

SISTEMA DE MANEJO DE INFORMACION Y COORDINACION GRAFICA DE RELES DE SOBRECORRIENTE

Raúl Ruiz R.
Ingeniero Eléctrico
Empresa Eléctrica Quito S.A.

Mario Albuja S.
Ingeniero Eléctrico
Empresa Eléctrica Quito S.A.

RESUMEN

El presente trabajo da el enfoque de una solución integral para la coordinación de relés de sobrecorriente con el consiguiente manejo de toda la información pertinente a la misma.

Con este sistema se realiza la coordinación de todos los diversos tipos de relés existentes en las subestaciones de Distribución de la EEQ. Abarca una gran variedad de tipos de relés de sobrecorriente de fabricantes americanos, europeos y japoneses.

El administrador de base de datos permite de una manera muy ordenada controlar el flujo de la información y la realización de tres programas principales de aplicación: Base de Datos de Relés, Programa de Cortocircuitos y Coordinación Gráfica de Relés de Sobrecorriente. Los datos de entrada a los programas de aplicación son tomados automáticamente de la base de datos y los resultados actualizan a requerimiento del usuario la información de la base. Los resultados se pueden obtener tanto en forma de listados y reportes como en forma de gráficos que contienen las curvas características de los relés objeto de la coordinación y los valores de los respectivos ajustes calculados.

ABSTRACT

This present work gives an integral solution for protection coordination with all the pertinent information controlled by a data base.

With this system it is possible to perform the coordination of all of the different types of relays being used in the substation of the Empresa Eléctrica Quito. It deals with a great variety of over current relays made by american, european or japanese manufacturers.

The data base administrator allows to control the information interchange and to perform three main application programs: Relays Data Base, Shortcircuits Program and the Graphical Coordination of Overcurrent Relays. The input data to the application programs is automatically taken by the data base and the results update the data base upon a previous request. The results can be given as a list or report and also as a graphic that contains the characteristic curves after the coordination and the calculated setting values.

INTRODUCCION

La coordinación de relés de sobrecorriente es una labor larga y tediosa para el Ingeniero que trabaja en Protecciones. Más que nada esta labor consume muchas horas de

trabajo por la serie de acciones repetitivas que se deben desarrollar. El objetivo del programa para coordinación gráfica de relés de sobrecorriente es el de aliviar al ingeniero de esta carga de consultar archivos de ajustes, consultar catálogos de fabricantes, calcular tiempos de operación, dibujar las curvas características de los relés y de escoger los valores de lever apropiados para obtener coordinación entre los diversos pares de relés de sobrecorriente en una subestación de Distribución. Este programa es parte de un sistema completo que maneja, por medio de una base de datos, la información de los relés de sobrecorriente presentes en las subestaciones, transformadores de corriente, valores de corriente máxima permisible para los cables de salida de los primarios, valores de corriente máxima de cortocircuito, etc.

El desarrollo de este sistema fue enfocado hacia la utilización de los microcomputadores personales que por su bajo costo y su flexibilidad han logrado constituirse en una herramienta básica de apoyo del Ingeniero Eléctrico en general. Entre las ayudas más importantes que se pueden tener con los microcomputadores personales están las bases de datos. Este sistema está administrado por medio una base de datos que maneja la información existente de los ajustes, tipos, marcas de los relés de sobrecorriente presentes en las diversas subestaciones y además dispone de una serie de ayudas para la realización de modificaciones y actualización de la información, así como para la elaboración de los diversos reportes y listados de la información relativa a estas protecciones.

Este programa realiza la coordinación de los relés de sobrecorriente, tanto del lado de baja como del lado de alta del transformador de potencia. Contiene la representación de las curvas características de todos los tipos de relés existentes en las Subestaciones de Distribución de la EEQ. Las curvas resultantes son presentadas en la pantalla junto con la información de los ajustes. Además este gráfico también puede enviarse a la impresora para lograr un reporte completo del estudio de coordinación.

A continuación se hará una descripción de la forma en que se desarrolla y trabaja el programa de coordinación y luego se detallará el funcionamiento y organización de la base de datos.

