

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

NUEVOS ALGORITMOS PARA EL CALCULO DE CORTOCIRCUITOS

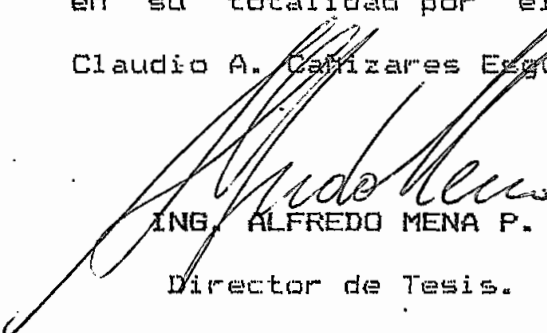
EN GRANDES SISTEMAS DE POTENCIA



CLAUDIO A. CAÑIZARES E.
Quito, Febrero de 1984.

Tesis previa a la obtención
del título de Ingeniero
Eléctrico.

Certifico que el presente
trabajo ha sido desarrollado
en su totalidad por el Sr.
Claudio A. Canizares Esguerra.



ING. ALFREDO MENA P.

Director de Tesis.

AGRADECIMIENTO

A todas aquellas personas que hicieron posible la culminación de este trabajo, en especial al Sr. Ing. Alfredo Mena y al departamento de Planificación del INECEL por su ayuda y apoyo

A mis padres Claudio y Consuelo.

A mi esposa Janneth.

INDICE

	Pag.
CAPITULO I.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS.....	1
1.1.- OBJETIVOS.....	1
1.1.1.- Importancia y Utilidad del Estudio de Cortocircuitos en S.E.P.	1
1.1.2.- Objetivos y Alcances de la Tesis.....	2
1.1.3.- Métodos a Seguirse para el Estudio de Cortocircuitops en S.E.P.	3
1.2.- RESEÑA HISTORICA.....	4
1.2.1.- Algunos Algoritmos Desarrollados para el Análisis de Cortocircuitos en S.E.P.	5
CAPITULO II.- METODO CLASICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA.....	8
2.1.- INTRODUCCION.....	8
2.2.- ALGORITMO CLASICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA SIN CONSIDERAR ACOPLES MUTUOS.....	8
2.2.1.- Ecuaciones para el Caso de Ramas.....	9
2.2.2.- Ecuaciones para el Caso de Enlaces.....	12
2.2.3.- Análisis de las Ecuaciones Cuando	

	Pag.
el Nodo "p" es la Referencia.....	15
2.3.- ALGORITMO PARA INTRODUCIR ACOPLAMIENTOS	
MUTUOS EN LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA.....	16
2.3.1.- Deducción de las Ecuaciones	
Básicas del Algoritmo.....	16
2.3.2.- Ecuaciones para el caso de	
Matrices Simétricas.....	22
2.4.- CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA LA	
PROGRAMACION OPTIMA DEL METODO.....	23
2.4.1.- Ordenamiento de los Datos de Entrada.....	23
2.4.2.- Tratamiento de las Impedancias	
de Valor Infinito en el Programa.....	26
2.4.2.1.- Ramas.....	27
2.4.2.2.- Enlaces.....	28
2.4.3.- Almacenamiento de la Matriz	
Impedancia de Barra como Vector.....	28
2.5.- COMPARACION DEL METODO PRESENTADO CON EL	
METODO CLASICO DE CONSTRUCCION.....	31
2.6.- CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA LOS	
ELEMENTOS CON ACOPLAMIENTOS MUTUOS.....	33
CAPITULO III.- NUEVO ALGORITMO DE FORMACION DE	
LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA.....	37
3.1.- DESCRIPCION GENERAL DEL ALGORITMO.....	37
3.2.- ALGORITMO PARA HALLAR LA MATRIZ IMPEDANCIA	
DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA.....	38
3.2.1.- Deducción de las Ecuaciones Básicas.....	38

	Pag.
3.2.2.- Flujo de Carga para Determinar los Voltajes E_{i0} y E_{is}	41
3.3.- ALGORITMO PARA HALLAR LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA CERO.....	47
3.3.1.- Deducción de las ecuaciones básicas.....	47
3.3.2.- Flujo de Carga para Determinar los voltajes E_{is}	51
3.4.- FORMACION DE LA MATRIZ ADMITANCIA DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA Y SECUENCIA CERO PARA LOS FLUJOS DE CARGA.....	53
3.4.1.- Representación de los Elementos del Sistema.....	53
3.4.1.1.- Generadores.....	54
3.4.1.2.- Líneas de Transmisión.....	54
3.4.1.3.- Transformadores.....	55
3.4.1.4.- Capacitores y Reactores.....	55
3.4.2.- Algoritmo de Formación de la Matriz Admitancia de Barra Considerando Acoples Mutuos.....	56
3.4.3.- Almacenamiento de la Matriz Admitancia de Barra como Vector.....	61
3.5.- DETERMINACION DEL VALOR OPTIMO DE LA IMPEDANCIA Z_s	62
3.6.- CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA LOS ELEMENTOS CON ACOPLAMIENTOS MUTUOS.....	67

CAPITULO IV.- VOLTAJES Y CORRIENTES

DE CORTOCIRCUITO.....	70
4.1.- ECUACIONES DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE	
FALLA EN FORMA MATRICIAL.....	70
4.1.1.- Ecuaciones de Fase.....	70
4.1.2.- Ecuaciones de Secuencia.....	73
4.1.3.- Voltajes Prefalla de Secuencia	
y de Fase.....	75
4.2.- IMPEDANCIAS DE FALLA DE FASES Y SECUENCIAS.....	76
4.2.1.- Falla Tres Fases - Tierra.....	76
4.2.2.- Falla Trifásica.....	78
4.2.3.- Falla Dos Fases - Tierra.....	80
4.2.4.- Falla Bifásica.....	81
4.2.5.- Falla Fase - Tierra.....	83
4.3.- ECUACIONES DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE	
SECUENCIAS Y DE FASES PARA CADA FALLA.....	84
4.3.1.- Falla Tres Fases - Tierra.....	84
4.3.2.- Falla Trifásica.....	86
4.3.3.- Falla Dos Fases - Tierra.....	87
4.3.4.- Falla Bifásica.....	89
4.3.5.- Falla Fase - Tierra.....	90
4.4.- CIRCUITOS DE SECUENCIA PARA CADA FALLA.....	91
4.4.1.- Fallas Tres Fases - Tierra y	
Trifásica.....	91
4.4.2.- Falla Dos Fases - Tierra.....	92
4.4.3.- Falla Bifásica.....	92
4.4.4.- Falla Fase - Tierra.....	93

CAPITULO V.- DIAGRAMAS DE BLOQUE DE LOS	
PROGRAMAS DIGITALES.....	95
5.1.- INTRODUCCION.....	95
5.2.- CONSTRUCCION DE LAS MATRICES IMPEDANCIA	
DE BARRA POR EL METODO CLASICO MEJORADO.....	97
5.3.- CONSTRUCCION DE LAS MATRICES IMPEDANCIA	
DE BARRA POR EL NUEVO METODO.....	102
5.4.- CALCULO DE LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE FALLA.....	108
5.5.- IMPRESION DE RESULTADOS.....	111
CAPITULO VI.- EJEMPLOS.....	114
6.1.- EJEMPLOS POR EL METODO CLASICO MEJORADO.....	114
6.1.1.- Ejemplo # 1.....	114
6.1.2.- Ejemplo # 2.....	121
6.1.3.- Ejemplo # 3.....	133
6.2.- EJEMPLOS POR EL METODO NUEVO.....	143
6.2.1.- Ejemplo # 4.....	143
6.2.2.- Ejemplo # 5.....	151
6.2.3.- Ejemplo # 6.....	161
6.3.- COMPARACION DE RESULTADOS.....	178
6.3.1.- Ejemplos # 1 y # 4.....	178
6.3.2.- Ejemplos # 2 y # 5.....	179
6.3.3.- Ejemplos # 3 y # 6.....	180
6.4.- COMPUTADOR UTILIZADO.....	182
CAPITULO VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	184

APENDICE A.- MANUAL DE USO DEL PROGRAMA PARA EL	
CALCULO DE CORTOCIRCUITOS UTILIZANDO EL METODO	
CLASICO MEJORADO.....	
189	
1.- OBJETIVO.....	197
2.- METODO DE SOLUCION.....	189
3.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA.....	199
3.1.- Programa Principal.....	190
3.2.- Subrutina "IMPZB".....	191
3.3.- Subrutina "ENL".....	191
3.4.- Subrutina "INVER".....	191
3.5.- Subrutina "F3F".....	191
3.6.- Subrutina "F2F".....	192
3.7.- Subrutina "F1FT".....	192
3.8.- Subrutina "F2FT".....	192
3.9.- Subrutina "SEFAS".....	192
3.10.- Subrutina "RAP1".....	192
3.11.- Subrutina "RAP".....	193
3.12.- Subrutina "CVFS".....	193
3.13.- Subrutina "CORNAC".....	193
3.14.- Subrutina "CORNAD".....	193
3.15.- Subrutina "COREAC".....	193
3.16.- Subrutina "COREAD".....	194
3.17.- Subrutina "IMP1".....	194
3.18.- Subrutina "IMPVCE".....	194
4.- VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA.....	194
5.- FORMA DE PROPORCIONAR DATOS AL PROGRAMA.....	200
6.- FORMA DE UTILIZAR EL PROGRAMA GRABADO	

EN DISCO Y EN CINTA.....	201
7.- RESTRICCIONES.....	201
8.- CODIFICACION DE UN EJEMPLO.....	203
APENDICE B.- MANUAL DE USO DEL PROGRAMA PARA EL CALCULO DE CORTOCIRCUITOS UTILIZANDO EL NUEVO METODO....	210
1.- OBJETIVO.....	210
2.- METODO DE SOLUCION.....	210
3.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA.....	210
3.1.- Programa Principal.....	210
3.2.- Subrutina "INVERS".....	212
3.3.- Subrutina "SOLVE".....	213
3.4.- Subrutina "ENCERO".....	213
3.5.- Subrutina "ORDEN".....	213
3.6.- Subrutina "SIMORD".....	213
3.7.- Subrutina "REDUC".....	213
3.8.- Subrutina "SOLUC".....	214
3.9.- Subrutina "PAR".....	214
3.10.- Subrutina "F3F".....	214
3.11.- Subrutina "F2F".....	214
3.12.- Subrutina "F1FT".....	214
3.13.- Subrutina "F2FT".....	215
3.14.- Subrutina "SEFAS".....	215
3.15.- Subrutina "RAP1".....	215
3.16.- Subrutina "RAP".....	215
3.17.- Subrutina "CVFS".....	215
3.18.- Subrutina "CORNAC".....	216

	Pag.
3.19.- Subrutina "CORNAD".....	216
3.20.- Subrutina "COREAC".....	216
3.21.- Subrutina "COREAD".....	216
3.22.- Subrutina "IMP1".....	216
3.23.- Subrutina "IMPVCE".....	217
4.- VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA.....	217
5.- FORMA DE PROPORCIONAR DATOS AL PROGRAMA.....	226
6.- FORMA DE UTILIZAR EL PROGRAMA GRABADO EN DISCO Y EN CINTA.....	226
7.- RESTRICCIONES.....	226
8.- CODIFICACION DE UN EJEMPLO.....	229
APENDICE C.- LISTADOS DE LOS PROGRAMAS.....	238
1.- PROGRAMA DEL METODO CLASICO MEJORADO.....	238
2.- PROGRAMA DEL METODO NUEVO.....	287
BIBLIOGRAFIA.....	350

CAPITULO I.- INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1.- OBJETIVOS.-

1.1.1.- Importancia y Utilidad del Estudio de Cortocircuitos en S.E.P.-

En los Sistemas Eléctricos de Potencia se puede realizar una serie de estudios que permitan determinar y conocer las características de operación de dichos sistemas, uno de estos análisis es el de cortocircuitos. Este estudio no es más que el averiguar el comportamiento del S.E.P. en estado estable cuando ocurre una falla, como la apertura de una línea o un cortocircuito entre fases.

Es bien sabido por todos que las corrientes más críticas en un circuito cualquiera, son aquellas que circulan cuando en este ocurre una falla; es por esta razón que es muy importante el conocer con cierta exactitud el valor de dichas corrientes y así poder dimensionar y proteger adecuadamente a dicho circuito.

Con el pasar del tiempo los Sistemas se han ido complicando cada vez más debido al crecimiento acelerado de

la población y del parque industrial, es por esto que el perfecto conocimiento del funcionamiento de los S.E.P. es muy importante. Como los actuales sistemas son grandes y complejos es indispensable el protegerlos adecuadamente para evitar daños y para darles un mayor índice de confiabilidad, para lo cual se hacen análisis de cortocircuitos por medio de programas digitales que permiten determinar rápidamente y con cierta exactitud los voltajes y corrientes durante la falla en los S.E.P.

1.1.2.- Objetivos y Alcance de la Tesis.-

El presente trabajo persigue los siguientes objetivos:

- a) Construir dos programas digitales que permitan hacer un análisis de cortocircuitos en grandes Sistemas de Potencia, con varias opciones de impresión y con un mínimo de memoria y tiempo de CPU.
- b) Mejorar el algoritmo clásico de construcción de la matriz impedancia de barra, de tal manera de aminorar los tiempos de CPU utilizados en la construcción.
- c) Introducir las cargas, taps de transformadores y elementos shunt (capacitores, reactores o capacitancias de líneas) en la matriz impedancia

de barra, para así lograr mayor exactitud en los voltajes y corrientes de falla del S.E.P..

1.1.3.- Método a Seguirse para el Estudio de Cortocircuitos en S.E.P.-

Para el análisis de las fallas en los S.E.P. se sigue el siguiente proceso: primero se construirá la matriz impedancia de barra de cortocircuito y después se calculará, en base a esta matriz, los voltajes y corrientes de falla.

Para construir la matriz impedancia de barra se utilizan dos métodos totalmente distintos. El primer método presenta las siguientes características:

- a) Se construye la matriz impedancia de barra sin considerar los acoplamientos mutuos existentes en el sistema [1].
- b) Se introducen los acoples mutuos utilizando un algoritmo desarrollado en 1969 por H. A. Daniels y M. Chen [2].

El segundo método en cambio ha sido desarrollado para poder introducir cargas, taps y elementos shunt en la matriz impedancia de barra, y así lograr mayor exactitud en los voltajes y corrientes de falla; para esto se utiliza flujos de carga [3]. Estos dos métodos serán explicados

detalladamente en los capítulos posteriores.

El cálculo de voltajes y corrientes de falla del S.E.P. se lo hará en base a fórmulas que se encuentran desarrolladas en el capítulo IV de este trabajo.

1.2.- RESEÑA HISTORICA.-

Desde la construcción de los primeros sistemas de distribución de energía eléctrica se hizo necesario el investigar y analizar el fenómeno de las fallas en estos, para así poder proteger y evitar daños irreparables y costosos. En un principio cuando los sistemas eran pequeños el cálculo manual permitía conocer los voltajes y corrientes de falla, pero con el crecimiento de estos sistemas fue necesario desarrollar herramientas más sofisticadas que nos permitieran conocer el comportamiento de los circuitos en falla, así se desarrolló el analizador de redes (de corriente continua o de corriente alterna) que no es más que un computador analógico en donde se simula a escala el sistema en el que se desea estudiar la falla y mediante mediciones se determinan los voltajes y corrientes de falla. Con la aparición de los computadores digitales se desarrollaron algoritmos matemáticos que permitieron realizar los estudios de cortocircuito con mayor rapidez y facilidad.

Debido al continuo crecimiento e interconexión de los

sistemas ha sido necesario ir creando nuevos algoritmos para poder analizar las condiciones de falla en los S.E.P.; a continuación se hace una breve mención de estos métodos.

1.2.1.- Algunos Algoritmos Desarrollados para el Análisis de Cortocircuitos en S.E.P. Hasta la Actualidad.-

El primer método que se utilizó para estudio de fallas es el desarrollado por Coombe y Lewis en 1956, este se basa en técnicas iterativas similares a las usadas en flujos de carga. Debido a que este método requiere de una solución iterativa completa para cada falla que ocurra en el sistema, no se generalizó el uso ya que el proceso consume mucho tiempo de CPU [4].

El desarrollo de algoritmos para la construcción de la matriz impedancia de barra utilizando un computador digital, hizo posible el usar el teorema de Thevenin para calcular las condiciones de falla en los sistemas. De estos algoritmos se plantean tres, que son básicamente los que se utilizan en este trabajo:

- a) Algoritmo desarrollado por Brown, Person, Kirchmayer y Stagg [5], en el año de 1960. Es el más conocido y utilizado debido a que se puede implementar fácilmente en un computador digital.
- b) Algoritmo desarrollado por H. A. Daniels y M. Chen [6]

en el año de 1969. Este se basa en el algoritmo del literal anterior, Cuando en el sistema el número de barras afectadas por acoplamientos mutuos es mucho menor que el total de barras, entonces este algoritmo aventaja al anterior.

- c) Algoritmo desarrollado por R. Froulx y D. Crevier [7] en el año de 1981. Este método permite introducir cargas, taps y elementos shunt., en el estudio de cortocircuitos. Cuando el número de barras fallas es grande el proceso consume bastante tiempo de CPU en comparación con los otros dos. Este algoritmo es el último que se ha presentado hasta la fecha.

Una descripción más detallada de estos procesos la encontraremos en los siguientes capítulos.

REFERENCIAS DEL CAPITULO I.-

- [1] S. W. Stagg , H. A. El-Abiad. *Computer Methods in Power System Analysis*, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1968, pp. 79-116.

- [2] H. A. Daniels, M. Chen, "Compensation of Mutual Coupling in the Formation of the Bus Impedance Matrix", *IEE PAS-90* , pp.1007-1016, 3, 1971.

- [3] R. Proulx, D. Crevier, "New Interactive Short-Circuit Calculation Algorithm", *IEE PAS-101*, pp. 2681-2685, 8, 1982.

- [4] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad. *Computer Methods in Power System Analysis*, Mc.Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1968, p.167.

- [5] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, op. cit.,pp. 79 - 116

- [6] H. A. Daniels, M. Chen, art. cit..

- [7] R. Proulx, D. Crevier, art. cit..

CAPITULO II.- METODO CLASICO MEJORADO PARA LA CONSTRUCCION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA

2.1.- INTRODUCCION.-

El método que se presentará a continuación permite construir las matrices impedancia de barra de secuencia positiva y cero, para el análisis de cortocircuitos de un S.E.P.. Este método fue desarrollado por Howard A. Daniels y Mo-Shing Chen en 1969 [1] y básicamente se plantea de la siguiente manera:

- a) Se construye la matriz impedancia de barra por el método clásico, pero sin considerar acoples mutuos.
- b) Se introducen los acoples mutuos mediante el algoritmo desarrollado por Daniels y Chen.

2.2.- ALGORITMO CLASICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA SIN CONSIDERAR ACOPLER MUTUOS [2].-

Este algoritmo permite ir construyendo la matriz impedancia de barra, barra por barra, para lo cual se va

añadiendo cada uno de los elementos del sistema a dicha matriz. Los elementos pueden ser de dos tipos:

- a) Ramas: Son aquellos que crean una nueva barra en la matriz impedancia de barra.
- b) Enlaces: Son aquellos que se encuentran entre dos barras que ya forman parte de la mencionada matriz.

