R O M A G N E T I C B R E A K E R S

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TY | SENSOR-R [A] | LONG TIME | L. DEL TIME [S] |
|--------------|---------------------|------------|-----------------|-----------|--------------------|
| 7 | SQD-B | SQDDS 208 | 1600.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 8 | FIJO | SQDDS 208 | 400.0000 | 0.8000 | 4.0000 |
| SHORT TIME | S. DEL. TIME [S] | INST. UNIT | | | |
| BLK | BLK | 0.0000 | | | |
| 4.0000 | 0.1800 | 0.0000 | | | |

M-1

E L E C T R O M A G N E T I C B R E A K E R S

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TY | SENSOR-R [A] | LONG TIME | L. DEL TIME [S] |
|--------------|---------------------|------------|-----------------|-----------|--------------------|
| 9 | M-1 | SQDDS 208 | 600.0000 | 0.8000 | 4.0000 |
| SHORT TIME | S. DEL. TIME [S] | INST. UNIT | | | |
| 4.0000 | 0.1800 | 0.0000 | | | |

M-1

T E R M O M A G N E T I C B R E A K E R S

| PROT. NUMBER | EQUIPMENT SERVED | BREAKER TYPE | TRIP ADJ. NOM. [A] | CURRENT [A] |
|--------------|------------------|--------------|-----------------------|----------------|
| 10 | GB-101-A-50HP | GECTEK 100A | 1013 | 100.0000 |

CAPITULO VI

CAPITULO VI

ANALISIS DE RESULTADOS

VI.1 Introducción

De cualquier estudio a que se someta un sistema eléctrico, lo más importantes son las conclusiones que de él se obtengan a partir del análisis de resultados; es decir, determinar si el comportamiento del sistema bajo las condiciones supuestas está dentro de las restricciones que se le imponen para las diferentes condiciones normales y anormales de funcionamiento.

VI.2 Análisis de gráficas

Debido a que las gráficas de coordinación son similares, se analizan únicamente las siguientes:

SUBESTA. ATAST-1.

HOJA No. 5.

Curva ANSI. Indica la corriente máxima que el transformador soporta, por lo que su protección primaria debe dispararse antes de alcanzar este rango. Viendo la gráfica, el transformador de 1000 KVA se encuentra correctamente protegido al quedar su curva ANSI arriba y a la derecha de la curva 4.

Punto inrush. Este punto debe quedar en la región de no operación de la protección primaria del transformador. De la gráfica, el punto inrush del transformador de 1000 KVA queda abajo y a la izquierda de la curva 4.

Disparos. En la gráfica se observa que para fallas en el transformador, la protección primaria la proporciona el fusible 4, y en caso de falla, entra en acción el relevador 2, 0.95 s después de haber ocurrido la falla.

SUBESTA. ATAST-2.

HOJA No. 2.

La curva 11 se refiere al electromagnético que protege al motor. Y la curva 10 protege al bus N2.

Cables. Se tendrán protegidos correctamente cuando su curva de calentamiento quede arriba de la del dispositivo de protección, o sea, cuando ésta opere antes de que se alcancen los valores máximos de corriente permitidos para el cable. De la gráfica, el cable representado por la línea 7 se encuentra protegido por la protección 11; y el cable 6, que une al bus N2 con el bus TAB - SQD - A, por la protección 10.

El bus TAB - SQD - A está protegido por la protección 9.

VI.3 Ajustes

Al correr el PCPCI, sólo se le proporcionan las características y ajustes de las protecciones fijas, así como las características de las demás protecciones, para que el programa, de acuerdo con la base de datos, realice los ajustes necesarios.

Estos ajustes vienen a la izquierda de cada gráfica tiempo-corriente, y a la vez, en un listado al final de cada apartado de subestación.

Por ejemplo, de SUBESTA. ATAST-1, el motor 1 tiene una corriente de sobrecarga de 33.3 A; corriente a rotor bloqueado de 166.5 A a 10 s; y corriente de magnetización de 351.648 A a 0.1 s. El relevador que lo protege tiene un tap mínimo calculado de 1.79, y de acuerdo a los datos del fabricante, el tap seleccionado es de 1.9, lo cual da una corriente de arranque del relevador de 380 A y corresponde a un dial de 1.7.

De la hoja no. 2, se observa que el ajuste coincide.

Para la misma subestación, el bus 3 tiene una corriente nominal de 527.94 A; corriente a rotor bloqueado de 661.14 A a 10 s; y corriente de magnetización de 846.28 A a 0.1 s. El relevador que lo protege, que es la protección 1, tiene un tap mínimo calculado de 4.75, y que de acuerdo al fabricante, el tap seleccionado es de 5 con un dial de 6.08.