COORDINACION GRAFICA DE RELES DE SOBRECORRIENTE

La primera labor que se enfrentó en la elaboración de este sistema fue conseguir una representación adecuada de las curvas características del relé correspondientes a los diferentes valores de lever. Después se procedió a definir la filosofía de

coordinación a utilizarse para dar como resultado el algoritmo de coordinación.

La entrada de datos para el programa se tornaba muy demorosa por la cantidad de información repetitiva necesaria. Por tanto, se decidió enlazar este programa con la base de datos antes existente de los relés de sobrecorriente de las Subestaciones de Distribución de la EEQ. Contando con este fácil acceso para la información, los únicos datos que se debían trasladar manualmente eran los correspondientes a los valores de corriente máxima de falla obtenidos del programa de cortocircuitos. Esto se solucionó con la captura automática de los resultados del programa de cortocircuitos con la ayuda del administrador de base de datos. El uso del administrador de base permitió que desde un solo ambiente de trabajo sea posible conectarse con los programas de cortocircuitos, de coordinación y de grafización de los resultados.

En los párrafos siguientes se tiene una descripción más detallada de los pasos seguidos en el desarrollo del sistema:

1. REPRESENTACION DE LAS CURVAS CARACTERISTICAS DE LOS RELES

La parte esencial del programa de coordinación está en la representación de las diversas curvas características de los relés de sobrecorriente. Según el método utilizado, en primer lugar se calculan los valores logarítmicos tanto para la escala de los múltiplos del tap como para la escala del tiempo expresada en segundos. Con la información de los puntos (x,y) se calcula el polinomio de la curva que más cerca pasa por los puntos indicados. Esto se obtiene con la utilización de un programa independiente y desarrollado en BASIC(1), el cual mediante el método de los mínimos cuadrados encuentra los coeficientes del polinomio que con más precisión representa la curva característica del relé. Por lo tanto se obtuvieron los polinomios correspondientes a las curvas características para cada uno de los tipos de relés presentes en las instalaciones de la Empresa Eléctrica "Quito".

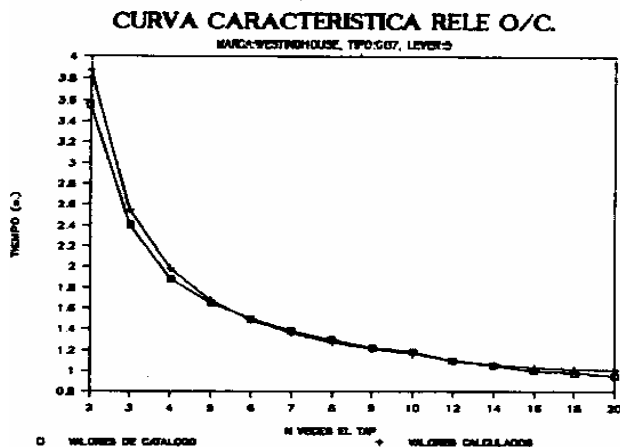


FIGURA 1

El margen de error que se puede tener con esta representación polinómica de las curvas está dentro del margen definido por las normas BS142-1983, que permiten un error de $\pm 7.5\%$ (2), tal como se puede ver en la Fig. 1.

El programa de coordinación emplea la curva característica del relé correspondiente al lever 10 (Convención Americana) o lever 1.0 (Convención Europea). Esta curva es desplazada verticalmente para representar los diferentes valores del lever. Es posible obtener valores discretos para el lever, en pasos de 0.5 (Convención Americana) o de 0.05 (Convención Europea).

El programa de coordinación gráfica de relés de sobrecorriente está realizado utilizando el lenguaje Professional Fortran(3) y para la parte gráfica se emplea el paquete gráfico Plotting System(4) conjuntamente con el administrador de archivos gráficos Graphical File System(5).