2.2.1.- Ecuaciones para el Caso de Ramas [3].-

Basándose en la deducción realizada por los señores Stagg y El-Abiad, se puede hacer un desarrollo de las ecuaciones necesaria para construir la matriz impedancia de barra sin considerar acoples mutuos.

Supóngase que se tiene un sistema de "m" barras al cual se le aumenta una rama, que va de la barra "p" del sistema a una barra "q" nueva (Fig. 2.1).

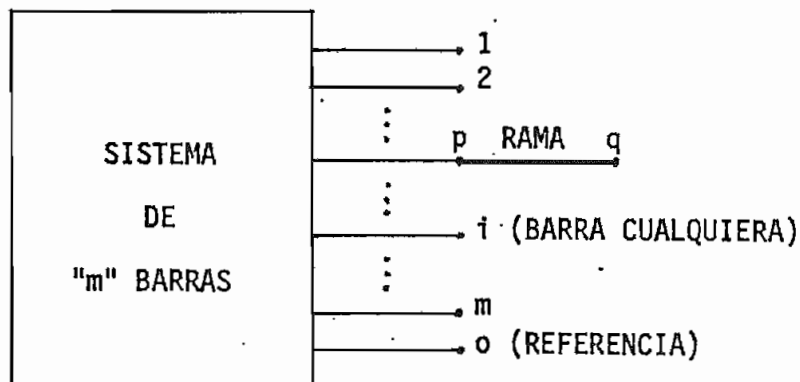


Figura 2.1

Para este sistema se cumple la ecuación matricial:

$$E \text{ BARRA} = Z \text{ BARRA} \quad I \text{ BARRA}$$

Desarrollando la ecuación matricial para el sistema con la barra "q" incluida:

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_p \\ \dots \\ E_i \\ \dots \\ E_m \\ E_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1p} & \dots & Z_{1i} & \dots & Z_{1m} & | & Z_{1q} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2p} & \dots & Z_{2i} & \dots & Z_{2m} & | & Z_{2q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & | & \dots \\ Z_{p1} & Z_{p2} & \dots & Z_{pp} & \dots & Z_{pi} & \dots & Z_{pm} & | & Z_{pq} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & | & \dots \\ Z_{i1} & Z_{i2} & \dots & Z_{ip} & \dots & Z_{ii} & \dots & Z_{im} & | & Z_{iq} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & | & \dots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \dots & Z_{mp} & \dots & Z_{mi} & \dots & Z_{mm} & | & Z_{mq} \\ Z_{q1} & Z_{q2} & \dots & Z_{qp} & \dots & Z_{qi} & \dots & Z_{qm} & | & Z_{qq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_p \\ \dots \\ I_i \\ \dots \\ I_m \\ I_q \end{bmatrix}$$

Se puede apreciar que la matriz impedancia de barra aumenta en una dimensión debido a que se adiciona la nueva barra "q" al sistema. Por otro lado el vector de corrientes es cero debido a que no circula corriente por el sistema.

Si se coloca una fuente de corriente entre la barra "i" y la de referencia (0) con un valor de 1 p.u., el vector de corriente será:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_p \\ \dots \\ I_i \\ \dots \\ I_m \\ I_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 1 \\ \dots \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Con esta consideración y realizando los productos matriciales se obtiene:

$$E_1 = Z_{1i}$$

$$E_2 = Z_{2i}$$

$$\dots$$

$$E_p = Z_{pi}$$

$$\dots\dots\dots (2.1)$$

$$E_i = Z_{ii}$$

$$\dots\dots\dots$$

$$E_m = Z_{mi}$$

$$E_q = Z_{qi}$$

Sin considerar los acoplamientos mutuos, el voltaje y la corriente en la rama p-q es:

$$v_{pq} = E_p - E_q \quad (2.2)$$

$$i_{pq} = \frac{v_{pq}}{z_{pq,pq}} \quad (2.3)$$

Donde $z_{pq,pq}$ es la impedancia de la rama p-q. Como no circula corriente en dicha rama, se tiene de (2.2) y (2.3) que:

$$E_p = E_q \quad (2.4)$$

De las ecuaciones (2.1) y (2.4) se deduce:

$$Z_{qi} = Z_{pi} ; \begin{matrix} i=1, \dots, m \\ i \neq q \end{matrix} \quad (2.5)$$

Asumiendo que el sistema está formado por elementos pasivos bilaterales, como en realidad sucede con los circuitos secuenciales de un S.E.P., se tiene que la matriz impedancia de barra es simétrica por lo tanto:

$$Z_{iq} = Z_{qi}$$

Si se inyecta una corriente en la barra "q" de valor 1 p.u., se obtiene que: $i_{pq} = -1$. Con esta consideración y con las ecuaciones (2.2) y (2.3):

$$\frac{E_p - E_q}{z_{pq,pq}} = -1$$

De esta última ecuación y de las ecuaciones (2.1) se llega a

que:

$$Z_{qq} = Z_{pp} + z_{pq,pq} \quad (2.6)$$

2.2.2.- Ecuaciones para el Caso de Enlaces [4].-

De igual manera que para las ramas, la deducción se basará en la realizada por Stagg y El-Abiad.

Teniendo un sistema de "m" barras se le aumenta un enlace entre las barra "p" y "q" de este. Como el enlace hace que circule corriente entre estos nodos se coloca una fuente de voltaje que se oponga a dicha corriente, para esto es necesario crear una barra ficticia "1" (Fig.2.2).

En este nuevo sistema se cumplen las ecuaciones matriciales de barra que son:

$$E \text{ BARRA} = Z \text{ BARRA} I \text{ BARRA}$$

Desarrollando estas ecuaciones se obtiene:

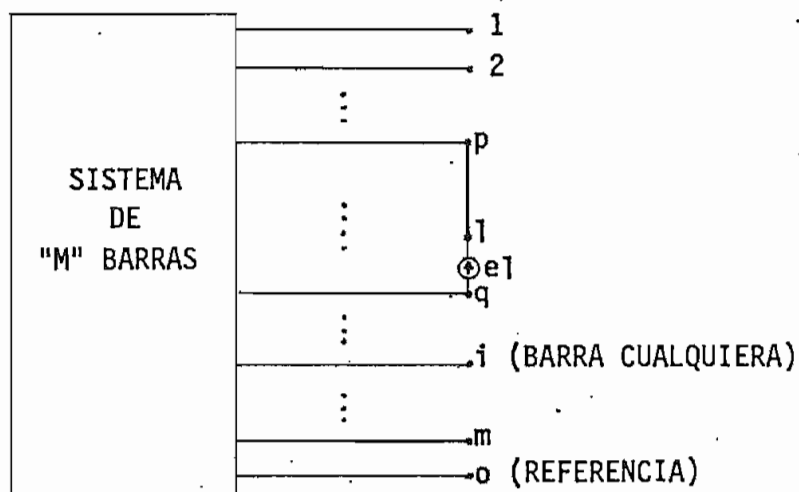


Figura 2.2

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \dots \\ E_p \\ \dots \\ E_q \\ \dots \\ E_i \\ \dots \\ E_m \\ \hline eI \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1p} & \dots & Z_{1q} & \dots & Z_{1m} & | & Z_{11} \\ Z_{21} & Z_{22} & \dots & Z_{2p} & \dots & Z_{2q} & \dots & Z_{2m} & | & Z_{21} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & | & \dots \\ Z_{p1} & Z_{p2} & \dots & Z_{pp} & \dots & Z_{pq} & \dots & Z_{pm} & | & Z_{p1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & | & \dots \\ Z_{q1} & Z_{q2} & \dots & Z_{qp} & \dots & Z_{qq} & \dots & Z_{qm} & | & Z_{q1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & | & \dots \\ Z_{i1} & Z_{i2} & \dots & Z_{ip} & \dots & Z_{iq} & \dots & Z_{im} & | & Z_{i1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & | & \dots \\ Z_{m1} & Z_{m2} & \dots & Z_{mp} & \dots & Z_{mq} & \dots & Z_{mm} & | & Z_{m1} \\ \hline Z_{11} & Z_{12} & \dots & Z_{1p} & \dots & Z_{1q} & \dots & Z_{1m} & | & Z_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_p \\ \dots \\ I_q \\ \dots \\ I_i \\ \dots \\ I_m \\ \hline I_1 \end{bmatrix}$$

En esta ecuación matricial la barra ficticia "1" aumenta en una dimensión a la matriz impedancia de barra. El vector de corrientes es cero debido a que no circula corriente por el sistema.

Si se coloca una fuente de corriente, de valor 1 p.u., entre la barra "i" y la referencia se tiene que el vector de corriente es:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \dots \\ I_p \\ \dots \\ I_q \\ \dots \\ I_i \\ \dots \\ I_m \\ \hline I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ 1 \\ \dots \\ 0 \\ \hline 0 \end{bmatrix}$$

Con esta consideración y realizando los productos matriciales se llega a que:

$$\begin{aligned} E_1 &= Z_{1i} \\ E_2 &= Z_{2i} \\ &\dots \\ E_p &= Z_{pi} \\ &\dots \\ E_q &= Z_{qi} \end{aligned} \tag{2.7}$$

.....

$$E_i = Z_{ii}$$

.....

$$E_m = Z_{mi}$$

$$e_l = Z_{li}$$

Por otro lado se tiene que:

$$e_l = E_l - E_q$$

$$v_{pl} = E_p - E_l$$

$$e_l = E_p - E_q - v_{pl} \quad (2.8)$$

Tambi3n se sabe que debido a que no existen acoplamientos mutuos:

$$i_{pl} = \frac{v_{pl}}{z_{pl,pl}} \quad (2.9)$$

Pero se conoce que no circula corriente entre "p" y "l" por lo tanto: $i_{pl} = 0$. Entonces de (2.9) se tiene: $v_{pl} = 0$. Por esta raz3n de (2.8):

$$e_l = E_p - E_q$$

De esta 3ltima ecuaci3n y de las ecuaciones (2.7) se llega a que:

$$Z_{li} = Z_{pi} - Z_{qi} ; i=1, \dots, m \quad (2.10)$$

Como se trabaja con elementos pasivos bilaterales se tiene:

$$Z_{il} = Z_{li}$$

Si se inyecta una corriente de valor 1 p.u. en la barra ficticia "l" entonces : $i_{pl} = -1$. Si se substituye esto en la ecuaci3n (2.9):

$$-1 = \frac{v_{p1}}{z_{p1,p1}}$$

En base a esta última ecuación y las ecuaciones (2.8) y (2.7) se tiene que:

$$Z_{11} = Z_{p1} - Z_{q1} + z_{p1,p1}$$

Como el es una fuente ideal entonces: $z_{p1,p1} = z_{pq,pq}$, por lo tanto:

$$Z_{11} = Z_{p1} - Z_{q1} + z_{pq,pq} \quad (2.11)$$

Como la barra "1" es ficticia y aumenta en una dimensión a la matriz impedancia de barra, es necesario eliminarla de la matriz; para esto se usa la reducción de KRON obteniéndose una nueva matriz impedancia de barra con una dimensión menos. Así:

$$Z_{ij} \text{ (nuevo)} = Z_{ij} \text{ (antiguo)} - \frac{Z_{i1} Z_{1j}}{Z_{11}} ; \begin{matrix} i=1, \dots, m \\ j=1, \dots, m \end{matrix} \quad (2.12)$$

2.2.3.- Análisis de las Ecuaciones Cuando el Nodo "p" es la Referencia.-

En este caso se tiene que:

$$Z_{pi} = Z_{pp} = Z_{p1} = 0$$

ya que estos elementos no se definen en la matriz impedancia de barra. En base de esta se obtienen las siguientes ecuaciones para ramas y enlaces.

$$a) \text{ Ramas: } Z_{qi} = 0 \quad (2.13)$$

$$Z_{qq} = z_{pq,pq} \quad (2.14)$$

$$b) \text{ Enlaces: } Z_{li} = -Z_{qi} \quad (2.15)$$

$$Z_{ll} = -Z_{lq} + z_{pq}, pq \quad (2.16)$$

2.3.- ALGORITMO PARA INTRODUCIR ACOPLAMIENTOS MUTUOS EN LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA.-

Este algoritmo es planteado por Daniels y Chen. Aquí se deduce las ecuaciones básicas del algoritmo en una forma un poco más detallada que la presentada por los autores del algoritmo, pero además se desarrollan las ecuaciones básicas para poder las aplicar en el caso de una matriz impedancia simétrica que es el de nuestro interés.

2.3.1.- Deducción de las Ecuaciones Básicas del Algoritmo [5].-

Se parte de que se tiene un sistema con acoplamientos mutuos. Si en ese sistema no se consideran los acoples se cumple la siguiente ecuación matricial:

$$Y_b' E_b' = I_b \quad (2.17)$$

Donde: Y_b' = Matriz admitancia de barra del sistema sin acoples.

E_b' = Vector de voltajes de barra del sistema sin acoples.

I_b = Vector corrientes de barra del sistema.

Si se considera los acoplamientos en el sistema y además se fuerza a que los voltajes de barra sean tales, que

permitan obtener las mismas corrientes de barra que se tenían en el sistema sin acoples, se cumple la ecuación matricial:

$$Y_b E_b = I_b \quad (2.18)$$

Donde: Y_b = Matriz admitancia de barra del sistema con acoples.

E_b = Vector de voltajes de barra del sistema con acoples.

Entre los vectores de voltajes de barra: E_b' y E_b , va a existir una diferencia (ΔE_b) de tal manera que:

$$E_b - E_b' = \Delta E_b$$

$$E_b' = E_b - \Delta E_b$$

Reemplazando esta última ecuación en (2.17) se obtiene:

$$Y_b' (E_b - \Delta E_b) = I_b$$

Si en esta ecuación se reemplaza I_b un base a la ecuación (2.18) se tiene:

$$Y_b' (E_b - \Delta E_b) = Y_b E_b$$

$$Y_b' E_b = Y_b E_b + Y_b' \Delta E_b \quad (2.19)$$

Si se define a: $\Delta I_b = Y_b' \Delta E_b$ (2.20), entonces la ecuación (2.19) se convierte en:

$$Y_b' E_b = Y_b E_b + \Delta I_b$$

$$\Delta I_b = (Y_b' - Y_b) E_b$$

En esta ecuación se hace: $\Delta Y_b = Y_b' - Y_b$ (2.21) entonces:

$$\Delta I_b = \Delta Y_b E_b$$

Igualando (2.20) con esta última ecuación:

$$Y_b' \Delta E_b = \Delta Y_b E_b$$

Reemplazando esta igualdad en (2.19):

$$Y_b' E_b = Y_b E_b + \Delta Y_b E_b \quad (2.22)$$

También se sabe que:

$$Y_b' = Z_b'^{-1} \quad (2.23)$$

Entonces reemplazando (2.23) y (2.18) en (2.22):

$$\begin{aligned} Z_b'^{-1} E_b &= I_b + \Delta Y_b E_b \\ E_b &= Z_b' I_b + Z_b' \Delta Y_b E_b \\ Z_b' I_b &= (U - Z_b' \Delta Y_b) E_b \end{aligned} \quad (2.24)$$

Donde: U = matriz unitaria.

De (2.24) se despeja E_b :

$$E_b = (U - Z_b' \Delta Y_b)^{-1} Z_b' I_b \quad (2.25)$$

Pero se conoce que: $E_b = Z_b I_b$; reemplazando esto en (2.25):

$$Z_b I_b = (U - Z_b' \Delta Y_b)^{-1} Z_b' I_b$$

Entonces:

$$Z_b = (U - Z_b' \Delta Y_b)^{-1} Z_b' \quad (2.26)$$

Donde: Z_b = Matriz impedancia de barra del sistema con acoples.

Z_b' = Matriz impedancia de barra del sistema sin acoples.

Por otro lado se sabe que una matriz admitancia de barra se puede calcular de la matriz admitancia primitiva de los elementos del sistema y de la matriz de incidencia de barra A [6]; asi para hallar Y_b y Y_b' se tiene que:

$$\begin{aligned} Y_b &= A^T [y] A \\ Y_b' &= A^T [y'] A \end{aligned}$$

Donde: $[y]$ = Matriz admitancia de los elementos del sistema

con acoples.

$[y']$ = Matriz admitancia primitiva de los elementos del sistema sin acoples.

A = Matriz incidencia de barra del sistema. Es igual para el sistema con o sin acoples ya que es independiente de estos.

Entonces en (2.21) se tiene que:

$$\Delta Yb = A^T ([y'] - [y]) A \quad (2.27)$$

Pero las matrices $[y']$, $[y]$ y A, presentan la siguiente constitución submatricial:

$$a) \quad [z'] = [y']^{-1} = \begin{bmatrix} E & | & O \\ \hline O & | & B \end{bmatrix}$$

Donde: E = Submatriz diagonal de elementos no afectados por los acoplamiento mutuos.

B = Submatriz diagonal de elementos afectados por acoples, pero sin considerar el valor de los acoplamiento.

$$b) \quad [z] = [y]^{-1} = \begin{bmatrix} E & | & O \\ \hline O & | & D \end{bmatrix}$$

Donde: D = Submatriz no diagonal de elementos afectados por acoples, considerando el valor de los acoplamiento.

$$c) \quad A = \begin{bmatrix} A1 \\ \hline A2 & | & A3 \end{bmatrix}$$

Donde: A1 = Submatriz incidencia de los elementos no acoplados en todas las barras del sistema.

A2= Submatriz incidencia de los elementos acoplados en las barras no afectadas por acoplamientos mutuos. Esta es nula ya que los elementos acoplados no inciden nunca en dichas barras.

A3= Submatriz incidencia de los elementos acoplados en las barras afectadas por acoplamientos.

Por lo tanto la ecuación (2.27) queda:

$$\Delta Y_b = \begin{bmatrix} A_1 & | & A_2^T \\ \hline & & \\ A_3^T & & \end{bmatrix} \left(\begin{bmatrix} E^{-1} & | & 0 \\ \hline & & \\ 0 & | & B^{-1} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} E^{-1} & | & 0 \\ \hline & & \\ 0 & | & D^{-1} \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} A_1 \\ \hline A_2 & | & A_3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta Y_b = \begin{bmatrix} A_1^T & | & A_2^T \\ \hline & & \\ A_3^T & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & | & 0 \\ \hline & & \\ 0 & | & B^{-1} - D^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ \hline A_2 & | & A_3 \end{bmatrix}$$

Como A2 es nula:

$$\Delta Y_b = \begin{bmatrix} A_1^T & | & 0 \\ \hline & & \\ A_3^T & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & | & 0 \\ \hline & & \\ 0 & | & (B^{-1} - D^{-1}) A_3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta Y_b = \begin{bmatrix} 0 & | & 0 \\ \hline & & \\ 0 & | & A_3^T (B^{-1} - D^{-1}) A_3 \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

Definimos en (2.28): $R = A_3^T (B^{-1} - D^{-1}) A_3$

Entonces se tiene que (2.28) se transforma en:

$$\Delta Y_b = \begin{bmatrix} 0 & | & 0 \\ \hline & & \\ 0 & | & R \end{bmatrix}$$

Donde R es una matriz : $p \times p$ (p = número de barras afectadas por acoples), y ΔY_b es una matriz: $n \times n$ (n = número de barras del sistema). Basándose en la forma especial que tiene la matriz ΔY_b la ecuación (2.26) se puede expresar como operaciones de submatrices, lo cual facilitará el tra-

bajo de programación y disminuirá el tamaño de la memoria y del tiempo de CPU del programa. Para esto se parte definiendo a la matriz Z_b como submatrices:

$$Z_b = \begin{bmatrix} L & J \\ \hline K & M \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

Donde: L = Submatriz de barras no afectados por acoples mutos : $(n-p) \times (n-p)$.