De la hoja no. 3, se ve también que el ajuste es el correcto.

VI.7 Nomenclatura



- bus



- cable



- proteccion



- equipo

CONCLUSIONES

C O N C L U S I O N E S

En este tipo de trabajos se pretende coordinar la operación de los dispositivos de modo que la corriente no sobrepase los valores máximos establecidos para cada elemento del sistema; sin embargo, ocurre que no siempre es posible debido a las características del equipo de protección instalado; en casos en que es imposible cumplir con los criterios de protección y coordinación, siempre se prefiere proteger sacrificando la coordinación.

Por ejemplo, de Subesta. Atast-1, tenemos que el termomagnético 6 protege al bus 6, y el fusible 4 actúa como respaldo, sin embargo, de la hoja no. 5 se ve que, aunque ambos protegen, no están coordinados.

Un caso similar se puede ver en Subesta. Atast-2: el interruptor termomagnético primario 13 tiene como respaldo al interruptor termomagnético 12; de la hoja no. 1 se observa que protegen, pero que no coordinan en comparación de tiempos. Este caso siempre se va a presentar cuando tenemos dos termomagnéticos juntos, ya que, por sus características de disparo, no se pueden coordinar entre sí.

Los dispositivos de protección no proporcionados por Pemex se seleccionaron de acuerdo al equipo a proteger, así como por las preferencias mostradas por el cliente. Es decir, si todos los relevadores usados eran General Electric, el dispositivo propuesto será también General Electric.

Analizando las gráficas tiempo - corriente del Capítulo VI, se puede observar que todos y cada uno de los elementos del sistema se encuentran protegidos, y existe coordinación en la mayoría de los elementos, exceptuando los ya mencionados.

Los ajustes obtenidos aseguran la continuidad del servicio, ya que reducen la probabilidad de operación de interruptores alejados del punto de falla, y con ello, la desconexión innecesaria de equipo.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. ANSI/IEEE 141-1986. Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (The Red Book).
2. ANSI/IEEE C37.010-1979. IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis.
3. ANSI/IEEE C37.096-1976. IEEE Guide for AC Motor Protection.
4. ANSI/IEEE 242-1986. IEEE Recommended Practice for Protection of Coordination of Industrial and Commercial Power Systems.
5. ANSI/NFPA 70-1987. National Electrical Code Handbook.
6. Electrical Transmission and Distribution Reference Book. East Pittsburgh, PA.- Westinghouse Electric Corporation, 1964.
7. Huening, W.C., Jr.- Interpretation of New American National Standards for Power Circuit Breaker Applications.- IEEE Transactions on Industry and General Applications.- Vol. IGA-5 no. 5.- 1969.
8. Beeman, D.L.- Industrial Power Systems Handbook.- Mc Graw Hill.- New York, 1955.
9. Lazar, I.- Electrical Systems Analysis and Design for Industrial Plants.- Mc Graw Hill.- 1980.
10. Stevenson, W.D. Jr.- Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia.- Mc Graw Hill.- México, 1982.
11. Dohener, W.- Esquemas de Protección Eléctrica.- Comisión Federal de Electricidad.- 1981.
12. Industrial Power Systems (Data Book). General Electric, 1968.
13. Tutorial on Coordination of Overcurrent Protective Devices.- General Electric, 1977.
14. Applied Protective Relaying.- Newark, N.J.- Westinghouse Electric Corporation, 1979.

15. Stagg, G.W.; El-Abiad, A.H.- Computer Methods in Power Analysis.- Mc Graw Hill.- 1968.
16. Ramírez, J.R.; Vila V., R.- Aplicación de un Programa de Cómputo para Coordinación de Protecciones en la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde.- IEEE Sección México.- Reunión de Verano de Potencia.- Acapulco, Gro., 1988.
17. St. Pierre, C.R.; Wolny, T.E.- Standardization of Benchmarks for Protective Device Time-Current Curves.- IEEE Transactions on Industry Applications.- Vol. IA-22, No. 4.- July/August, 1986.
18. Anderson.- Analysis of Faulted Power Systems.- Iowa State, University Press.
19. Vila V., R; Hernández L., J.L.- Análisis comparativo de la actualización de la Norma ANSI/IEEE std. 141-1986.- IEEE Sección México.- Reunión de Verano de Potencia.- Acapulco, Gro., 1988.