2. PROCEDIMIENTO PARA LA COORDINACION DE RELES

2.1 FILOSOFIA DE COORDINACION

Para coordinación de relés de sobrecorriente ubicados en sistemas radiales se determinan en primer lugar los pares de relés a coordinarse partiendo de aquel más cercano a la carga. Conocidos tanto el tap como el lever de dicho relé se determina el punto de coordinación que corresponde al calor de máxima corriente de falla. Para este valor de corriente se determina el tiempo de operación del primer relé al cual se añade el valor del tiempo de coordinación, obteniéndose el tiempo de operación mínimo para el segundo relé, lo que permite escoger su lever. Este procedimiento se puede visualizar con la ayuda de la Fig. 2.

COORDINACION ENTRE PARES DE RELES O/C.

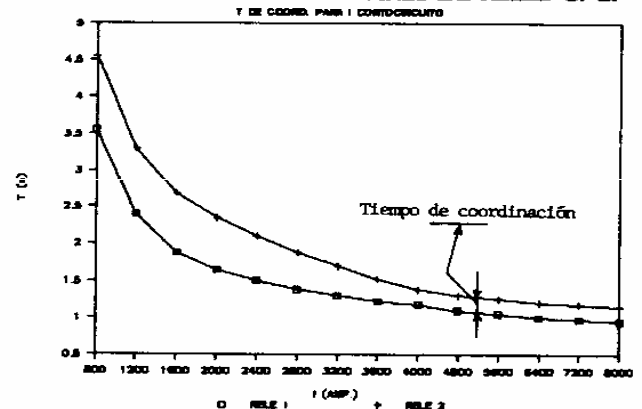


FIGURA 2

2.2 DETERMINACION DE LOS PARES DE RELES.

La determinación de los pares de relés a coordinarse se realiza por medio de códigos asignados a la ubicación de cada relé. Así se distingue entre un relé perteneciente a un primario y un relé correspondiente a la alimentación general del lado de baja ten-

sión, y de la misma forma entre el relé de la alimentación de baja tensión y el relé de la alimentación de alta. De esta manera, el programa va escogiendo secuencialmente los pares de relés cuyos tiempos de operación se van a coordinar, comenzando el proceso desde los relés ubicados más cerca a la carga y continuando hacia el lado de alta del transformador de potencia de la subestación.

2.3 CALCULO DEL TAP DEL RELE DE FASE Y DEL RELE DE TIERRA.

El cálculo del tap para el relé de fase se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$I_{sec} = f_c \cdot I_{max \text{ carga}} / TC$$

Donde I_{sec} = corriente que circula por las bobinas del relé
 f_c = factor de previsión de aumento de carga ($f_c > 1$.)
 $I_{max \text{ carga}}$ = corriente máxima de carga
 TC = relación de transformación del TC

Con este valor calculado, se escoge el tap inmediatamente superior disponible en el relé. Luego se realiza la siguiente verificación:

Con el valor del tap escogido, se calcula la corriente a través de la línea. Esta corriente debe ser menor o igual a la corriente máxima permitida por el cable de salida del primario o por el conductor aéreo. Caso contrario, se calcula el valor del tap tomando como referencia este último valor de corriente máxima.

Para el cálculo del valor del tap del relé de tierra, se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{sec} = f_t \cdot I_{max \text{ carga}} / TC$$

Donde f_t = valor de desbalance de corriente permitido.

Con este valor calculado, se escoge el tap inmediatamente superior disponible en el relé de tierra.

2.4 COORDINACION DE LOS RELES

El proceso de coordinación varía ligeramente de acuerdo a la ubicación de los relés. Los diversos casos tratados en el programa se visualizan con la ayuda de la Fig. 3 y son los siguientes:

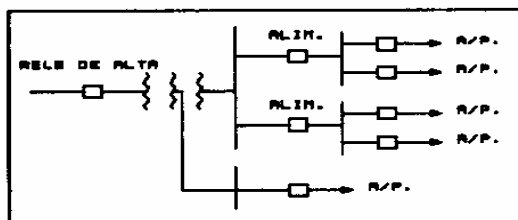


FIG.3 DISYUNTORES Y RELES DE UNA SUBESTACION

- Coordinación entre los relés de los primarios y el relé de la alimentación correspondiente del lado de baja tensión.
- Entre los relés de la alimentación o alimentaciones de baja y el relé de la alimentación de alta tensión.
- En el caso de no existir alimentaciones generales en el lado de baja, la coordinación se realiza entre los relés de los primarios y el relé de la alimentación de alta.