M = Submatriz de barras afectadas por acoples: $p \times p$.

K = Submatriz que contiene los dos tipos de barras: $p \times (n-p)$.

J = Submatriz que contiene los dos tipos de barras: $(n-p) \times p$.

En la ecuación (2.26) se tiene la siguiente operación matricial:

$$Z_b \Delta Y_b = \begin{bmatrix} L & J \\ \hline K & M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} O & O \\ \hline O & R \end{bmatrix}$$

$$Z_b \Delta Y_b = \begin{bmatrix} O & JR \\ \hline O & MR \end{bmatrix}$$

Entonces desarrollando la ecuación (2.26):

$$(U - Z_b \Delta Y_b)^{-1} = \left(\begin{bmatrix} I & O \\ \hline O & U' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} O & JR \\ \hline O & MR \end{bmatrix} \right)^{-1}$$

$$(U - Z_b \Delta Y_b)^{-1} = \begin{bmatrix} I & -JR \\ \hline O & U' - MR \end{bmatrix}^{-1} \quad (2.30)$$

Donde: I = matriz unitaria : $(n-p) \times (n-p)$.

U' = matriz unitaria : $p \times p$.

Para invertir la matriz (2.29) se utiliza las fórmulas de inversión para matrices que se encuentran descompuestas en submatrices [7], estas son:

$$A = \left[\begin{array}{c|c} A1 & A2 \\ \hline A3 & A4 \end{array} \right]$$

$$A^{-1} = \left[\begin{array}{c|c} B1 & B2 \\ \hline B3 & B4 \end{array} \right]$$

$$B1 = (A1 - A2 A4^{-1} A3)^{-1}$$

$$B2 = -B1 A2 A4^{-1}$$

$$B3 = -A4^{-1} A3 B1$$

$$B4 = A4^{-1} - A4^{-1} A3 B2$$

Utilizando estas fórmulas se llega a:

$$(U - Zb^* Yb)^{-1} = \left[\begin{array}{c|c} I & JR(U^* - MR)^{-1} \\ \hline O & (U^* - MR)^{-1} \end{array} \right] \quad (2.31)$$

En esta última matriz se aprecia que el problema de inversión se deduce a invertir una matriz de dimensiones $p \times p$, donde p generalmente es un número relativamente pequeño respecto a número total de barras n .

2.3.2.- Ecuaciones para el Caso de Matrices de Impedancia Simétricas .-

El proceso de programación se simplifica aún más cuando se trabaja con matrices impedancia de barra simétricas, que es lo que a nosotros nos interesa. Si la matriz Zb^* es simétrica se tiene que la ecuación (2.29) se transforma en:

$$Zb^* = \left[\begin{array}{c|c} L & K^T \\ \hline K & M \end{array} \right] \quad (2.32)$$

Por lo tanto la ecuación (2.31) se convierte en:

$$(U - Zb^* Yb)^{-1} = \left[\begin{array}{c|c} I & K^T R (U^* - MR)^{-1} \\ \hline O & (U^* - MR)^{-1} \end{array} \right] \quad (2.33)$$

Reemplazando (2.32) y (2.33) en la ecuación (2.26) se tiene que la matriz impedancia de barra del sistema con acoples (Z_b) es:

$$Z_b = \begin{bmatrix} I & | & K^T R (U^s - MR)^{-1} \\ \hline 0 & | & (U^s - MR)^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L & | & K^T \\ \hline K & | & M \end{bmatrix}$$

$$Z_b = \begin{bmatrix} L + K^T R (U^s - MR)^{-1} K & | & [(U^s - MR)^{-1} K]^T \\ \hline (U^s - MR)^{-1} K & | & (U^s - MR)^{-1} M \end{bmatrix} \quad (2.34)$$

2.4.- CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA LA PROGRAMACION OPTIMA DEL METODO.-

El proceso de resolución a seguirse obliga a tomar ciertas consideraciones de carácter especial, que permiten resolver ciertos problemas de programación u optimizar el uso del tiempo o la memoria del computador.

2.4.1.- Ordenamiento de los Datos de Entrada [8].-

A un elemento se lo define por un nodo inicial, uno final y por su impedancia. Debido al algoritmo de formación de la matriz impedancia de barra estos elementos deben estar en un cierto orden lógico que permita ir construyendo barra por barra a esta matriz, pero cuando el sistema es grande este ordenamiento es complejo y por lo tanto es difícil hacerlo. Con ayuda del computador el ordenar los elementos es más fácil, por esa razón se plantea a continuación un algoritmo que permite realizar este proceso:

- a) Se encuentra un elemento conectado a la referencia (para todo el estudio consideraremos que la referencia es la barra "0"), que para estudios de cortocircuito es el nodo común que está detrás de la reactancia sincrónica de los generadores. A este elemento se lo utiliza para construir la primera barra de la matriz Z BARRA.
- b) Analizando los elementos del sistema se saca una lista de las barras que se encuentran conectadas a la primera barra obtenida en la parte (a).
- c) De esta lista contruida en la parte (b), se toma la siguiente barra y se procede a escoger el orden en que los elementos se irán aumentando a la matriz Z BARRA, para lo cual se usa los siguientes criterios:
- c.1) Los elementos conectados entre esta barra y la referencia son los primeros que se aumentan a la matriz.
 - c.2) Los elementos conectados entre esta barra y la que le antecede en la lista, son los siguientes que se aumentan a la matriz.
 - c.3) Los elementos que están conectados entre esta barra y barras que le preceden en la lista, no son tomados en cuenta y se los deja para ser utilizados posteriormente.
 - c.4) Se aumenta a la lista todas aquellas barras que

no se encuentren en esta y que además estén unidas por elementos a la barra que se está añadiendo a la matriz.

- d) Se repite el proceso indicado en (c) para cada una de las barras de la lista.

Para entender mejor este algoritmo se expondrá a continuación un ejemplo:

La lista de elementos de un sistema es:

Elemento	
P	Q
1	2
0	1
0	2
0	3
2	3
2	4
3	5
1	6
6	7
4	7
5	8
7	8

La lista de barras y el orden de los elementos para contruir la matriz Z BARRA es:

Elementos Ordenados		Lista de Barras
P	Q	
0	1	1
0	2	2
1	2	6
1	6	3
0	3	4
2	3	7
2	4	5
6	7	8

002482

Elementos Ordenados		Lista de Barras
P	Q	
4	7	
3	5	
7	8	
5	8	

2.4.2.- Tratamiento de las Impedancias de Valor Infinito en el Programa [9].-

Para realizar un estudio de cortocircuitos de un S.E.P. se necesitan dos circuitos de secuencia, los cuales la mayoría de veces son diferentes debido a la conexión de los transformadores. Estas diferencias hacen que ciertos elementos que se encuentran en una secuencia no estén en la otra. Si la entrada de datos de los elementos al programa se lo hace de tal manera que al mismo tiempo entren las secuencias del sistema, se hace necesario definir ciertas impedancias como infinitas para indicar que un elemento no existe en una de las secuencias.

La presencia de impedancias infinitas en los datos y el hecho de que el ordenamiento de los elementos no tome en cuenta esto, hace necesario tratar de una manera especial a dichas impedancias durante la construcción de la matriz Z BARRA. La forma en que se trabajará dentro del programa con ramas o enlaces de impedancia infinita se explica detalladamente a continuación.

2.4.2.1.- Ramas: En este caso se procede de la siguiente manera:

- a) Se define una rama ficticia de cualquier impedancia finita, que vaya de la referencia a la barra que está creando la rama de impedancia infinita. El valor de impedancia de la rama ficticia debe estar dentro del rango de valores de los elementos del sistema, para garantizar que la nueva diagonal de Z BARRA se encuentre bien definida. (La impedancia que se asumió dentro del programa es: $0.+j0.5$)
- b) La nueva barra de Z BARRA creada en (a) hace que el resto de elementos conectados a esta sean enlaces, debido al ordenamiento de los datos de entrada explicado anteriormente. Estos enlaces serán procesados como tales, ya sea que tengan impedancia infinita o no.
- c) El mismo proceso descrito en (a) y (b) se utiliza si existen otras ramas de este tipo.
- e) Una vez que se ha terminado el procesamiento de todos los elementos del sistema, se analiza las filas correspondientes a las barras afectadas por ramas de impedancia infinita en la matriz Z BARRA. Si estas filas tienen a los elementos fuera de la diagonal igual a cero y al de la diagonal igual a

la impedancia de la rama ficticia, se tiene que estas barras están aisladas del resto del sistema y por lo tanto se las elimina de la matriz Z BARRA. Pero si esto no sucede entonces se aumenta líneas ficticias adicionales cuyas impedancias son iguales a la impedancia de la rama ficticia pero de signo cambiado, y que van de la referencia a cada una de las barras en análisis; de esta manera se remueven las ramas ficticias colocadas en un principio y la matriz Z BARRA adquiere sus valores correctos.

2.4.2.2.- Enlaces: En este caso no se los toma en cuenta, ya que estos enlaces no afectan a la matriz Z BARRA. Esta afirmación se la puede demostrar partiendo de la ecuación (2.11):

$$Z_{11} = Z_{p1} - Z_{q1} + z_{pq,pq}$$

Pero: $z_{pq,pq} = \infty$, por lo tanto:

$$Z_{11} = \infty$$

Entonces en la ecuación (2.12) se tiene que:

$$Z_{ij}(\text{nuevo}) = Z_{ij}(\text{antiguo}) - \frac{Z_{i1} Z_{1j}}{Z_{11}} \rightarrow 0$$

$$Z_{ij}(\text{nuevo}) = Z_{ij}(\text{antiguo})$$

2.4.3.- Almacenamiento de la Matriz Impedancia de Barra como Vector.-

Se ha dicho que siempre se trabajará con sistemas de elementos pasivos bilaterales, por lo tanto la matriz Z

BARRA será simétrica. Con el objeto de reducir la cantidad de memoria utilizada en el computador, se almacenará a la matriz Z BARRA simétrica como un vector de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l}
 \text{Z BARRA} = \left[\begin{array}{l}
 Z_{11} \\
 Z_{21} \\
 Z_{31} \\
 \dots\dots\dots \\
 Z_{n1} \\
 \hline
 Z_{22} \\
 Z_{32} \\
 Z_{42} \\
 \dots\dots\dots \\
 Z_{n2} \\
 \hline
 \dots\dots\dots \\
 \dots\dots\dots \\
 \hline
 Z_{(n-1)(n-1)} \\
 Z_{n(n-1)} \\
 \hline
 Z_{nn}
 \end{array} \right] \begin{array}{l}
 n \text{ elementos} \\
 \\
 n-1 \text{ elementos} \\
 \\
 \\
 2 \text{ elementos} \\
 \\
 1 \text{ elemento}
 \end{array}
 \end{array}$$

El número de elemento (N) de este vector es:

$$N = 1+2+\dots+(n-1)+n$$

Esta última ecuación es una suma de elementos de una progresión aritmética de razón "1", por lo tanto se puede reducir a:

$$N = (n+1)n/2$$

Como a la matriz Z BARRA se la guarda como vector, es necesario desarrollar una fórmula recursiva que nos permita recuperar los elementos de dicha matriz en cualquier momento. Para esto se parte de que Z BARRA está almacenada como se indica a continuación:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} Z_{11} \\ \dots \\ Z_{n1} \\ \dots \\ Z_{nn} \end{bmatrix}}_{\text{MATRIZ Z BARRA}} = \underbrace{\begin{bmatrix} A_1 \\ \dots \\ A_n \\ \dots \\ A_{(n+1)n/2} \end{bmatrix}}_{\text{VECTOR DE ALMACENAMIENTO}}$$

Desarrollando más detalladamente esta igualdad matricial, para cada elemento se tiene:

a) Columna 1 de Z BARRA:

$$\begin{aligned} Z_{11} &= A_1 \\ Z_{21} &= A_2 \\ \dots & \\ Z_{i1} &= A_i \\ \dots & \\ Z_{n1} &= A_n \end{aligned}$$

b) Columna 2 de Z BARRA:

$$\begin{aligned} Z_{22} &= A_{n+1} \\ Z_{32} &= A_{n+2} \\ \dots & \\ Z_{i2} &= A_{n+1+(i-2)} \\ \dots & \\ Z_{n2} &= A_{n+1+(n-2)} = A_{2n-1} \end{aligned}$$

c) Columna 3 de Z BARRA:

$$\begin{aligned} Z_{33} &= A_{2n} \\ Z_{43} &= A_{2n+1} \\ \dots & \\ Z_{i3} &= A_{2n+(i-3)} \\ \dots & \\ Z_{n3} &= A_{2n+(n-3)} = A_{3n-(i+2)} \end{aligned}$$

d) Columna 4 de Z BARRA:

$$\begin{aligned} Z_{44} &= A_{3n-2} \\ Z_{54} &= A_{3n-1} \\ \dots & \\ Z_{i4} &= A_{3n-2+(i-4)} \\ \dots & \end{aligned}$$

$$Z_{n4} = A^{3n-2+(n-4)} = A^{4n-(1+2+3)}$$

De lo anterior se puede ver claramente que para una columna cualquiera "(j-1)" el elemento $Z_{n(j-1)}$ es:

$$Z_{n(j-1)} = A^{(j-1)n-[1+2+3+\dots+(j-2)]}$$

Por lo tanto el elemento Z_{ij} es:

$$Z_{ij} = A^{(j-1)n+1-[1+2+\dots+(j-2)]+(i-j)} \quad (2.35)$$

Por otro lado se tiene que : $[1+2+3+\dots+(j-2)]$, es la suma de los elementos de una progresión aritmética de razón "1"; así:

$$\begin{aligned} 1+2+3+\dots+(j-2) &= [(j-2)+1](j-2)/2 \\ &= [(j-2) + (j-2)]/2 \\ &= (j^2-4j+4+j-2)/2 \\ &= (j^2-3j+2)/2 \end{aligned}$$

Reemplazando esta última igualdad en la ecuación (2.35):

$$Z_{ij} = A^{(j-1)n+1-(j^2-3j+2)/2+i-j}$$

$$Z_{ij} = A^{(j-1)n+i+(\cancel{2}-j^2+3j-\cancel{2}-2j)/2}$$

$$Z_{ij} = A^{(j-1)n+i-(j^2-j)/2}$$

$$Z_{ij} = A^{i+[2n(j-1)-j(j-1)]/2}$$

$$Z_{ij} = A^{i+[j-1)(2n-j)]/2} ; \begin{matrix} i=j, (j+1), \dots, n \\ j=1, 2, \dots, n \end{matrix} \quad (2.36)$$

Con la ecuación (2.36) se puede encontrar, dentro del vector donde está almacenada la matriz Z BARRA, cualquier elemento Z_{ij} de dicha matriz.

2.5.- COMPARACION DEL METODO PRESENTADO CON EL METODO CLASICO DE CONSTRUCCION.-

Como se puede apreciar a lo largo del capítulo el algoritmo presentado es radicalmente diferente al método clásico conocido por todos. La diferencia básica está en el tratamiento que se hace a los acoples mutuos durante la construcción de la matriz impedancia de barra. Esta diferencia permite comparar a los dos métodos; así:

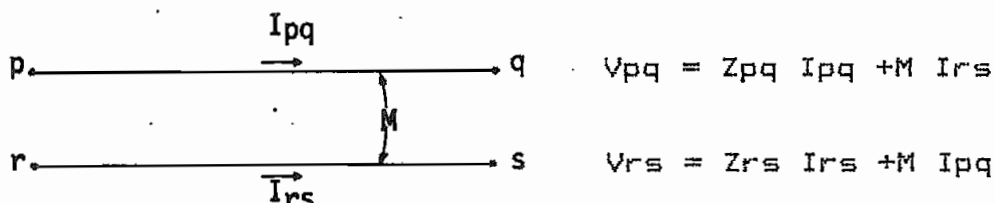
- a) Cuando en el S.E.P. se tiene un número pequeño de barras afectadas por acoples mutuos respecto al número total de barras del sistema ($p \ll n$), el método aquí planteado tiene que realizar un número menor de operaciones que el algoritmo clásico, por lo que el tiempo de ejecución se reduce. Pero cuando esto no sucede el proceso expuesto en este trabajo no es el más adecuado, prefiriéndose el algoritmo clásico en estos casos.
- b) La memoria utilizada por el algoritmo de Daniels y Chen es mayor que la que se necesita en el método clásico. Esto se debe a que se necesita una matriz auxiliar para almacenar la operación: $(U^p - MR)^{-1}$, cuya dimensión depende de la cantidad de barras afectadas por acoples (p).
- c) Un problema que presenta el nuevo algoritmo es que si el número de barras "p" es grande (del orden de 100), la inversión de la matriz: $(U^p - MR)$, puede dar problemas en la precisión y en el tiempo de

ejecución a pesar de que se la invierte mediante pivotación..

Una comparación más exacta entre los tiempos, la precisión y la memoria, entre los dos métodos se podría hacer si es que se dispusiera de un buen programa digital que utilice el algoritmo clásico, pero la falta de este no ha permitido hacerlo.

2.6.- CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA LOS ELEMENTOS CON ACOMPLAMIENTOS MUTUOS.-

Los acoplamientos mutuos de un S.E.P. se los encuentra entre líneas de transmisión, y se los define de la siguiente manera [10 y 11]



Como se puede apreciar el efecto de acoplamiento mutuo tiene un caracter aditivo en el voltaje de cada una de las líneas, cuando por estas circula una corriente en el mismo sentido.

Los datos de los elementos del sistema deben tener muy en cuenta lo descrito anteriormente, por lo tanto los nodos iniciales y finales de los elementos acoplados deben ser definidos asumiendo que la corriente que circula por cada uno de estos va del nodo inicial (p) al final (q), y que

estas corrientes entre elementos acoplados deben tener el mismo sentido para poder definir a la impedancia de acoplamiento mutuo como positiva . Este procedimiento es similar al utilizado para definir la polaridad de los devanados en transformadores.

REFERENCIAS DEL CAPITULO II.-

- [11] H. A. Daniels, M. Chen, "Compensation of Mutual Coupling in the Formation of the Bus Impedance Matrix", IEE PAS-90, pp.1007-1016, 3, 1971.
- [12] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, *Computer Methods in Power System Analysis*, Mc.Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1968, pp. 79-116.
- [13] *Ibid.*, pp. 81-85.
- [14] *Ibid.*, pp. 85-89.
- [15] H. A. Daniels, M. Chen, art. cit., pp. 1007-1009.
- [16] G. W. Stagg, A. H. El Abiad, op.cit., p.44.
- [17] *Ibid.*, p. 19.
- [18] H. E. Brown, *Solution of Large Networks by Matrix Methods*, John Wiley & Sons, U.S.A., 1975, pp. 52-55.
- [19] *Ibid.*, pp. 55-59.
- [10] W. Stevenson, *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*, Mc Graw-Hill Book Company, Bogotá, 1979,

CAPITULO III.- NUEVO ALGORITMO DE FORMACION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA

3.1.- DESCRIPCION GENERAL DEL ALGORITMO.-

El método que se presenta a continuación, para construir la matriz impedancia de barra de secuencia positiva y de secuencia cero, fue desarrollado por Froulx y Crevier [1] en 1981. Este algoritmo permite introducir el efecto de las cargas, taps de transformadores y elementos shunt, en las corrientes y voltajes de cortocircuito, para la que se utiliza flujos de carga pero con ciertas consideraciones especiales. Para hallar la matriz de secuencia positiva se trabajará con un flujo de carga de Newton-Raphson desacoplado rápido [2 y 3] y para la matriz de secuencia cero se usará un flujo de carga de Gauss-Seidel [4] pero con simplificaciones. Para poder introducir los acoples mutuos en el proceso de construcción de las matrices Z BARRA de secuencia, es necesario considerar estos acoples en la matriz admitancia de barra para lo que se utiliza un algoritmo planteado por Alvarado [5] en 1982.

Este algoritmo en realidad permite calcular una columna de la matriz impedancia de barra, así que para construir

toda la matriz se necesita repetir el proceso para cada barra del sistema.

3.2.- ALGORITMO PARA HALLAR LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA.-

En estudios de cortocircuitos se considera que la matriz Z BARRA de secuencia positiva es igual que la matriz de secuencia negativa, esto se debe a las características de los elementos trifásicos que conforman el S.E.P.. Por lo tanto el método que se presenta a continuación, nos permitirá encontrar las impedancias de barra de secuencia positiva y negativa, al mismo tiempo.

3.2.1.- Deducción de las ecuaciones básicas [6].-

Se parte de un equivalente Thevenin del circuito de secuencia positiva, donde se produce una falla en la barra "p" (Fig.3.1).

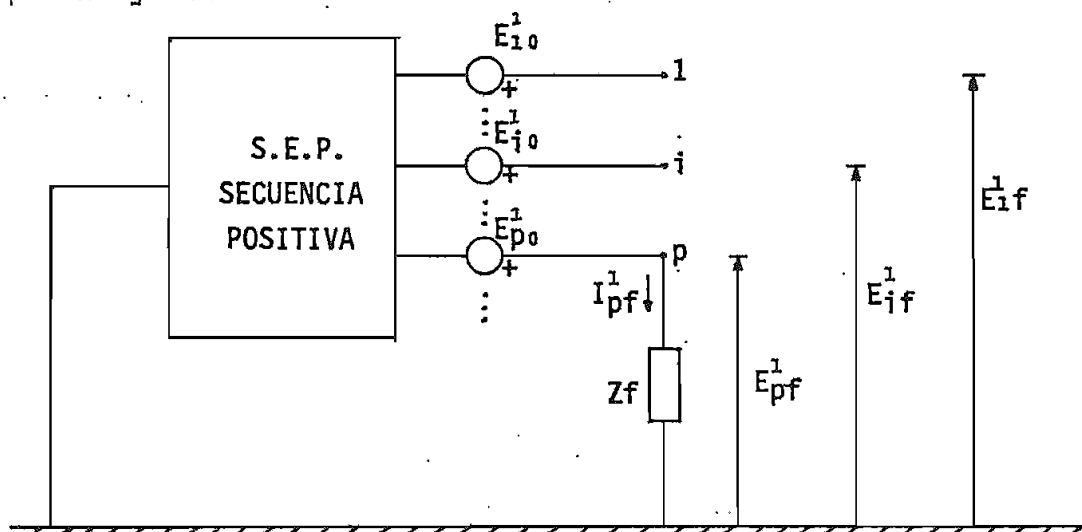


Figura 3.1

En este sistema se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$E_{pf}^1 = Z_f I_{pf}^1 \quad (3.1)$$

$$E^1 \text{ BARRA}_f = E^1 \text{ BARRA}_0 - Z^1 \text{ BARRA } I^1 \text{ BARRA}_f \quad (3.2)$$

Donde: E_{pf}^1 = Voltaje de secuencia positiva en la barra "p" durante la falla.

Z_f = Impedancia de falla.

I_{pf}^1 = Corriente de secuencia positiva en la barra "p" durante la falla.

$E^1 \text{ BARRA}_f$ = Voltajes de barra de secuencia positiva durante la falla.

$E^1 \text{ BARRA}_0$ = Voltajes de barra de secuencia positiva antes de la falla.

$Z^1 \text{ BARRA}$ = Matriz impedancia de barra de secuencia positiva.

$I^1 \text{ BARRA}_f$ = Corrientes de barra de secuencia positiva durante la falla.

Desarrollando la ecuación matricial (3.2) y considerando que la corriente durante la falla solo circula por la barra "p", ya que las otras barras se encuentran abiertas, se tiene:

$$\begin{bmatrix} E_{1f}^1 \\ \dots \\ E_{if}^1 \\ \dots \\ E_{pf}^1 \\ \dots \\ E_{nf}^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{10}^1 \\ \dots \\ E_{i0}^1 \\ \dots \\ E_{p0}^1 \\ \dots \\ E_{n0}^1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_{11}^1 \dots Z_{1i}^1 \dots Z_{1p}^1 \dots Z_{1n}^1 \\ \dots \\ Z_{i1}^1 \dots Z_{ii}^1 \dots Z_{ip}^1 \dots Z_{in}^1 \\ \dots \\ Z_{p1}^1 \dots Z_{pi}^1 \dots Z_{pp}^1 \dots Z_{pn}^1 \\ \dots \\ Z_{n1}^1 \dots Z_{ni}^1 \dots Z_{np}^1 \dots Z_{nn}^1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ \dots \\ 0 \\ \dots \\ I_{pf}^1 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix}$$

Si se realiza el producto matricial y se reduce todo a una sola ecuación se obtiene:

$$E_{if}^1 = E_{i0}^1 - Z_{ip}^1 I_{pf}^1 ; i=1,2,\dots,p,\dots,n \quad (3.3)$$

Reemplazando (3.1) en (3.3):

$$E_{if}^1 = E_{i0}^1 - Z_{ip}^1 E_{pf}^1 / Z_f ; i=1,2,\dots,p,\dots,n \quad (3.4)$$

Despejando de (3.4) a Z_{ip}^1 :

$$Z_{ip}^1 = Z_f (E_{io}^1 - E_{if}^1) / E_{pf}^1 ; i=1,2,\dots,p,\dots,n \quad (3.5)$$

En la ecuación (3.5) la impedancia Z_f puede tener cualquier valor por lo que se le llama Z_s , quedando la ecuación (3.5) como:

$$Z_{ip}^1 = Z_s (E_{io}^1 - E_{is}^1) / E_{ps}^1 ; i=1,2,\dots,p,\dots,n \quad (3.6)$$

Donde: E_{is}^1 = Voltaje de secuencia positiva en la barra "i" cuando existe una impedancia de falla cualquiera Z_s en la barra "p".

E_{ps}^1 = Voltaje de secuencia positiva en la barra "p" cuando existe una impedancia de falla cualquiera Z_s en dicha barra.

En la ecuación (3.6) el valor de Z_s se lo asume, el voltaje E_{io}^1 se determina mediante un flujo de carga en el sistema de secuencia positiva antes de colocar la impedancia Z_s , y el voltaje E_{is}^1 se lo calcula con un flujo de carga en el sistema con Z_s colocada en la barra "p".

El valor que se le da a Z_s es muy importante en la determinación de la impedancia de barra Z_{ip}^1 , ya que:

- a) Si Z_s es muy grande la diferencia entre los voltaje E_{io}^1 y E_{is}^1 será muy pequeña, teniéndose que Z_{ip}^1 es un valor indeterminado. En otras palabras:

$$\begin{aligned} Z_s \rightarrow \infty & \Rightarrow E_{io}^1 - E_{ps}^1 \rightarrow 0 \\ \Rightarrow Z_{ip}^1 & \rightarrow \text{indeterminación} (\infty \times 0) \end{aligned}$$

- b) Si Z_s es muy pequeño el voltaje E_{ps}^1 tiende a cero

lo cual produce por un lado problemas en la convergencia del flujo de carga, ya que para converger a un voltaje tan pequeño se necesitan muchas iteraciones, y por otro lado que el valor de Z_{ip} es indeterminado. En otras palabras:

$$Z_s \rightarrow 0 \quad \Rightarrow \quad E_{ps} \rightarrow 0$$

$$\Rightarrow \quad Z_{ip} \rightarrow \text{indeterminación}(0/0)$$

El valor de Z_s óptimo se lo encontrará en un apartado posterior.

La determinación de los voltajes E_{io} no tiene mayor complicación ya que solo se usa un flujo de carga, pero para los voltaje E_{is} se deben hacer ciertas consideraciones especiales que explicaremos más adelante.

3.2.2.- Flujo de Carga para Determinar los Voltajes E_{io} y E_{is} .-

Se utilizará el método de Newton - Raphson desacoplado rápido [7], en el cual se parten de las siguientes consideraciones:

- a) La potencia activa (P) depende de los ángulos del voltaje (δ).
- b) La potencia reactiva (Q) depende de los módulos del voltaje ($|E|$).

- c) Las susceptancias de la matriz admitancia de barra tienen valores relativamente grandes en comparación con las conductancias.
- d) Las líneas del sistema no producen mayor desfase entre los voltajes de las barras.
- e) Los voltajes de barra son prácticamente iguales a la unidad.

Por lo tanto matricialmente se tiene que:

$$\Delta P/|E| \approx B' \Delta \delta \quad (3.7)$$

$$\Delta Q/|E| \approx B'' \Delta |E| \quad (3.8)$$

Donde: ΔP = Valor de variaciones de la potencia activa neta de las barras.

ΔQ = Vector de variaciones de la potencia reactiva neta de las barras.

$|E|$ = Vector de módulos de los voltajes de las barras.

$\Delta \delta$ = Vector de variaciones de ángulos del voltaje de barra.

$\Delta |E|$ = Vector de variaciones de $|E|$.

B' = Matriz formada por las susceptancias de barra; así:

$$B'_{ii} = - B_{ii}$$

$$B'_{ij} = B_{ij}$$

Su dimensión es: $(n-1) \times (n-1)$, donde "n" es el número de barras del sistema.

B'' = Matriz formada por las susceptancias de barra;

así:

$$B''_{ii} = -B_{ii}$$

$$B''_{ij} = B_{ij}$$

Su dimensión es $:(n-1-1) \times (n-1-1)$, donde "1" es el número de barras de voltaje controlado del sistema.

El proceso que se sigue para calcular los voltajes E_{ic} del sistema mediante este método es el siguiente :

- a) Se construye la matriz admitancia de barra. Los elementos de esta matriz son:

$$Y_{pq} = G_{pq} + jB_{pq} \quad ; \quad \begin{array}{l} p=1,2,\dots,n \\ q=1,2,\dots,n \end{array}$$

- b) Se calculan las potencias netas en las barras del sistema. Para esto se usan las siguientes ecuaciones:

$$P_p = |E_p|^2 G_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |E_p| |E_q| [G_{pq} \cos(\delta_p - \delta_q) + B_{pq} \sin(\delta_p - \delta_q)]$$
$$Q_p = -|E_p|^2 B_{pp} + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^n |E_p| |E_q| [G_{pq} \sin(\delta_p - \delta_q) - B_{pq} \cos(\delta_p - \delta_q)]$$

Donde: $p=1,2,\dots,n$. En estas ecuaciones los voltajes de barra tanto en módulo ($|E|$) como en ángulo (δ) son conocidos, ya que tienen un valor inicial o van variando con el proceso.

- c) Se calculan las variaciones de potencia activa y

reactiva. En la barra slack no se calcula ninguna de estas variaciones y en las barras de voltaje controlado solo se calculan las de potencia activa. Así:

$$\Delta P_p = P_p \text{ dato} - P_p \text{ calculada}$$

$$\Delta Q_p = Q_p \text{ dato} - Q_p \text{ calculada}$$

- d) Se comprueba si es que el proceso converge. Para esto se aplica el siguiente criterio:

$$\max(\Delta P_p \text{ y } \Delta Q_p) \leq \epsilon$$

Donde ϵ es un número pequeño que se asume inicialmente. Si este criterio se cumple se va al literal (h), si no se continua.

- e) Con las variaciones de potencia activa y reactiva, y con los voltajes de barra, se calculan las variaciones de ángulo y módulo de dichos voltajes utilizando las ecuaciones (3.7) y (3.8), y un proceso de bifactorización [8].

- f) Con las variaciones de ángulo y módulo se encuentran nuevos voltajes de barra:

$$|E_p| \text{ nuevo} = |E_p| \text{ antiguo} + \Delta |E_p|$$

$$\delta_p \text{ nuevo} = \delta_p \text{ antiguo} + \Delta \delta_p$$

- g) Se repite el proceso del literal (b) al (f) hasta que se llegue a la convergencia.

h) Con las ecuaciones para calcular potencias, dadas en el literal (b), y con los voltajes definitivos, se calcula la potencia activa y reactiva de la barra slack y las potencias reactivas de las barras de voltaje controlado.

i) Se comparan las potencias calculadas en las barras de voltaje controlado con las potencias máximas y mínimas. Si es que no se han excedido los límites, o sea si se cumple:

$$Q_{max} \geq Q_p \geq Q_{min}$$

entonces se termina el proceso; pero si es que la potencia reactiva no cumple con esto se la fija en el límite más cercano al valor calculado y se convierte a esta barra en una de carga, repitiendo después todo el proceso desde el literal (b).

Para calcular los voltajes E_i^1 se deben realizar ciertas modificaciones en el flujo de carga descrito anteriormente; estas son:

a) Las cargas se considerarán como impedancias constantes, por lo tanto se las introduce en la matriz admitancia de barra. Para esto se puede desarrollar una ecuación que parte de la potencia de carga y del voltaje de barra; así:

$$S_i^* = P_i^1 - jQ_i^1 = I_i^1 \cdot E_i^1 \quad (3.9)$$

Pero: $I_i^1 = Y_i^1 E_i^1$

Entonces en la ecuación (3.9):

$$P_{ci} - jQ_{ci} = y_{ci} E_{i0} E_{i0}^*$$

$$P_{ci} - jQ_{ci} = y_{ci} |E_{i0}|^2$$

$$y_{ci} = \frac{P_{ci} - jQ_{ci}}{|E_{i0}|^2} \quad (3.10)$$

La ecuación (3.10) permite calcular la admitancia de carga de secuencia positiva en la barra "i" (y_{ci}^1) basándose en la potencia de carga (P_{ci}^1 y Q_{ci}^1) y en el voltaje de barra inicial (E_{i0}^1). Para introducir esta carga en la matriz Y BARRA de secuencia positiva, solo se suma y_{ci}^1 al elemento Y_{ii} de dicha matriz.

- b) Al introducir la impedancia Z_s en el sistema todos los generadores deben permanecer en sus voltajes anteriores; esto se debe a que para analizar fallas en estado estable de un sistema, es necesario reemplazar a los generadores por una fuente de voltaje constante detrás de la impedancia del generador. Al nodo que se forma entre esta impedancia y la fuente, de ahora en adelante la llamaremos barra de generación. Entonces para calcular los voltajes E_{is} mediante el flujo de carga descrito anteriormente, las barras de generación se comportan como barras slack dentro del algoritmo utilizado, manteniéndose constantes los voltajes en estas barras tanto en módulo como en ángulo.

c) Como los generadores son fuentes de voltaje detrás de la reactancia, no interesa la potencia generada por estos. Por esta razón la prueba de máxima y mínima generación de reactivos no se la hace para el cálculo de los voltajes E_i^1 .

Es importante anotar que, como solo nos interesan los voltajes en las barras, en ninguno de los flujos de carga se calculan las potencias que pasan por los elementos del sistema.

El programa implementado en este trabajo para realizar estos flujos de carga se sacó de la tesis de E. Marmol [9], haciéndole ciertas modificaciones para poder calcular los voltajes de barra con las consideraciones antes descritas.

3.3.- ALGORITMO PARA HALLAR LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA CERO.-

Este algoritmo es diferente al descrito para las secuencias positiva y negativa, ya que la secuencia cero no tiene generación. Tomando en cuenta esta característica especial, se hará un desarrollo del método en los siguientes apartados.

3.3.1.- Deducción de las Ecuaciones Básicas [10].-

Al equivalente Thevenin del circuito de secuencia cero

se le puede colocar en la barra "p" una impedancia Z_f , para poder simular una falla. Como este circuito no tiene generación, es necesario aumentar una fuente de voltaje E_r que permita calcular los voltajes de barra del sistema durante la falla. Debido a las características del circuito esta fuente se le coloca en serie con Z_f (Fig.3.2).

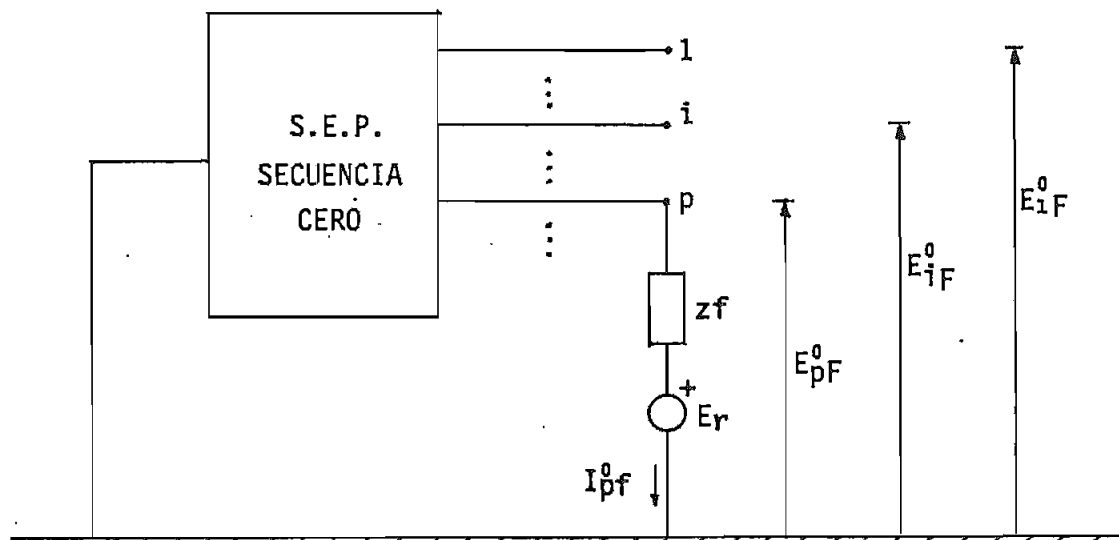


Figura 3.2

En este sistema se cumplen las siguientes ecuaciones:

$$E_{pf}^0 = I_{pf}^0 Z_f + E_r \quad (3.11)$$

$$E^0 \text{ BARRA} f = E^0 \text{ BARRA} 0 - Z^0 \text{ BARRA} I^0 \text{ BARRA} f \quad (3.12)$$

Donde: E_{pf}^0 = Voltaje de secuencia cero en la barra "p" durante la falla.

I_{pf}^0 = Corriente de secuencia cero en la barra "p" durante la falla.

$E^0 \text{ BARRA} f$ = Voltajes de barra de secuencia cero durante la falla.

$E^0 \text{ BARRA} 0$ = Voltajes de barra de secuencia cero antes de la falla. Todos estos voltajes son cero ya que no existe

generación en el sistema antes de la falla.