Un ejemplo práctico de la utilización del programa se encuentra en el Apéndice A.

CASO a)

La coordinación de los relés se realiza partiendo de la información del ajuste del tap y del lever del relé del primario. Este lever fue previamente determinado en base a la coordinación con el resto de protecciones de sobrecorriente ubicadas aguas abajo a lo largo del primario, como es el caso de fusibles y reconectores.

El punto de coordinación viene determinado por la corriente máxima de falla calculada para la salida del primario. Este valor de corriente se toma directamente de los valores almacenados en la base de datos, los cuales son actualizados automáticamente como producto del programa de cortocircuitos. En el caso en que el valor de ajuste de la unidad instantánea del relé correspondiente al primario, sea inferior al valor de la corriente máxima de cortocircuito, se considera a este valor como el punto de coordinación.

A continuación se ubica en el punto de coordinación el tiempo de coordinación definido en el menú principal de manejo del programa. Luego se escoge el valor del lever para el relé de alimentación que cumple con este valor del tiempo de operación calculado. Con este lever, el relé debe tener un tiempo de operación igual o mayor al tiempo de operación calculado. Los valores del lever están disponibles en pasos de 0.5 (Convención Americana) y de 0.05 (Convención Europea).

Al contar con los valores tanto del tap, como del lever del par de relés, se almacenan los puntos (x,y) (corriente en Amperios, tiempo en segundos), correspondientes a las dos curvas. Del proceso de coordinación de los diversos pares que se forman entre los primarios y su correspondiente alimentación, se escoge para la alimentación el valor del lever más alto, con el cual se cumple con el criterio de coordinación con respecto a todos los primarios.

En la parte gráfica se muestran en la pantalla las curvas características de los relés tanto de los primarios como de la alimentación con los ajustes calculados. Estas curvas están presentadas en un eje de coordenadas cartesianas (x,y) y adicionalmente se obtiene la información general de la subestación en la que se realiza el es-

valores de los ajustes calculados para el tap, lever y unidad instantánea. Esta pantalla gráfica puede enviarse directamente a la impresora o también almacenarse en memoria permanente de manera que se puede obtener la impresión del gráfico en el momento que se requiera.

CASOS b) y c)

En estos dos casos el proceso de coordinación es igual y se utilizan los ajustes ya calculados en el caso a) para el primer relé correspondiente ya sea a la alimentación de baja o al primario.

En la coordinación de los relés de fase se debe tomar en cuenta el tipo de conexión del transformador de potencia debido a que las corrientes de falla en el lado de baja se reflejan en el lado de alta de acuerdo a las fórmulas detalladas en el Apéndice B. Por lo tanto, para encontrar el punto de coordinación, se escoge el valor máximo de la corriente de cortocircuito correspondiente a la falla en el lado de baja del transformador.

Para la coordinación de los relés de tierra, y debido a que en los casos de transformadores de potencia de conexión tipo Delta-Estrella las fallas en el lado de baja no son detectadas por el relé de tierra del lado de alta, se asume un lever bajo para el relé de tierra de la alimentación en alta. Este lever puede ser 1.0 (Convención Americana) o 0.1 (Convención Europea).

Los restantes procesos para la coordinación se siguen de la misma manera que en el caso a).

3. BASE DE DATOS

3.1 USO DE LA BASE DE DATOS

La Base de Datos fue construida y es administrada por el Administrador de Base de Datos FOXPLUS versión 2.0(6), disponible para microcomputadores.

El FOXPLUS es el encargado de controlar el acceso a los archivos, la recuperación de la información, la actualización de datos, la ejecución de los programas de aplicación y la generación de reportes.

En el sistema se pueden distinguir: la Base de Datos en sí, los programas en FOXPLUS y los programas en FORTRAN. Los programas en FOXPLUS, son los encargados de: actualizar directamente los datos, generar reportes, dirigir la ejecución de los programas externos.