Z^0 BARRA = Matriz impedancia de barra de secuencia cero.

I^0 BARRAf = Corrientes de barra de secuencia cero durante la falla. Estas corrientes son cero excepto la de la barra "p", ya que las barras se encuentran abiertas.

Desarrollando la ecuación (3.12) y haciendo los productos matriciales se tiene que para una barra cualquiera "i":

$$E_{if}^0 = -Z_{ip}^0 I_{pf}^0 ; i = 1, 2, \dots, p, \dots, n \quad (3.13)$$

Despejando I_{pf}^0 de (3.11) y reemplazando en (3.13):

$$E_{if}^0 = -Z_{ip}^0 (E_{pf}^0 - E_r) / Z_f ; i = 1, 2, \dots, p, \dots, n \quad (3.14)$$

Despejando Z_{ip}^0 de la ecuación (3.14):

$$Z_{ip}^0 = Z_f E_{if}^0 / (E_r - E_{pf}^0) ; i = 1, 2, \dots, p, \dots, n \quad (3.15)$$

La Ecuación (3.15) se cumple para cualquier valor de Z_f , por lo tanto consideremos que escogemos un valor de impedancia cualquiera Z_s , en este caso (3.15) se convierte en:

$$Z_{ip}^0 = Z_s E_{is}^0 / (E_r - E_{ps}^0) ; i = 1, 2, \dots, p, \dots, n \quad (3.16)$$

Donde: E_{is}^0 = Voltaje de secuencia cero en la barra "i" cuando existe una impedancia cualquiera Z_s en la barra "p".

E_{ps}^0 = Voltaje de secuencia cero en la barra "p" cuando existe una impedancia cualquiera Z_s en esta barra.

En la ecuación (3.16) los voltajes E_{is}^0 se calculan mediante un flujo de carga. En este flujo de carga la

única barra de generación, que es "p", es la barra slack, por lo tanto:

$$E_{ps}^0 = 1 \angle 0^\circ \text{ p.u.}$$

Por otro lado como Z_s puede ser cualquiera, la fuente E_r puede tomar cualquier valor; el valor que nosotros escogemos es : $E_r = 2 E_{ps}^0$. Si reemplazamos estas dos últimas igualdades en (3.16) se tiene:

$$Z_{ip}^0 = Z_s E_{is}^0 ; i = 1, 2, \dots, p, \dots, n \quad (3.17)$$

Para : $i = p$, en (3.17) da:

$$Z_{pp}^0 = Z_s \quad (3.18)$$

Entonces substituyendo (3.18) en (3.17):

$$Z_{ip}^0 = Z_{pp}^0 E_{is}^0 ; i=1, 2, \dots, n \quad (3.19)$$

$i \neq p$

La potencia neta en la barra "p" es:

$$P_p^0 - jQ_p^0 = E_{ps}^0 * [-I_{ps}^0] \quad (3.20)$$

Pero se sabe de (3.11) que : $I_{ps}^0 = (E_{ps}^0 - E_r) / Z_s \quad (3.21)$

Como se asumió que: $E_r = 2E_{ps}^0 \quad (3.22)$

Reemplazando (3.21) y (3.22) en (3.20) da:

$$P_p^0 - jQ_p^0 = E_{ps}^0 * E_{ps}^0 / Z_s$$

Despejando Z_s de esta ecuación y considerando que; $E_{ps}^0 = 1 \angle 0^\circ$ p.u., se tiene:

$$Z_s = 1 / (P_p^0 - jQ_p^0) \quad (3.23)$$

De las ecuaciones (3.18) y (3.23) se obtiene:

$$Z_{pp}^0 = 1 / (P_p^0 - jQ_p^0) \quad (3.24)$$

Por otro lado se sabe que matricialmete: $I \text{ BARRA} = Y \text{ BARRA} E \text{ BARRA}$, obteniéndose de aquí que :

$$-I_{ps}^0 = \sum_{j=1}^n Y_{pj}^0 E_{js}^0 \quad (3.25)$$

Donde: n = Número de barras del sistema de secuencia cero.

Y_{pj}^0 = Elemento "pj" de la matriz admitancia de barra de secuencia cero.

Reemplazando (3.25) en (3.20):

$$F_p^0 - jG_p^0 = E_{ps}^{*0} \sum_{j=1}^n Y_{pj}^0 E_{js}^0 \quad (3.26)$$

Si se substituye (3.26) en (3.24) y se toma en cuenta que $E_{ps}^0 = 1 \angle 0^\circ$ p.u.; entonces:

$$Z_{pp}^0 = 1 / \sum_{j=1}^n Y_{pj}^0 E_{js}^0 \quad (3.27)$$

Como se puede apreciar las ecuaciones (3.27) y (3.19) permiten calcular la columna "p" de la matriz impedancia de barra de secuencia cero, basándose en los voltajes de barra del circuito y en la matriz admitancia de barra. El cálculo de los voltajes se lo hace mediante un flujo de carga simplificado.

3.3.2.- Flujo de Carga para Determinar los Voltajes E_{is}^0 .-

Debido a que en el circuito de secuencia cero solo se tiene una generación en la barra "p", se puede usar un flujo de carga que utilice el método de Gauss-Seidel [11] ya que este permitirá hacer ciertas simplificaciones que faciliten el cálculo de los voltajes E_{is}^0 .

Partiendo de la definición de potencia neta en una barra "i":

$$P_i^0 - jQ_i^0 = E_{is}^{*0} \sum_{j=1}^n Y_{ij}^0 E_{js}^0 ; i=1,2,\dots,n \quad (3.28)$$

donde: P_i^0 = Potencia activa neta en la barra "i".

Q_i^0 = Potencia reactiva neta en la barra "i".

Y_{ij} = Admitancia de barra "ij".

Si se desgloza el sumatorio en la ecuación (3.26), se tiene que:

$$P_i^0 - jQ_i^0 = E_{is}^0 \left(Y_{ii}^0 E_{is}^0 + \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}^0 E_{js}^0 + \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}^0 E_{js}^0 \right); \quad i=1, \dots, n$$

Despejando de esta ecuación E_{is} :

$$E_{is}^0 = (P_i^0 - jQ_i^0) / Y_{ii}^0 E_{is}^0 - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}^0 E_{js}^0 / Y_{ii}^0 - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}^0 E_{js}^0 / Y_{ii}^0; \quad i=1, 2, \dots, n \quad (3.27)$$

Se conoce que en el circuito de secuencia cero solo se tiene generación en la barra slack "p" y también se sabe que en este circuito no existen cargas, ya que estas son balanceadas por lo que no tienen componente de secuencia cero; por estas razones las potencias netas de todas las barras son cero, excepto en la barra slack. Así la ecuación (3.29) se reduce a:

$$E_{is}^0 = - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}^0 E_{js}^0 / Y_{ii}^0 - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}^0 E_{js}^0 / Y_{ii}^0; \quad i=1, \dots, n \quad (3.30) \\ i \neq p$$

En la ecuación (3.30) se aplica el criterio iterativo de Gauss-Seidel para una iteración "k", obteniéndose:

$$E_{is}^{(k)} = - \sum_{j=1}^{i-1} Y_{ij}^0 E_{js}^{(k)} / Y_{ii}^0 - \sum_{j=i+1}^n Y_{ij}^0 E_{js}^{(k-1)} / Y_{ii}^0; \quad i=1, \dots, n \quad (3.31) \\ i \neq p$$

Como esta ecuación es lineal, la convergencia se logra rápidamente.

El criterio de convergencia que se utilizará es el siguiente:

$$\max_i |E_{is}^{(k)} - E_{is}^{(k-1)}| \leq \epsilon$$

Con este criterio y la ecuación (3.31) se llega a determinar los voltajes E_{is}^0 , que permiten calcular las impedancias de

barra de secuencia cero.

3.4.- FORMACION DE LA MATRIZ ADMITANCIA DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA Y SECUENCIA CERO PARA LOS FLUJOS DE CARGA.-

Los acoples mutuos de los circuitos secuenciales, especialmente los de secuencia cero, hay que introducirlos en las impedancias de barra y la mejor manera de hacerlo es colocándolos en las matrices admitancia de barra de las secuencias, ya que de esta manera se puede reflejar los acoplamientos en los voltajes de barra, a través de los flujos de carga, y estos a su vez introducirán dichos acoples en las impedancias.

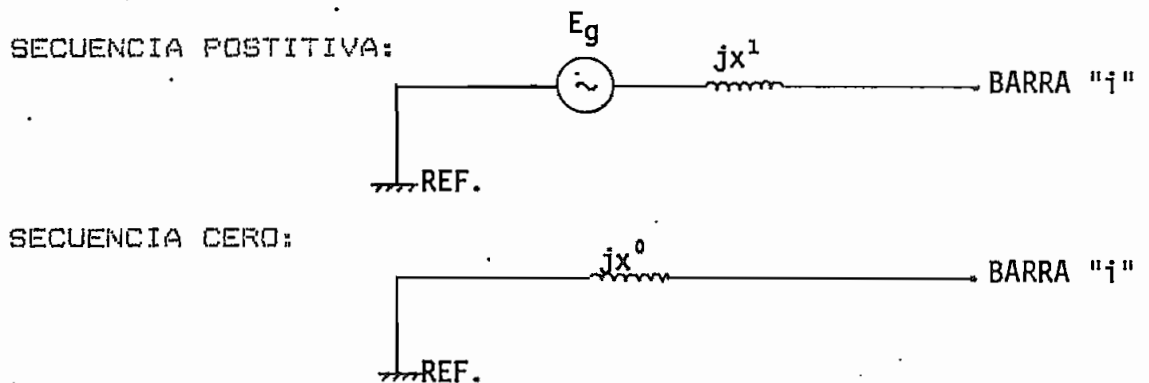
El método a seguirse para construir la matriz admitancia de barra de cualquiera de las secuencias fue desarrollado por F. Alvarado [12] y consta de dos partes:

- a) Se arma la matriz sin considerar los elementos con acoples mutuos, para lo que se usa el algoritmo clásico informal.
- b) Se introducen los elementos con acoplamientos basándose en el concepto de la matriz admitancia de barra primitiva y en la interconexión de redes.

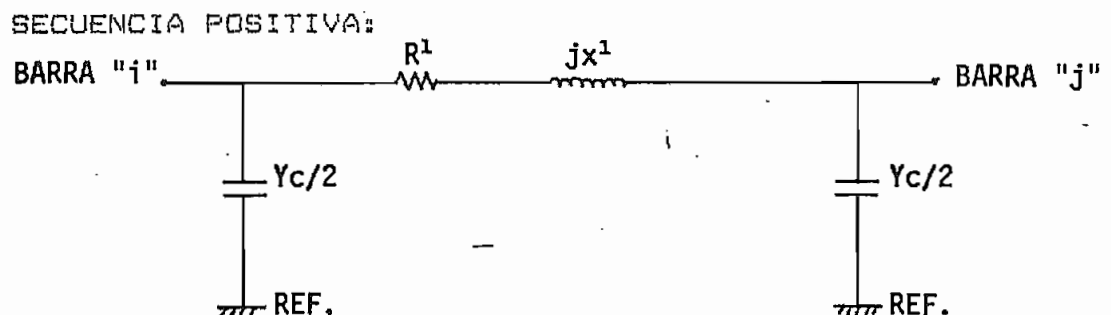
3.4.1.- Representación de los Elementos del Sistema.-

Para poder hallar la matriz Y BARRA de cada secuencia, es necesario representar cada uno de los elementos del S.E.P. en sus respectivas secuencias.

3.4.1.1.- Generadores: En secuencia positiva a estos se los representa como una fuente de voltaje detrás de una reactancia. En secuencia cero solo se los representa como un reactancia. Así:



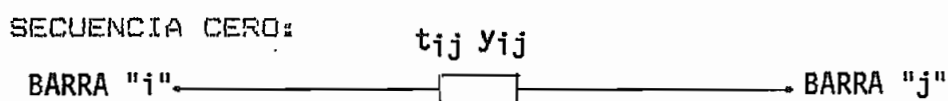
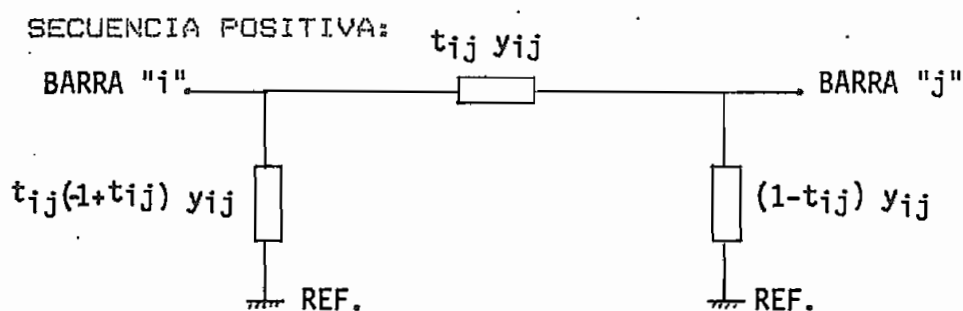
3.4.1.2.- Líneas de Transmisión: En secuencia positiva se las representa por una impedancia serie y dos susceptancias capacitivas shunt en sus extremos. En secuencia cero solo se las representa como una impedancia serie, esto se debe a que el sistema es balanceado por lo que las capacitancias que van a tierra no significan nada en esta secuencia. Así:



SECUENCIA CERO:



3.4.1.3.- Transformadores: Para secuencia positiva la representación de estos elementos con taps se la hace mediante el equivalente [13]. Para secuencia cero como el sistema es balanceado, solo se representa por la impedancia serie de dicho equivalente. Así:



Donde: $t_{ij} = \frac{\text{Tap en "j" del transformador } (t_j)}{\text{Tap en "i" del transformador } (t_i)}$

$y_{ij} = \text{Admitancia del transformador.}$

3.4.1.4.- Capacitores y Reactores: Estos elementos existen solo en secuencia positiva y no en secuencia cero, ya que el sistema es balanceado. Tanto capacitores como reactores se los conecta

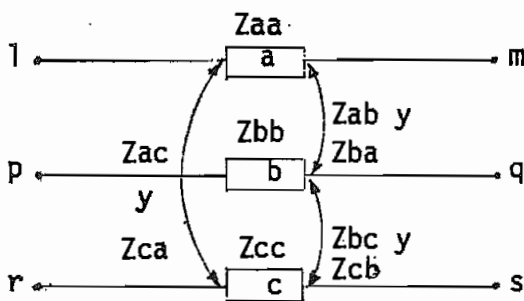
entre una barra y la referencia, y vienen en MVA, por lo tanto la admitancia se calcula:

$$y = \frac{MVA}{V^2}$$

Esto es fácil de demostrar si se considera que el módulo del voltaje de la barra a la que está conectado el capacitor o reactor, es aproximadamente: 1 p.u..

3.4.2.- Algoritmo de Formación de la Matriz Admitancia de Barra Considerando Acoples Mutos [14].-

Este algoritmo se basa en la matriz impedancia de barra primitiva de los elementos con acoples mutos. Esta matriz para un grupo de 3 elementos acoplados (Fig.3.3) se deduce a continuación:



$$[z] = \begin{bmatrix} z_{aa} & z_{ab} & z_{ac} \\ z_{ba} & z_{bb} & z_{bc} \\ z_{ca} & z_{cb} & z_{cc} \end{bmatrix}$$

$$[y] = [z]^{-1} = \begin{bmatrix} y_{aa} & y_{ab} & y_{ac} \\ y_{ba} & y_{bb} & y_{bc} \\ y_{ca} & y_{cb} & y_{cc} \end{bmatrix}$$

Figura 3.3

Donde: $[z]$ = Matriz impedancia primitiva de los elementos acoplados.

$[y]$ = Matriz admitancia primitiva de los elementos acoplados.

Si aplicamos el algoritmo informal de formación de la matriz admitancia de barra, que dice:

$$Y_{ii} = \sum_k y_{ik} ; i=1,2,\dots,n \quad (3.32)$$

$$Y_{ij} = -y_{ij} ; j=1,2,\dots,n \quad (3.33)$$

Donde: i = Barra i del sistema.

j = Barra j del sistema.

k = Barras a las cuales están conectados los elementos que llegan a la barra " i ".

Y_{ii} = Elemento de la diagonal principal de la matriz Y BARRA.

Y_{ij} = Elemento fuera de la diagonal principal de la matriz Y BARRA.

Se obtiene la matriz admitancia de barra primitiva, que es:

	l	p	r	m	q	s		
Y BARRA PRIMIT. =	l	yaa	yab	yac	-yaa	-yab	-yac	
					-yba	-ybb	-ybc	
	p	yba	ybb	ybc	-yca	-ycb	-ycc	
					yaa	yab	yac	(3.34)
	r	yca	ycb	ycc	yba	ybb	ybc	
					yca	ycb	ycc	
	m	-yaa	-yab	-yac				
	q	-yba	-ybb	-ybc				
	s	-yca	-ycb	-ycc				

Donde: l, m = Barras del sistema a las que está conectado el primer elemento acoplado.

p, q = Barras del sistema a las que está conectado el segundo elemento acoplado.

r, s = Barras del sistema a las que está conectado el tercer elemento acoplado.

Las barras iniciales (l, p, r) o las barras finales (m, q, s) pueden ser iguales, todo depende del sistema. La matriz (3.34) se puede expresar en forma de submatrices de la siguiente manera:

$$Y \text{ BARRA PRIMIT.} = \begin{bmatrix} [y] & -[y] \\ -[y] & [y] \end{bmatrix}$$

Este proceso es aplicable para cualquier número de elementos acoplados.

Con todo lo dicho anteriormente el proceso de construcción de la matriz admitancia de barra es:

- a) Se sacan los elementos acoplados del sistema y se construye la matriz Y BARRA aplicando las ecuaciones (3.32) y (3.33).
- b) Se halla la matriz admitancia de barra primitiva para un grupo de elementos acoplados entre sí, para lo cual se usa el proceso descrito anteriormente.
- c) Se unen las matrices Y BARRA y Y BARRA PRIMITIVA contruida en el literal (b), obteniéndose una nueva matriz, para esto aplicamos la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} \text{ nuevo} = Y_{ij} \text{ antiguo} + Y_{ij} \text{ primitiva}$$

Donde: i, j = barras del sistema con el grupo de elementos acoplados incluidos en él.

$Y_{ij} \text{ nuevo}$ = Elemento de la matriz admitancia de barra del sistema que contiene el grupo de elementos acoplados.

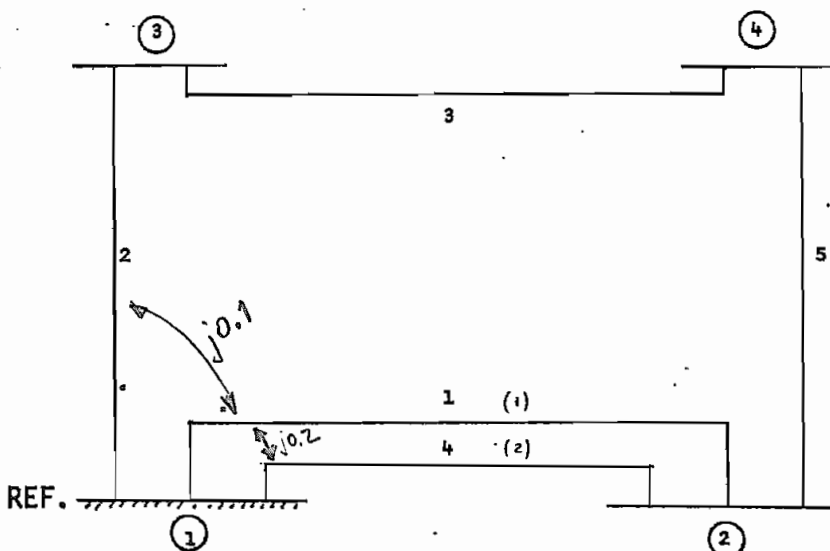
$Y_{ij} \text{ antiguo}$ = Elemento de la matriz admitancia de barra del sistema

sin el grupo de elementos acoplados. Si las barras "i" y/o "j" no pertenecen al sistema, Y_{ij} antiguo vale cero.

Y_{ij} primitiva = Elemento de la matriz admitancia de barra primitiva del grupo de elementos acoplados. Si las barras "i" y/o "j" no pertenecen al grupo de elementos, Y_{ij} primitiva vale cero.

- d) Para cada grupo de elementos acoplados entre si se repite los numerales (b) y (c). Cuando ya se ha considerado todos los grupos entonces se obtiene la matriz admitancia de barra del sistema completo.

El siguiente ejemplo [15] aclarará el procedimiento:



Elemento	Propios		Mutuos	
	P-Q	z	P-Q	z
1	1-2(1)	j0.6		
4	1-2(2)	j0.4	1-2(1)	j0.2
2	1-3	j0.5	1-2(2)	j0.1
3	3-4	j0.5		
5	2-4	j0.2		

Aplicando el algoritmo informal construimos la matriz Y BARRA sin tomar en cuenta los elementos acoplados:

$$Y \text{ BARRA} = \begin{array}{c} \textcircled{2} \quad \textcircled{3} \quad \textcircled{4} \\ \textcircled{2} \left| \begin{array}{ccc} -j5 & 0 & j5 \\ 0 & -j2 & j2 \\ j5 & j2 & -j7 \end{array} \right. \end{array}$$

La matriz Y BARRA primitiva de los elementos acoplados (1, 2 y 4) es:

$$[z] = j \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} & 1 & 2 & 4 \\ \hline 1 & 0.6 & 0.1 & 0.2 \\ 2 & 0.1 & 0.5 & 0 \\ 4 & 0.2 & 0 & 0.4 \end{array} \end{array}$$

$$[y] = [z]^{-1} = j \begin{array}{c} \begin{array}{ccc} & 1 & 2 & 4 \\ \hline 1 & -2.08 & 0.42 & 1.04 \\ 2 & 0.42 & -2.08 & -0.21 \\ 4 & 1.04 & -0.21 & -3.02 \end{array} \end{array}$$

Entonces:

	①	①	①	②	③	②
①	-2.08	0.42	1.04	2.08	-0.42	-1.04
①	0.42	-2.08	-0.21	-0.42	2.08	0.21
①	1.04	-0.21	-3.02	-1.04	0.21	3.02
②	2.08	-0.42	-1.04	-2.08	0.42	1.04
③	-0.42	2.08	0.21	0.42	-2.08	-0.21
②	-1.04	0.21	3.02	1.04	-0.21	-3.02

YBARRA PRIM. = j

Por lo tanto la matriz admitancia de barra final es:

$$Y_{22} \text{ nueva} = Y_{22} \text{ antigua} + Y_{22} \text{ prim.}$$

$$Y_{22} \text{ nueva} = -j5 + (-j2.08 - j3.02 + j1.04 + j1.04) = -j8.02$$

$$Y_{24} \text{ nueva} = Y_{24} \text{ antigua} + Y_{24} \text{ prim.} = j5$$

Así se continúa para todos los elementos de Y BARRA final, obteniéndose:

	②	③	④
②	-8.02	0.21	5
③	0.21	-4.08	2
④	5	2	-7

Y BARRA FINAL = j

2B =

0.000	0.023	0.057
0.023	-0.041	0.045
0.057	0.045	0.045

3.4.3.- Almacenamiento de la Matriz Admitancia como Vector.-

Como la matriz admitancia de barra es porosa, se la puede almacenar en forma de un vector para ahorrar memoria. A continuación describiremos mediante un ejemplo, una manera de guardar a esta matriz en el computador sacada de la tesis de Marmol [16]:

$$Y \text{ BARRA} = \begin{bmatrix} G_{11} + jB_{11} & 0 & G_{13} + jB_{13} & G_{14} + jB_{14} \\ 0 & G_{22} + jB_{22} & G_{32} + jB_{32} & 0 \\ G_{31} + jB_{13} & G_{32} + jB_{32} & G_{33} + jB_{33} & 0 \\ G_{41} + jB_{41} & 0 & 0 & G_{44} + jB_{44} \end{bmatrix}$$

G(1)=G₁₁ B(1)=B₁₁ ISEND(1)=1 IREC(1)=1
 G(2)=G₁₃ B(2)=B₁₃ ISEND(2)=1 IREC(2)=3 NBUS(1)=3
 G(3)=G₁₄ B(3)=B₁₄ ISEND(3)=1 IREC(3)=4
 G(4)=G₂₂ B(4)=B₂₂ ISEND(4)=2 IREC(4)=2
 G(5)=G₂₃ B(5)=B₂₃ ISEND(5)=2 IREC(5)=3 NBUS(2)=2
 G(6)=G₃₁ B(6)=B₃₁ ISEND(6)=3 IREC(6)=1
 G(7)=G₃₂ B(7)=B₃₂ ISEND(7)=3 IREC(7)=2 NBUS(3)=3
 G(8)=G₃₃ B(8)=B₃₃ ISEND(8)=3 IREC(8)=3
 G(9)=G₄₁ B(9)=B₄₁ ISEND(9)=4 IREC(9)=1
 G(10)=G₄₄ B(10)=B₄₄ ISEND(10)=4 IREC(10)=4 NBUS(4)=2

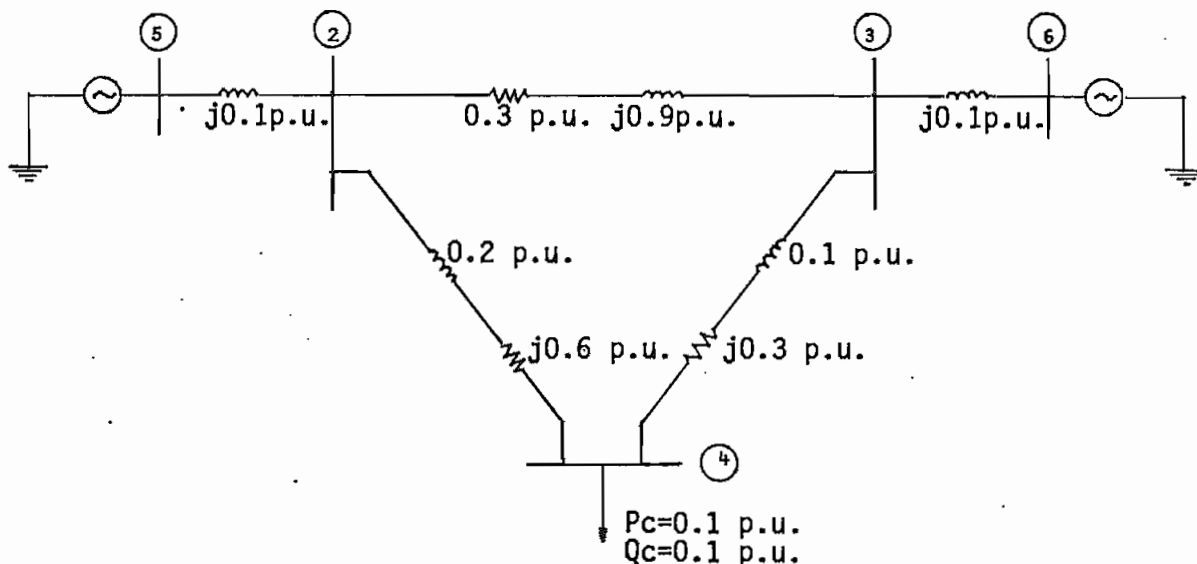
Donde: ISEND() = Indicador de posición de fila de G() y de B().

 IREC() = Indicador de posición de columna de G() y de B().

 NBUS() = Número de elementos por fila de la matriz Y BARRA.

3.5.- DETERMINACION DEL VALOR OPTIMO DE LA IMPEDANCIA Z_s.-

Como ya se dijo anteriormente el valor de la impedancia Z_s puede ser cualquiera, pero se debe buscar uno que sea óptimo para poder calcular la impedancia de barra de secuencia positiva en el menor tiempo posible y con la mayor precisión. Para esto se utiliza el siguiente sistema:



Se corre un flujo de Newton-Raphson desacoplado rápido, obteniéndose los siguientes voltajes de barra (con la barra 5 slack):

$$E_{20}^1 = 0.99728 - j0.01022$$

$$E_{30}^1 = 0.99096 - j0.04276$$

$$E_{40}^1 = 0.96500 - j0.04448$$

$$E_{50}^1 = 1$$

$$E_{60}^1 = 0.99907 - j0.04311$$

Con estos voltajes se puede calcular la impedancia de carga:

$$z_c = |E_{40}^1|^2 / (P_c - jQ_c)$$

$$z_c = 4.66597 + j4.66597$$

Con esta impedancia y aplicando el algoritmo clásico de construcción se puede obtener la siguiente matriz impedancia de barra:

	②	③	④
②	.00353 + j.08525	-.00313 + j.01436	-.00037 + j.03694
③	-.00313 + j.01436	.00374 + j.08498	.00224 + j.05970
④	-.00037 + j.03694	.00224 + j.05970	.06954 + j.24414

Aplicando el nuevo algoritmo para construir la matriz Z

Zs	Z BARRA	BARRA i = 2		BARRA i = 3		BARRA i = 4	
[P.U.]	ij	# ITERAC.	Z BARRA [P.U.]	# ITERAC.	Z BARRA [P.U.]	# ITERAC.	Z BARRA [P.U.]
j0.01	Z i		0.00274+j0.03528		-0.00305+j0.01435		-0.00037+j0.03694
	Z i	12	-0.00325+j0.01433	3	0.00344+j0.06498	162.5	0.00224+j0.05970
	Z i		-0.00068+j0.03692		0.00261+j0.05954		0.06953+j0.24414
j0.05	Z i		0.00335+j0.03528		-0.00309+j0.01435		-0.00037+j0.03694
	Z i	7	-0.00315+j0.01435	3	0.00372+j0.06498	42	0.00224+j0.05970
	Z i		-0.00042+j0.03693		0.00235+j0.05965		0.06953+j0.24414
j0.1	Z i		0.00347+j0.03525		-0.00311+j0.01435		-0.00037+j0.03694
	Z i	6	-0.00313+j0.01436	3	0.00373+j0.06498	18	0.00220+j0.05970
	Z i		-0.00038+j0.03693		0.00228+j0.05968		0.06932-j0.24420
j0.2	Z i		0.00352+j0.03525		-0.00312+j0.01435		-0.00038+j0.03694
	Z i	5.5	-0.00313+j0.01436	3	0.00374+j0.06498	12	0.00223+j0.05970
	Z i		-0.00037+j0.03694		0.00225+j0.05969		0.06944-j0.24416
j0.5	Z i		0.00353+j0.03525		-0.00313+j0.01436		-0.00037+j0.03694
	Z i	4	-0.00313+j0.01436	3	0.00374+j0.06498	8	0.00224+j0.05970
	Z i		-0.00037+j0.03693		0.00225+j0.05969		0.06953+j0.24415
j1	Z i		0.00353+j0.03525		-0.00313+j0.01436		-0.00037+j0.03694
	Z i	3.5	-0.00313+j0.01436	3	0.00374+j0.06498	5.5	0.00224+j0.05970
	Z i		-0.00037+j0.03694		0.00223+j0.05967		0.06953+j0.24415
j2	Z i		0.00352+j0.03525		-0.00313+j0.01437		-0.00037+j0.03695
	Z i	3	-0.00313+j0.01436	3	0.00374+j0.06498	4	0.00224+j0.05970
	Z i		-0.00046+j0.03695		0.00218+j0.05970		0.06952+j0.24413
j5	Z i		0.00353+j0.03526		-0.00313+j0.01438		-0.00037+j0.03696
	Z i	3	-0.00313+j0.01436	3	0.00374+j0.06499	3	0.00224+j0.05970
	Z i		-0.00064+j0.03697		0.00200+j0.05974		0.06947-j0.24414
j10	Z i		0.00353+j0.03528		-0.00313+j0.01440		-0.00037+j0.03698
	Z i	3.5	-0.00313+j0.01437	3.5	0.00374+j0.06500	3.5	0.00224+j0.05970
	Z i		-0.00036+j0.03704		0.00225+j0.05981		0.06954-j0.24424
j50	Z i		0.00353+j0.03541		-0.00314+j0.01455		-0.00038+j0.03716
	Z i	3.5	-0.00314+j0.01440	4	0.00373+j0.06511	3.5	0.00223+j0.05980
	Z i		-0.00027+j0.03752		0.00232+j0.05925		0.06967+j0.24501

De este cuadro y de la matriz Z BARRA construida por el algoritmo clásico, se puede ver que el valor más adecuado de Z_s es:

$$Z_s = j2 \text{ [p.u.]}$$

Ya que se obtiene el menor número de iteraciones con un error bajo. Este mismo valor se obtuvo en el análisis hecho a otros dos sistemas y es también el obtenido por Proulx y Crevier [17]. Probablemente en otros casos el valor de Z_s óptimo no se exactamente el de $j2$ [P.U.], pero esto no influye mayormente en el resultado final.

Es importante anotar ciertos criterios adicionales que permiten calcular con mayor precisión y rapidez la matriz Z BARRA y que se han ido estructurando através de varias pruebas realizadas, estos son:

- a) El valor de ϵ , utilizado en la convergencia, debe ser menor o al menos igual a 0.0001, ya que con valores mayores los errores en las impedancias de barra se hacen muy grandes.
- b) El valor de Z_s se lo ha escogido solo como reactancia debido a que sino se tienen problemas con la convergencia en el flujo de carga.
- c) Proulx y Crevier en su artículo [18] plantean que es mejor aplicar el criterio de convergencia en los elementos de la matriz Z BARRA que en los voltajes,

sin embargo al realizar varias pruebas se ha podido demostrar que esto no es correcto. Por esta razón se mantiene el criterio de convergencia en los voltajes.

3.6.- CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA LOS ELEMENTOS CON ACOPLAMIENTOS MUTUOS.-

Como ya se explicó en el capítulo anterior (numeral 2.6) es importante tener cuidado en la definición de los nodos "p" y "q" de los elementos acoplados, porque si no los resultados que se obtienen no son los esperados.

REFERENCIAS DEL CAPITULO III.-

- [1] R. Proulx, D. Crevier, "New Interactive Short-Circuit Calculation Algorithm", IEE PAS -101, pp. 2681-2685, 8, 1982.
- [2] B. Stott, O. Alsac, "Fast Decoupled Load Flow", IEE PAS-93, pp. 859-869, 3, 1974.
- [3] E. Märmol, Estudios de Flujos de Carga Mediante los Métodos de Newton-Raphson, Tesis de grado EPN, Junio 1983, pp 37-44.
- [4] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, Computer Methods in Power System Analysis, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A. 1968, pp. 261-265.
- [5] F. L. Alvarado, "Formation of Y-Node Using the Primitive Y-Node Concept", IEE PAS-101, pp. 4563-4571, 12, 1982.
- [6] R. Proulx, D. Crevier, art.cit.,p. 2681.
- [7] B. Stott, O. Alsac, art.cit., pp. 859-860.
- [8] K. Kollenkopf, "Bi-Factorisation, Basic Computational Algorithm and Programming Techniques", Large Sparse

Sets of Linear Equations, Academic Press, U.S.A.,
1971, pp. 75-96.

[9] E. Märmol, op.cit..

[10] R. Proulx, D. Crevier, art.cit., p. 2682.

[11] G. W. Stagg, A. H. El Abiad, op. cit., pp. 261-265.

[12] F. L. Alvarado, art.cit..

[13] H. E. Brown, Solution of Large Networks by Matrix
Methods, John Wiley & Sons, U.S.A., 1975, p. 166.

[14] F. L. Alvarado, art.cit..

[15] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, op.cit., p. 93.

[16] E. Märmol, op.cit., p. 31.

[17] R. Proulx, D. Crevier, art.cit., p. 2682.

[18] Ibid.

CAPITULO IV.- VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

4.1.- ECUACIONES DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE FALLA EN FORMA MATRICIAL.-

La deducción de estas ecuaciones se la puede encontrar en el libro de Stagg y El-Abiad [1], por lo tanto no se hará más que plantear y explicar la utilidad de cada una de ellas. Sin embargo es importante anotar que estas ecuaciones se deducen a partir del equivalente Thevenin del S.E.P..

Todas las ecuaciones que se enunciarán se basan en la matriz impedancia de barra.

4.1.1.- Ecuaciones de Fase [2].-

Si suponemos que se producen un cortocircuito en una barra "p" se tiene que:

$$E_{pf}^{abc} = (U + Z_{pp}^{abc} Y_f^{abc})^{-1} E_{po}^{abc} \quad (4.1)$$

$$E_{if}^{abc} = E_{io}^{abc} - Z_{ip}^{abc} I_{pf}^{abc}; \quad i=1, \dots, n \quad (4.2)$$

$i \neq p$

$$I_{pf}^{abc} = Y_f^{abc} E_{pf}^{abc} \quad (4.3)$$

$$I_{ij}^{abc} = y_{ij}^{abc} (E_{if}^{abc} - E_{jf}^{abc}) \quad (4.4)$$

Donde: E_{pf}^{abc} = Voltajes de fase en la barra "p" durante la falla.

U = Matriz unitaria 3x3.

Z_{pp}^{abc} = Impedancia propia de fase de la barra "p".

Y_f^{abc} = Impedancia de falla de las fases en la barra "p".

E_{po}^{abc} = Voltajes de fase en la barra "p" antes de la falla.

E_{if}^{abc} = Voltajes de fase en la barra "i" durante la falla.

E_{io}^{abc} = Voltajes de fase en la barra "i" antes de la falla.

Z_{ip}^{abc} = Impedancia de fase entre las barra "i" y "p".

I_{pf}^{abc} = Corrientes de fase que circulan por la barra "p" durante la falla.

I_{ij}^{abc} = Corrientes de fase que circulan por el elemento conectado entre las barras "i" y "j".

$Y_{ij,po}^{abc}$ = Vector formado por las admitancias de fase de los acoples entre los elementos "pg" y el elemento "ij", y por la admitancia de fase propia de dicho elemento, "g" representa a todas las barras iniciales de los elementos acoplados con el elemento "ij", y "σ" representa las barras finales.

E_{pf}^{abc} = Vector formado por los voltajes de fase en las barras "p" en la falla.

$\mathbf{E}_{\sigma}^{abc}$ = Vector formado por los voltajes de fase en las barras " σ " en la falla.