Los programas en FORTRAN son los programas externos, como cálculo de cortocircuitos, coordinación de relés y representación gráfica de la curvas características de los relés, estos tienen como datos de entrada información de los archivos de la Base, y luego esta última es actualizada con los datos de los primeros.

El tipo de Base de Datos utilizado es el que se conoce como relacional, en la cual

la relación entre dos archivos se la establece por medio de un campo similar. En este caso la relación entre los diversos archivos se realiza tal como se muestra en la Fig. 4.

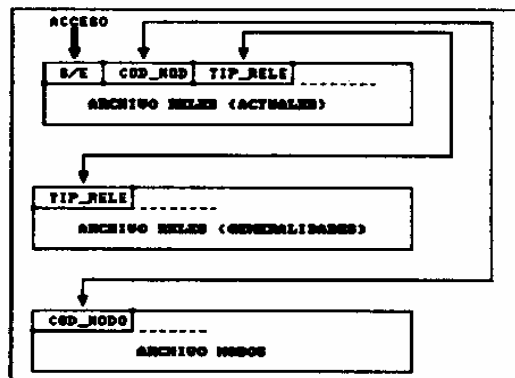


FIG. 4 RELACIONES ENTRE LOS ARCHIVOS

3.2 ARCHIVOS Y CONTENIDO

La Base de Datos está conformada básicamente por tres archivos: datos de los relés del sistema eléctrico actual, datos de las barras, datos generales de los relés más utilizados.

El archivo de los relés del sistema eléctrico actual contiene entre otros campos: nombre de la subestación, nombre del primario o alimentación, tipo de cable, corriente máxima del cable, relación de transformación del transformador de corriente, marca, tipo, tap, lever y calibración del instantáneo de los relés de fase y tierra, posición de coordinación, barra a la que está conectado, etc.

El archivo de datos de barra tiene los siguientes campos: identificador del nodo, voltaje, corriente de carga y corrientes de cortocircuito.

El archivo de datos de los relés contiene los siguientes atributos: marca, tipo de relé y taps disponibles.

Además existen otros archivos pequeños, uno de resultados parciales y otro de las variables de coordinación.

3.3 OPCIONES DEL MENU PRINCIPAL

En la Fig. 5, se muestran las opciones que tiene el menú principal del sistema:

El menú principal se divide en tres grupos de opciones: mantenimiento de archivos, cálculo de las corrientes de cortocircuito y coordinación de relés.

En el mantenimiento de archivos se tienen las siguientes alternativas: incluir o eliminar primarios y/o alimentaciones, cambiar los datos de los relés, emitir reportes de los datos de los relés, y cambiar las variables de coordinación (factores de

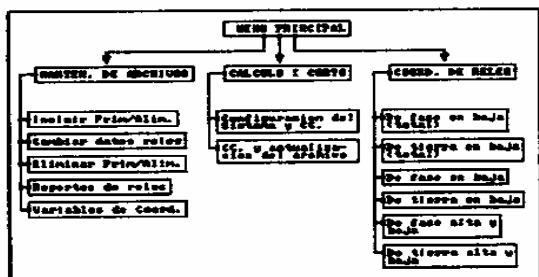


FIG.5 OPCIONES DEL MENU PRINCIPAL

corrientes de carga para fases y tierra, tiempo de coordinación y tiempo mínimo de operación del relé).

En el cálculo de las corrientes de cortocircuito se tienen las siguientes opciones: cambiar la configuración de la red, y cálculo de los corrientes de cortocircuito y su correspondiente actualización del archivo de nodos con las corrientes en las barras con fines de coordinación de los relés.

En la coordinación de relés se tienen las siguientes alternativas: de todas las subestaciones entre relés en el lado de baja tensión (para fases y para tierra), de una subestación entre los relés en el lado de baja tensión (para fases y para tierra), de una subestación entre el relé de alta y los relés de baja tensión (para fases y para tierra).