Desglozando todas las matrices de las ecuaciones (4.1), (4.2), (4.3) y (4.4) se tiene:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{E}_{pf}^{abc} &= \begin{bmatrix} E_{pf}^a \\ E_{pf}^b \\ E_{pf}^c \end{bmatrix} & \mathbf{E}_{\sigma}^{abc} &= \begin{bmatrix} E_{\sigma}^a \\ E_{\sigma}^b \\ E_{\sigma}^c \end{bmatrix} \\
 \mathbf{E}_{if}^{abc} &= \begin{bmatrix} E_{if}^a \\ E_{if}^b \\ E_{if}^c \end{bmatrix} & \mathbf{E}_{i\sigma}^{abc} &= \begin{bmatrix} E_{i\sigma}^a \\ E_{i\sigma}^b \\ E_{i\sigma}^c \end{bmatrix} \\
 \mathbf{Z}_{pp}^{abc} &= \begin{bmatrix} Z_{pp}^{aa} & Z_{pp}^{ab} & Z_{pp}^{ac} \\ Z_{pp}^{ba} & Z_{pp}^{bb} & Z_{pp}^{bc} \\ Z_{pp}^{ca} & Z_{pp}^{cb} & Z_{pp}^{cc} \end{bmatrix} & \mathbf{Z}_{ip}^{abc} &= \begin{bmatrix} Z_{ip}^{aa} & Z_{ip}^{ab} & Z_{ip}^{ac} \\ Z_{ip}^{ba} & Z_{ip}^{bb} & Z_{ip}^{bc} \\ Z_{ip}^{ca} & Z_{ip}^{cb} & Z_{ip}^{cc} \end{bmatrix} \\
 \mathbf{I}_{pf}^{abc} &= \begin{bmatrix} I_{pf}^a \\ I_{pf}^b \\ I_{pf}^c \end{bmatrix} & \mathbf{U} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 \mathbf{I}_{ij}^{abc} &= \begin{bmatrix} I_{ij}^a \\ I_{ij}^b \\ I_{ij}^c \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

Si p y σ varían de la siguiente manera: $p=r, \dots, i, \dots, l$

$$\sigma=s, \dots, j, \dots, m$$

entonces:

$$\mathbf{Y}_{ij, \rho\sigma}^{abc} = \begin{bmatrix} y_{ij,rs}^{abc} \\ \dots^{abc} \\ y_{ij,tj}^{abc} \\ \dots^{abc} \\ y_{ij,lm}^{abc} \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_{\rho}^{abc} = \begin{bmatrix} E_{rf}^{abc} \\ \dots^{abc} \\ E_{if}^{abc} \\ \dots^{abc} \\ E_{lf}^{abc} \end{bmatrix} \quad \mathbf{E}_{\sigma}^{abc} = \begin{bmatrix} E_{sf}^{abc} \\ \dots^{abc} \\ E_{jf}^{abc} \\ \dots^{abc} \\ E_{mf}^{abc} \end{bmatrix}$$

La matriz \mathbf{Y}_f^{abc} depende del tipo de falla, por esa razón se la estudiará detalladamente más adelante.

Las ecuaciones (4.1), (4.2), (4.3) y (4.4), no se las utiliza para determinar directamente los voltajes y corrientes de fase por la dificultad que esto implica, pero son las que permiten encontrar ecuaciones de fácil aplicación.

4.1.2.- Ecuaciones de Secuencia [3].-

En sistemas balanceados, que es el caso real, se puede pasar todo el sistema de fases a uno de secuencias, logrando así simplificar cualquier estudio que se desee realizar en este. Esto se logra utilizando la matriz de transformación a componentes simétricas (secuencias) T_s , que se define como:

$$T_s = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad \begin{aligned} a &= 1 \angle 120^\circ \\ a^2 &= 1 \angle -120^\circ \end{aligned}$$

Mediante esta matriz y considerando que: 0 = secuencia cero, 1 = secuencia positiva y 2 = secuencia negativa. Las ecuaciones de fase se convierten en:

$$E_{pf}^{012} = (U + Z_{pp}^{012} Y_f^{012})^{-1} E_{po}^{012} \quad (4.5)$$

$$E_{if}^{012} = E_{io}^{012} - Z_{ip}^{012} I_{pf}^{012}; \quad i=1, \dots, n \quad (4.6)$$

$$I_{pf}^{012} = Y_f^{012} E_{pf}^{012} \quad (4.7)$$

$$I_{ij}^{012} = y_{ij}^{012}, \text{ por } (E_{pf}^{012} - E_{of}^{012}) \quad (4.8)$$

Estas son el equivalente, en componentes simétricas, de las ecuaciones (4.1), (4.2), (4.3) y (4.4). Desglosando cada una de estas matrices se tiene que:

$$\begin{aligned}
 E_{pf}^{012} &= \begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} & E_{po}^{012} &= \begin{bmatrix} E_{po}^0 \\ E_{po}^1 \\ E_{po}^2 \end{bmatrix} \\
 E_{if}^{012} &= \begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} & E_{io}^{012} &= \begin{bmatrix} E_{io}^0 \\ E_{io}^1 \\ E_{io}^2 \end{bmatrix} \\
 Z_{pp}^{012} &= \begin{bmatrix} Z_{pp}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{pp}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{pp}^1 \rightarrow 2 \end{bmatrix} & Z_{ip}^{012} &= \begin{bmatrix} Z_{ip}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{ip}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{ip}^1 \rightarrow 2 \end{bmatrix} \\
 I_{pf}^{012} &= \begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} & I_{ij}^{012} &= \begin{bmatrix} I_{ij}^0 \\ I_{ij}^1 \\ I_{ij}^2 \end{bmatrix} \\
 y_{ij, \rho\sigma}^{012} &= \begin{bmatrix} y_{ij,rs}^{012} \\ \dots\dots\dots \\ y_{ij,ij}^{012} \\ \dots\dots\dots \\ y_{ij,lm}^{012} \end{bmatrix} & E_{pf}^{012} &= \begin{bmatrix} E_{rf}^{012} \\ \dots\dots\dots \\ E_{if}^{012} \\ \dots\dots\dots \\ E_{lf}^{012} \end{bmatrix} & E_{of}^{012} &= \begin{bmatrix} E_{sf}^{012} \\ \dots\dots\dots \\ E_{jf}^{012} \\ \dots\dots\dots \\ E_{mf}^{012} \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

La matriz Y_f^{012} se obtiene de Y_f^{abc} , para cada tipo de falla.

A las ecuaciones (4.5), (4.6), (4.7) y (4.8), se las utiliza para calcular las corrientes y voltajes de secuencia para cada tipo de falla, ya que permiten desarrollar ecuaciones con cierta facilidad en base de los circuitos de cada secuencia. Los sistemas de secuencia positiva y negativa tienen las mismas impedancia, esto facilita aún más los cálculos.

4.1.3.- Voltajes Prefalla de Secuencia y de Fase.-

Los voltajes de secuencia antes de la falla en una

barra "i" cualquiera (\dot{E}_{i0}), como se ha visto, son:

$$\dot{E}_{i0}^{012} = \begin{bmatrix} \dot{E}_{i0}^0 \\ \dot{E}_{i0}^1 \\ \dot{E}_{i0}^2 \end{bmatrix}; i=1,2,\dots,n \quad (4.9)$$

Como antes de la falla no existen las secuencias negativa y cero, entonces la ecuación (4.9) se reduce a:

$$\dot{E}_{i0}^{012} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{E}_{i0}^1 \\ 0 \end{bmatrix}; i=1,2,\dots,n \quad (4.10)$$

Esto es válido para cualquier sistema balanceado, en el que se consideran todos los elementos como cargas, taps y shunts. Cuando se desprecian las cargas, los taps y los elementos shunt del sistema, los voltajes de secuencia positiva en todas las barras serán de 1 [p.u.] porque no circulan corrientes, por lo tanto (4.10) queda:

$$\dot{E}_{i0}^{012} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ [p.u.]}; i=1,2,\dots,n$$

Los voltajes de fase iniciales se pueden hallar utilizando la matriz de transformación T_s :

$$\dot{E}_{i0}^{abc} = T_s^{-1} \dot{E}_{i0}^{012}$$

Desarrollando esta ecuación se tiene que:

$$\dot{E}_{i0}^{abc} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{E}_{i0}^1/\sqrt{3} \\ 0 \end{bmatrix}; i=1,2,\dots,n$$

Para sistemas en los que se ha despreciado cargas, taps y elementos shunt, estos voltajes son:

$$E_{i0}^{abc} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1/\sqrt{3} \\ 0 \end{bmatrix} \text{ [p.u.] ; } i=1,2,\dots,n$$

4.2.- IMPEDANCIAS DE FALLA DE FASES Y SECUENCIAS.-

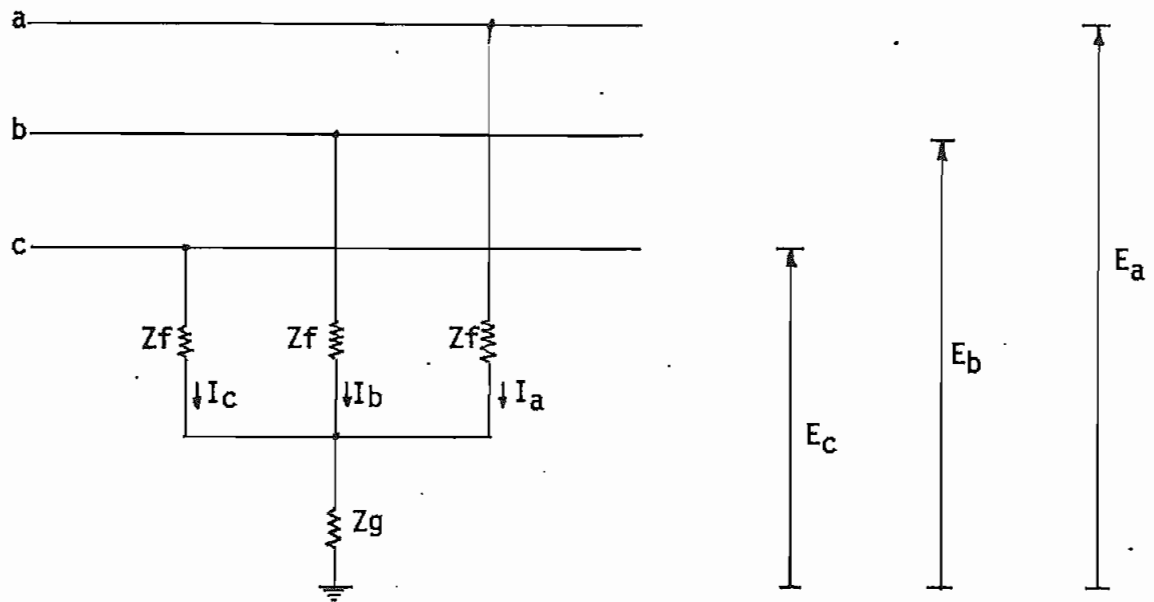
Las fallas que se pueden tener a través de una impedancia en un sistema son:

- a) Falla tres fases - tierra.
- b) Falla trifásica.
- c) Falla dos fases - tierra.
- d) Falla bifásica.
- e) Falla fase - tierra.

Para cada una de estas fallas se tendrá una matriz admitancia de falla de secuencia (Y_f^{012}) y de fases (Y_f^{abc}). Estas matrices se pueden encontrar en diversos libros que traten de sistema de potencia [4 y 5], pero aquí se hará una demostración detallada para cada una de las fallas.

4.2.1.- Falla Tres Fases - Tierra.-

La falla en las fases es:



En este circuito se cumple:

$$E_a = (Z_f + Z_g) I_a + Z_g I_b + Z_g I_c \quad (4.11)$$

$$E_b = Z_g I_a + (Z_f + Z_g) I_b + Z_g I_c \quad (4.12)$$

$$E_c = Z_g I_a + Z_g I_b + (Z_f + Z_g) I_c \quad (4.13)$$

Reescribiendo (4.11), (4.12) y (4.13) en forma matricial:

$$\begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_f+Z_g & Z_g & Z_g \\ Z_g & Z_f+Z_g & Z_g \\ Z_g & Z_g & Z_f+Z_g \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

De (4.14) se deduce que:

$$Z_f^{abc} = \begin{bmatrix} Z_f+Z_g & Z_g & Z_g \\ Z_g & Z_f+Z_g & Z_g \\ Z_g & Z_g & Z_f+Z_g \end{bmatrix}$$

Por lo tanto:

$$Y_f^{abc} = Z_f^{abc^{-1}} = \begin{bmatrix} Z_f+Z_g & Z_g & Z_g \\ Z_g & Z_f+Z_g & Z_g \\ Z_g & Z_g & Z_f+Z_g \end{bmatrix}^{-1}$$

Realizando la inversión se tiene:

$$Y_f^{abc} = \frac{y_f}{3y_f + y_g} \begin{bmatrix} 2y_f + y_g & -y_f & -y_f \\ -y_f & 2y_f + y_g & -y_f \\ -y_f & -y_f & 2y_f + y_g \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Donde: $y_f = 1/Z_f$

$y_g = 1/Z_g$

La matriz Y_f^{012} se obtiene de (4.15) de la siguiente forma:

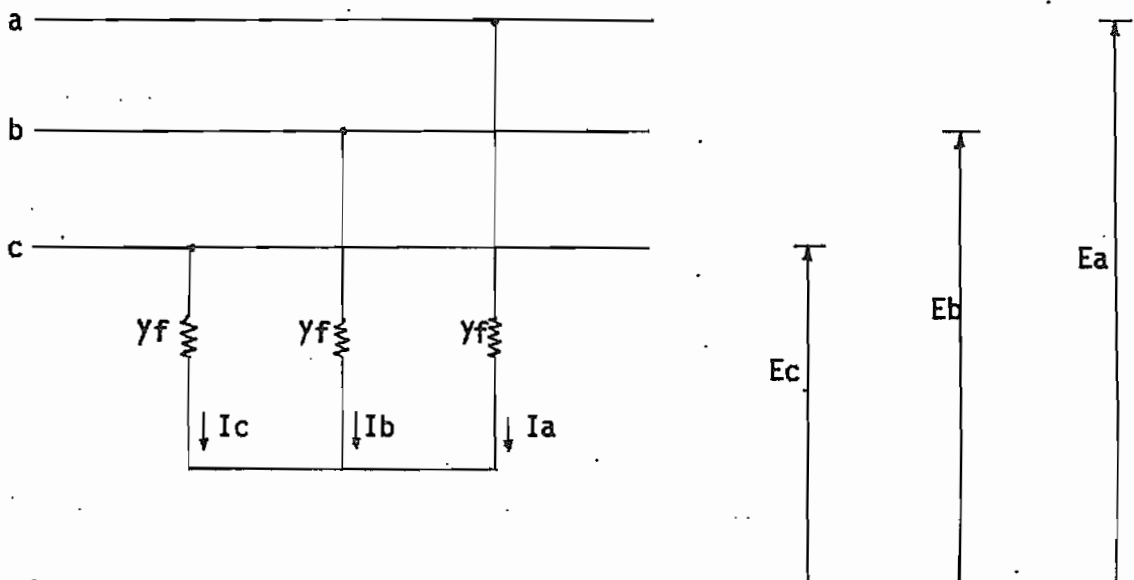
$$Y_f^{012} = T_s^{-1} Y_f^{abc} T_s$$

Realizando las operaciones matriciales y considerando que: $a = 1 \angle 120^\circ$, se tiene que:

$$Y_f^{012} = \begin{bmatrix} 1/3Z_g + Z_f & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_f & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_f \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

4.2.2.- Falla Trifásica.-

La falla en las fases es:



En este circuito se cumplen las ecuaciones:

$$E_a - E_b = I_a/y_f - I_b/y_f \quad (4.17)$$

$$E_a - E_c = I_a/y_f - I_c/y_f \quad (4.18)$$

$$I_a + I_b + I_c = 0 \quad (4.19)$$

De (4.17), (4.18) y (4.19) podemos despejar I_a , I_b y I_c , obteniéndose:

$$I_a = y_f/3 (2E_a - E_b - E_c) \quad (4.20)$$

$$I_b = y_f/3 (-E_a + 2E_b - E_c) \quad (4.21)$$

$$I_c = y_f/3 (-E_a - E_b + 2E_c) \quad (4.22)$$

Escribiendo matricialmente las ecuaciones (4.20), (4.21) y (4.22) se tiene:

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = y_f/3 \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix}$$

De aquí se deduce que :

$$Y_f^{abc} = y_f/3 \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 2 \end{bmatrix} \quad (4.23)$$

Para obtener Y_f^{012} se utiliza (4.23) y la siguiente ecuación:

$$Y_f^{012} = T_s^{-1} Y_f^{abc} T_s$$

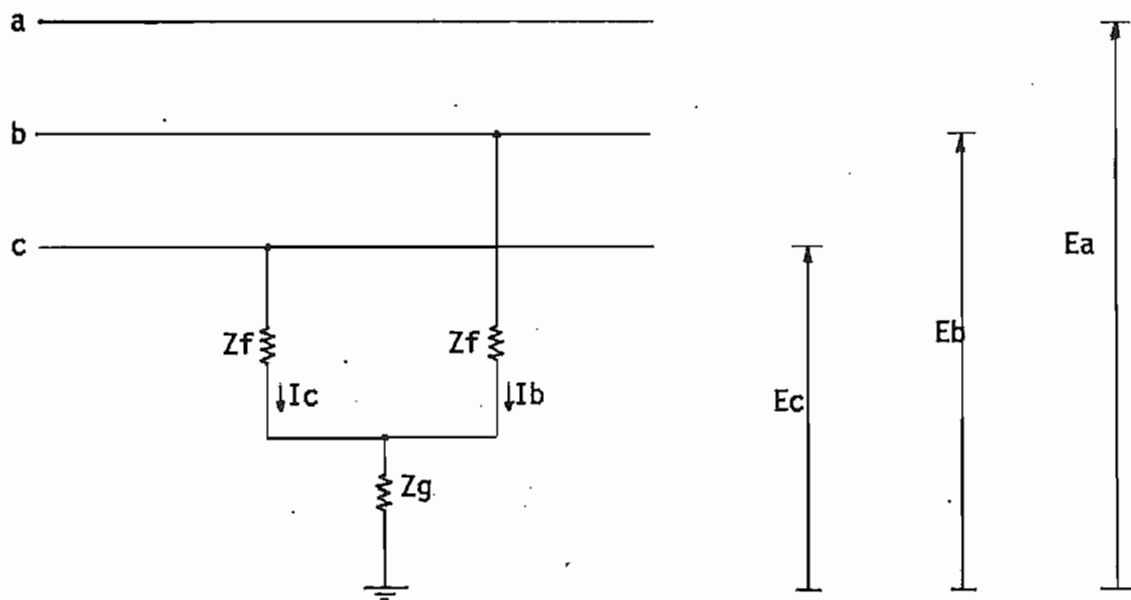
Realizando el producto matricial:

$$Y_f^{012} = 1/Z_f \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.24)$$

donde: $Z_f = 1/y_f$

4.2.3.- Falla Dos Fases - Tierra.-

La falla en las fases es:



En este circuito se cumple que:

$$I_a = 0 \quad (4.25)$$

$$E_b = (Z_f + Z_g) I_b + Z_g I_c \quad (4.26)$$

$$E_c = Z_g I_b + (Z_f + Z_g) I_c \quad (4.27)$$

De (4.26) y (4.27) se puede despejar I_b y I_c obteniéndose:

$$I_b = \frac{Z_f + Z_g}{Z_f^2 + 2Z_f Z_g} E_b - \frac{Z_g}{Z_f^2 + 2Z_f Z_g} E_c \quad (4.28)$$

$$I_c = \frac{Z_g}{Z_f^2 + 2Z_f Z_g} E_b + \frac{Z_f + Z_g}{Z_f^2 + 2Z_f Z_g} E_c \quad (4.29)$$