CONCLUSIONES

1. El trabajo de coordinación de relés realizado manualmente es un conjunto de acciones repetitivas que demandan un consumo de tiempo bastante alto. Desde la recopilación de la información de los ajustes, tipos y ubicación de los relés, pasando por la consulta de las curvas características en los catálogos de los fabricantes y el cálculo mismo de la coordinación con el dibujo de las curvas en papel semilogarítmico, constituyen una carga muy pesada que se la puede obviar completamente con el uso del sistema de manejo de información y de coordinación de relés de sobrecorriente.

2. La utilización de un administrador de base de datos representa una ayuda muy importante puesto que permite que el sistema sea completamente interactivo, con las opciones del programa dispuestas en menús y descritas de una manera simplificada por medio de mensajes. Este administrador de base de datos también permite manejar desde un mismo ambiente, los programas de aplicación que pueden ser desarrollados en cualquier lenguaje de computación con lo cual se da una gran flexibilidad al programador.

3. La obtención de reportes y listados de la información del estado actual de las protecciones se la realiza de una manera muy simple, con lo cual se tiene un segui-

miento más estrecho y acertado del funcionamiento de los relés. Ante fallas producidas en los primarios de Distribución se puede realizar un análisis mucho más simple y directo de la operación de los relés. Además es muy importante el contar con los gráficos de coordinación que se pueden obtener en la pantalla o también en papel por medio de la impresora, con lo cual se tiene una visión más clara de los resultados de la coordinación y se completan los reportes del estudio de coordinación de relés.

4. El almacenamiento de la información correspondiente a los ajustes, tipos de relés, valores de taps disponibles y ubicación de los relés de sobrecorriente de las Subestaciones de Distribución se realiza de una manera muy ordenada y ágil con la ayuda de la base de datos.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA

1. William G. Hood, Polynomial Curve Fitter, BYTE June 1987.
2. Protective Relays Application Guide, GEC Measurements, England, Third Edition June 1987.
3. IBM Personal Computer Professional FORTRAN, Reference Manual, First Edition.
4. IBM Personal Computer PLOTTING SYSTEM, Programmer's Guide, First Edition, November 1984.
5. IBM Personal Computer GRAPHICAL FILE SYSTEM, Programmer's/User's Guide, First Edition, November 1984.
6. Fox Software, FoxBASE+ v. 2.0, User Manual, 1987
7. G. E. Radke, A Method for Calculating Time-Overcurrent Relay Settings by Digital Computer, IEEE PAS Paper No. 63- 919, March 1964.
8. Larry Budler and Kingsley A. Brown, Relay-coordination Program Designed for PCs, Transmission&Distribution, November 1985.
9. Ramasamy Ramaswami and Paul F. McGuire, Navigating a Protection-Engineering Data Base, IEEE Computer Applications in Power, April 1989.

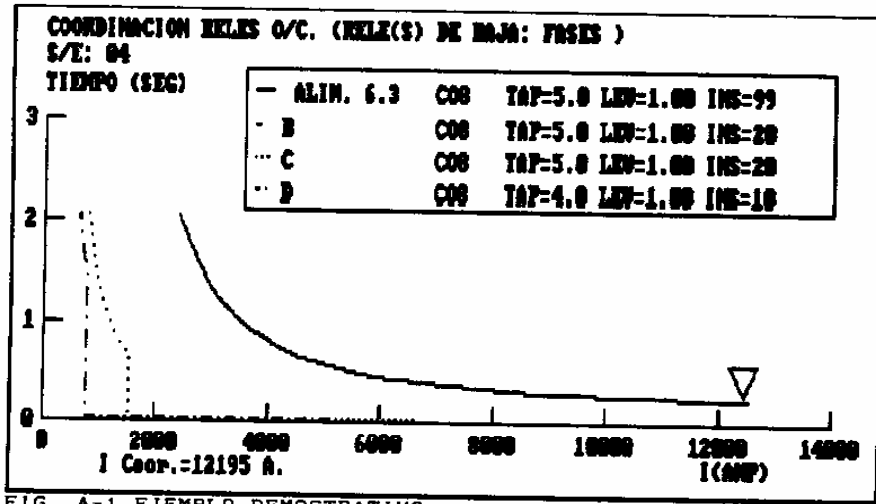


FIG. A-1 EJEMPLO DEMOSTRATIVO

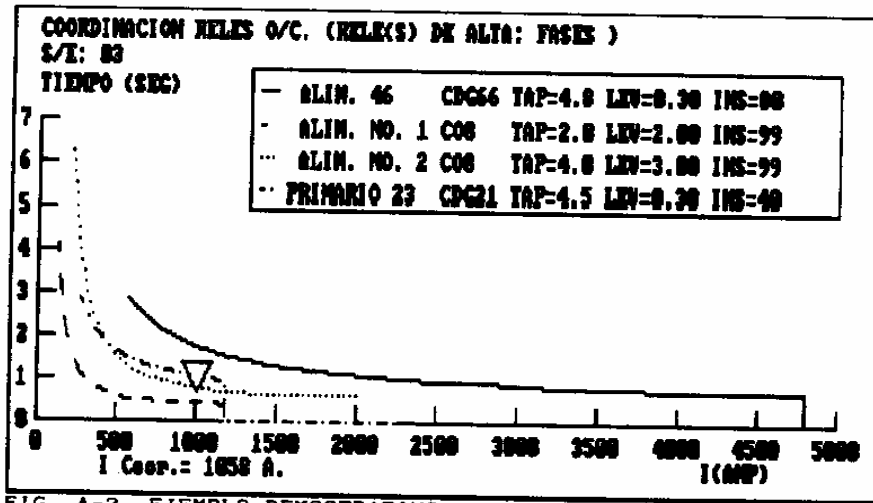


FIG. A-2 EJEMPLO DEMOSTRATIVO

APENDICE B

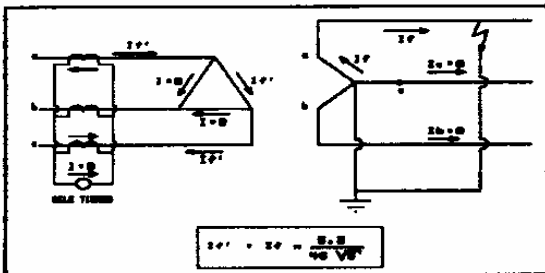


FIG. B-1 FALLA MONOFASICA EN EL LADO DE BAJA TENSION

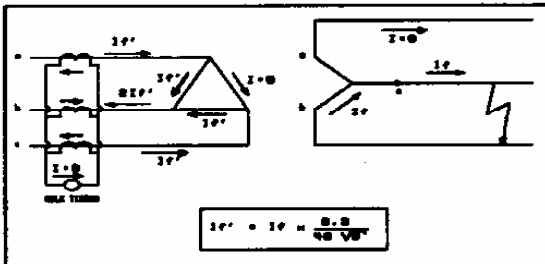


FIG. B-2 FALLA BIFASICA EN EL LADO DE BAJA TENSION

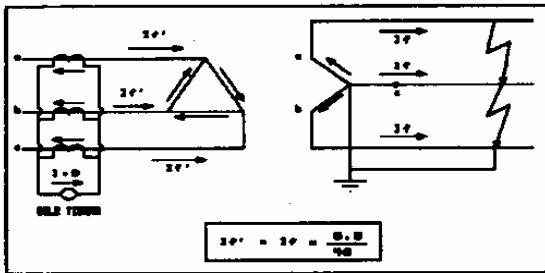


FIG. B-3 FALLA TRIFASICA EN EL LADO DE BAJA TENSION

BIOGRAFIAS

RAUL RUIZ R., Ibarra 19 de abril de 1956, realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional, obtuvo su título de Ingeniero Eléctrico en diciembre de 1981. Estudios de especialización en University of Manchester Institute of Science and Technology UMIST, obtuvo su título de Master Sc en Junio 1987. Actualmente trabaja para la Empresa Eléctrica Quito en el Grupo de Sistemas.

MARIO ALBUJA S., Quito 8 de noviembre de 1961, realizó sus estudios superiores en la Escuela Politécnica Nacional, obtuvo su título de Ingeniero Eléctrico en diciembre de 1987. Actualmente trabaja para la Empresa Eléctrica Quito en el Grupo de Sistemas.