Con (4.25), (4.28) y (4.29) se puede escribir la siguiente ecuación matricial:

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_f^2 + 2Z_f Z_g} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_f + Z_g & -Z_g \\ 0 & -Z_g & Z_f + Z_g \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix}$$

De donde se deduce que:

$$Y_f^{abc} = \frac{1}{3Z_f(Z_f+2Z_g)} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2Z_f+Z_g & -Z_g \\ 0 & -Z_g & Z_f+Z_g \end{bmatrix} \quad (4.30)$$

Para obtener Y_f^{012} se utiliza (4.30) y se aplica la ecuación:

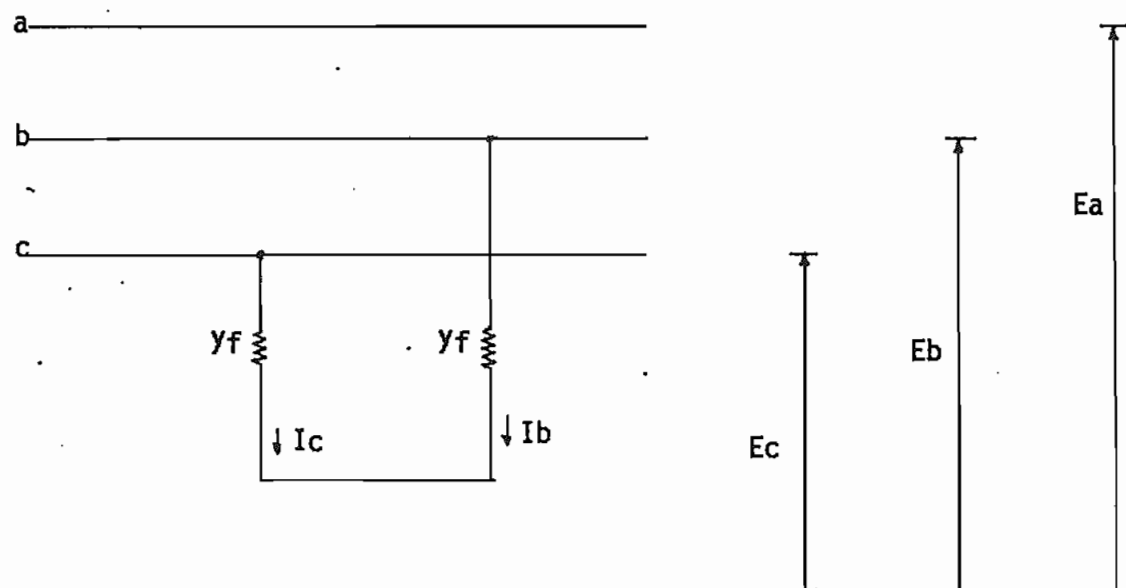
$$Y_f^{012} = T_S^{-1} Y_f^{abc} T_S$$

Realizando el producto matricial se llega a :

$$Y_f^{012} = \frac{1}{3Z_f(Z_f+2Z_g)} \begin{bmatrix} 2Z_f & -Z_f & -Z_f \\ -Z_f & 2Z_f+3Z_g & -(Z_f+3Z_g) \\ -Z_f & -(Z_f+3Z_g) & 2Z_f+3Z_g \end{bmatrix} \quad (4.31)$$

4.2.4.- Falla Bifásica.-

La falla en las fases es:



En este circuito se cumple que :

$$I_a = 0 \quad (4.32)$$

$$I_b - I_c = y_f (E_b - E_c) \quad (4.33)$$

$$I_c = - I_b \quad (4.34)$$

De (4.33) y (4.34) se puede despejar I_b y I_c , obteniéndose:

$$I_b = y_f/2 (E_b - E_c) \quad (4.35)$$

$$I_c = y_f/2 (-E_b + E_c) \quad (4.36)$$

Con (4.32), (4.35) y (4.36) se puede escribir la siguiente ecuación matricial:

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = y_f/2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix}$$

De donde se deduce que :

$$Y_f^{abc} = y_f/2 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.37)$$

Para obtener Y_f^{012} se utiliza (4.37) y la ecuación:

$$Y_f^{012} = T_s^{-1} Y_f^{abc} T_s$$

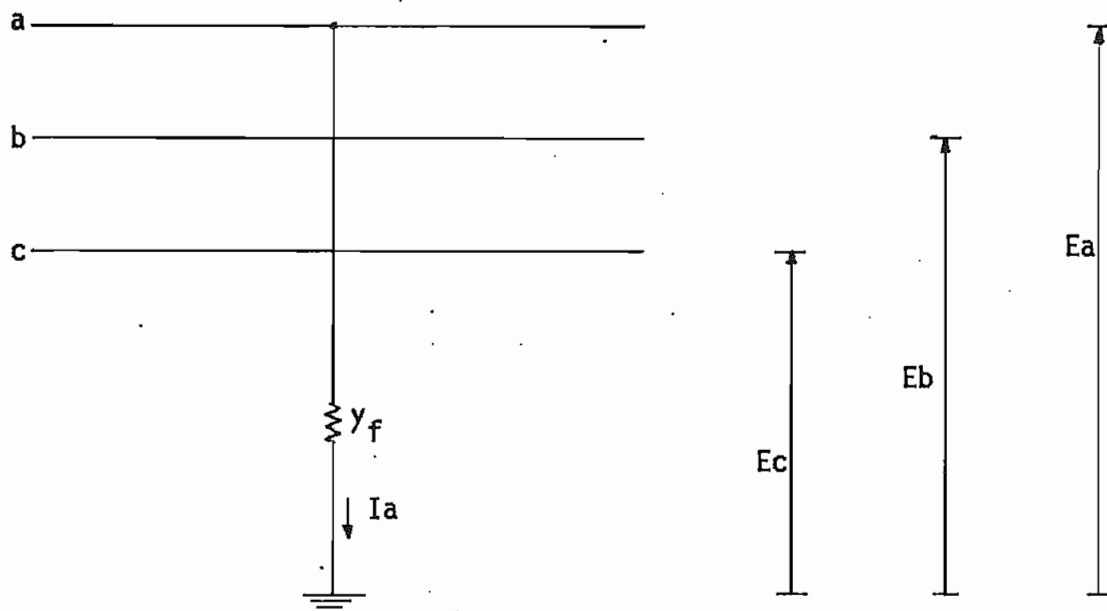
Realizando el producto matricial se obtiene:

$$Y_f^{012} = 1/2Z_f \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.38)$$

Donde: $Z_f = 1/y_f$

4.2.5.- Falla Fase - Tierra.-

La falla en las fases es:



En este circuito se cumple:

$$I_a = y_f E_a \quad (4.39)$$

$$I_b = 0 \quad (4.40)$$

$$I_c = 0 \quad (4.41)$$

Con (4.39), (4.40) y (4.41) se puede escribir la siguiente ecuación matricial:

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix}$$

De donde se deduce que:

$$y_{fabc} = \begin{bmatrix} y_f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.42)$$

Para obtener Y_f^{012} se utiliza (4.42) y la ecuación:

$$Y_f^{012} = T_s^{-1} Y_{fabc} T_s$$

Realizando los productos matriciales se llega a:

$$Y_f^{012} = 1/3Z_f \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.43)$$

Donde: $Z_f = 1/y_f$

4.3.- ECUACIONES DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE SECUENCIAS Y DE FASES PARA CADA FALLA.-

Para cada tipo de falla que se puede producir en un S.E.P. es posible desarrollar una ecuación particular, esto se logra si desarrollamos las ecuaciones matriciales (4.5), (4.6) y (4.7), que permiten calcular los voltajes y las corrientes de secuencia en cada barra, tomando en cuenta a Y_f^{012} . Para hallar los voltajes y corrientes de fase en cada una de las fallas, simplemente se aplica la transformación de secuencias a fases a los voltajes y corrientes que ya han sido determinados con anterioridad.

4.3.1.- Falla Tres Fases - Tierra [6].-

Desarrollando la ecuación matricial (4.5) y reemplazando a la matriz Y_f^{012} por su equivalente (4.16), se tiene:

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{pp}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{pp}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{pp}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1/(3Z_g + Z_f) & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_f & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_f \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{po}^1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Realizando las operaciones matriciales:

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = Z_f E_{po}^1 / (Z_f + Z_{pp}^1) \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.44)$$

De la ecuación matricial (4.44) se obtienen los voltajes de secuencia en la barra fallada "p".

La corriente I_{pf}^{012} se encuentra desarrollando la ecuación matricial (4.7) en base a (4.44) y (4.16); así:

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/(3Z_g + Z_f) & 0 & 0 \\ 0 & 1/Z_f & 0 \\ 0 & 0 & 1/Z_f \end{bmatrix} Z_f E_{po}^1 / (Z_f + Z_{pp}^1) \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Realizando el producto matricial:

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = E_{po}^1 / (Z_f + Z_{pp}^1) \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.45)$$

Los voltajes E_{if}^{012} se halla de las ecuaciones (4.6) y (4.45):

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{io}^1 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_{ip}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{ip}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{ip}^2 \end{bmatrix} E_{po}^1 / (Z_f + Z_{pp}^1) \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

Realizando las operaciones matriciales se tiene:

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = [E_{io}^1 - Z_{ip}^1 E_{po}^1 / (Z_f + Z_{pp}^1)] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

Las corrientes en los elementos se encuentran aplicando la ecuación (4.8), después de haber calculado los voltajes

de barra por medio de las ecuaciones correspondientes. Esto mismo se hace en las otras fallas.

Los voltajes y corrientes de fase se calculan utilizando la matriz T_s , una vez que ya se conocen los respectivos valores de secuencia; así:

$$E_{if}^{abc} = T_s E_{if}^{012}; i=1,2,\dots,n$$

$$I_{pf}^{abc} = T_s I_{pf}^{012}$$

$$I_{ij}^{abc} = T_s I_{ij}^{012}$$

Este proceso para calcular voltajes y corrientes de fase, es el mismo que se utilizará en el resto de fallas.

4.3.2.- Falla Trifásica.-

Con las ecuaciones (4.5) y (4.24) se calculan los voltajes de secuencia E_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{pp}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{pp}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{pp}^2 \end{bmatrix} \frac{1}{Z_f} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{po}^1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Realizando las operaciones matriciales:

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = Z_f \frac{E_{po}^1}{(Z_f + Z_{pp}^1)} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.46)$$

De (4.46), (4.24) Y (4.7) se obtiene I_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_f} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} Z_f \frac{E_{po}^1}{(Z_f + Z_{pp}^1)} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Realizando el producto matricial:

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = E_{pb} / (Z_f + Z_{pp}) \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.47)$$

De (4.47) y (4.6) se obtiene E_{if}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{i0}^1 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_{ip}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{ip}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{ip}^2 \end{bmatrix} E_{pb} / (Z_f + Z_{pp}) \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

Realizando las operaciones matriciales se obtiene:

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = [E_{i0}^1 - Z_{ip}^1 E_{pb} / (Z_f + Z_{pp})] \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

Se puede apreciar que los voltajes y corrientes de secuencia para esta falla son iguales a los de la falla tres fases-tierra, esto se debe a que por la impedancia Z_g no circula corriente porque el sistema es balanceado.

4.3.3.- Falla Dos Fases - Tierra.-

De las ecuaciones (4.5) y (4.31) se obtienen los voltajes E_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{pp}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{pp}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{pp}^2 \end{bmatrix} \frac{1}{3Z_f(Z_f + 2Z_g)} \begin{bmatrix} 2Z_f & -Z_f & -Z_f \\ -Z_f & 2Z_f + 3Z_g & -(Z_f + 3Z_g) \\ -Z_f & -(Z_f + 3Z_g) & 2Z_f + 3Z_g \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\begin{bmatrix} 0 \\ E_{po}^1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Realizando las operaciones matriciales:

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \frac{E_{po}^1}{(Z_f + Z_{pp}) (3Z_f + 6Z_g + 2Z_{pp} + Z_{pp})} \begin{bmatrix} Z_{pp}^0 (Z_f + Z_{pp}^1) \\ 3Z_f (Z_f + Z_g) + (2Z_f + 3Z_g) Z_{pp}^1 \\ Z_{pp}^0 (2Z_f + Z_{pp}^1) \\ Z_{pp}^0 (Z_f + 3Z_g + Z_{pp}^1) \end{bmatrix} \quad (4.48)$$

De las ecuaciones (4.7), (4.48), (4.31) se obtiene

I_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = \frac{E_{po}^1}{(Z_f + Z_{pp}) (3Z_f + 6Z_g + 2Z_{pp} + Z_{pp})} \begin{bmatrix} -Z_f + Z_{pp}^1 \\ Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0 + 2Z_f + 3Z_g \\ -Z_{pp}^0 - Z_f - 3Z_g \end{bmatrix} \quad (4.49)$$

De las ecuaciones (4.6) y (4.49) se obtiene E_{if}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{ib}^1 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_{ip}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{ip}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{ip}^2 \end{bmatrix} \frac{E_{po}^1}{(Z_f + Z_{pp}) (3Z_f + 6Z_g + 2Z_{pp} + Z_{pp})} \begin{bmatrix} -Z_f + Z_{pp}^1 \\ Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0 + 2Z_f + 3Z_g \\ -Z_{pp}^0 - Z_f - 3Z_g \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

Realizando las operaciones matriciales se obtiene:

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{E_{po}^1 (Z_f + Z_{pp}^1) Z_{ip}^0}{(Z_f + Z_{pp}) (3Z_f + 6Z_g + 2Z_{pp} + Z_{pp})} \\ E_{ib}^1 - \frac{E_{po}^1 (Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0 + 2Z_f + 3Z_g) Z_{ip}^1}{(Z_f + Z_{pp}) (3Z_f + 6Z_g + 2Z_{pp} + Z_{pp})} \\ \frac{E_{po}^1 (Z_{pp}^0 + Z_f + 3Z_g) Z_{ip}^2}{(Z_f + Z_{pp}) (3Z_f + 6Z_g + 2Z_{pp} + Z_{pp})} \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

4.3.4.- Falla Bifásica.-

De las ecuaciones (4.5) y (4.38) se obtiene E_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{pp}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{pp}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{pp}^2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{2Z_f} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{po}^1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Realizando las operaciones matriciales se tiene:

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{po}^1 / 2(Z_f + Z_{pp}^1) \\ Z_{pp}^1 \end{bmatrix} \quad (4.50)$$

De las ecuaciones (4.50), (4.38) y (4.7) se obtiene I_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{2Z_f} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{po}^1 / 2(Z_f + Z_{pp}^1) \\ -Z_{pp}^1 \end{bmatrix}$$

Realizando el producto matricial:

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} \cdot \frac{E_{po}^1}{2(Z_f + Z_{pp}^1)} \quad (4.51)$$

De las ecuaciones (4.6) y (4.51) obtenemos E_{if}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{io}^1 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_{ip}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{ip}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{ip}^2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{2Z_f} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

Realizando las operaciones matriciales:

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{io}^1 - Z_{ip}^0 \cdot \frac{1}{2Z_f} \\ Z_{ip}^1 \cdot \frac{1}{2Z_f} \\ E_{io}^1 - Z_{ip}^2 \cdot \frac{1}{2Z_f} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{i0}^1 - Z_{ip}^1 E_{p0}^1 / 2(Z_f + Z_{pp}^1) \\ Z_{ip}^1 E_{p0}^1 / 2(Z_f + Z_{pp}^1) \end{bmatrix}; \begin{matrix} i=1,2,\dots,n \\ i \neq p \end{matrix}$$

4.3.5.- Falla Fase - Tierra [7].-

De las ecuaciones (4.5) y (4.43) se obtiene E_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{pp}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{pp}^1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_{pp}^2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{3Z_f} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ E_{p0}^1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Realizando las operaciones matriciales:

$$\begin{bmatrix} E_{pf}^0 \\ E_{pf}^1 \\ E_{pf}^2 \end{bmatrix} = \frac{E_{p0}^1}{(2Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0 + 3Z_f)} \begin{bmatrix} -Z_{pp}^0 \\ 3Z_f + Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0 \\ -Z_{pp}^2 \end{bmatrix} \quad (4.52)$$

De las ecuaciones (4.52), (4.7) y (4.43) se obtiene I_{pf}^{012} :

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3Z_f} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \cdot \frac{E_{p0}^1}{(3Z_f + 2Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0)} \begin{bmatrix} -Z_{pp}^0 \\ 3Z_f + Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0 \\ -Z_{pp}^2 \end{bmatrix}$$

Realizando las operaciones matriciales se tiene:

$$\begin{bmatrix} I_{pf}^0 \\ I_{pf}^1 \\ I_{pf}^2 \end{bmatrix} = \frac{E_{p0}^1}{(3Z_f + 2Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0)} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4.53)$$

De las ecuaciones (4.53) y (4.6) se obtiene E_{if}^{012} :

$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_{i0}^1 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_{ip}^0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_{ip} & 0 \\ 0 & 0 & Z_{ip} \end{bmatrix} E_{p0} / (3Z_f - 2Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0) \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

Realizando las operaciones matriciales se obtiene:

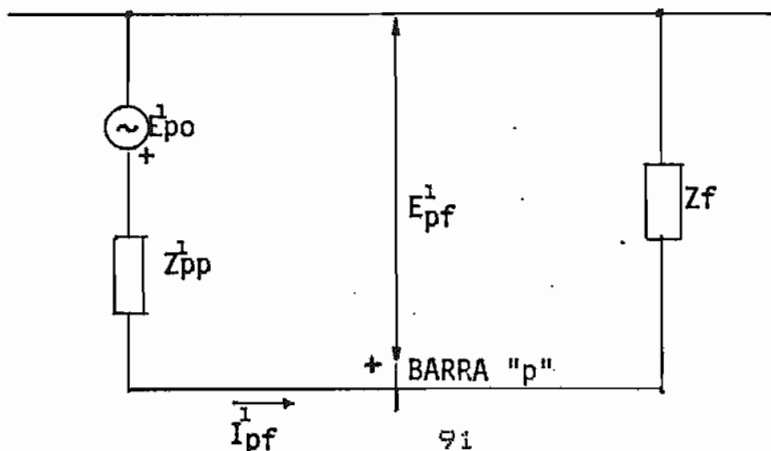
$$\begin{bmatrix} E_{if}^0 \\ E_{if}^1 \\ E_{if}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -Z_{ip}^0 E_{p0}^1 / (3Z_f + 2Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0) \\ E_{i0}^1 - Z_{ip} E_{p0}^1 / (3Z_f + 2Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0) \\ -Z_{ip} E_{p0}^1 / (3Z_f + 2Z_{pp}^1 + Z_{pp}^0) \end{bmatrix}; \quad \begin{matrix} i=1, 2, \dots, n \\ i \neq p \end{matrix}$$

4.4.- CIRCUITOS DE SECUENCIA PARA CADA FALLA.-

De las ecuaciones deducidas anteriormente para cada una de las fallas, se pueden encontrar circuitos secuenciales [8] que no son más que la unión de los equivalentes Thevenin de cada una de las secuencias del sistema. Estos circuitos permiten calcular fácilmente E_{pf}^{012} y I_{pf}^{012} .

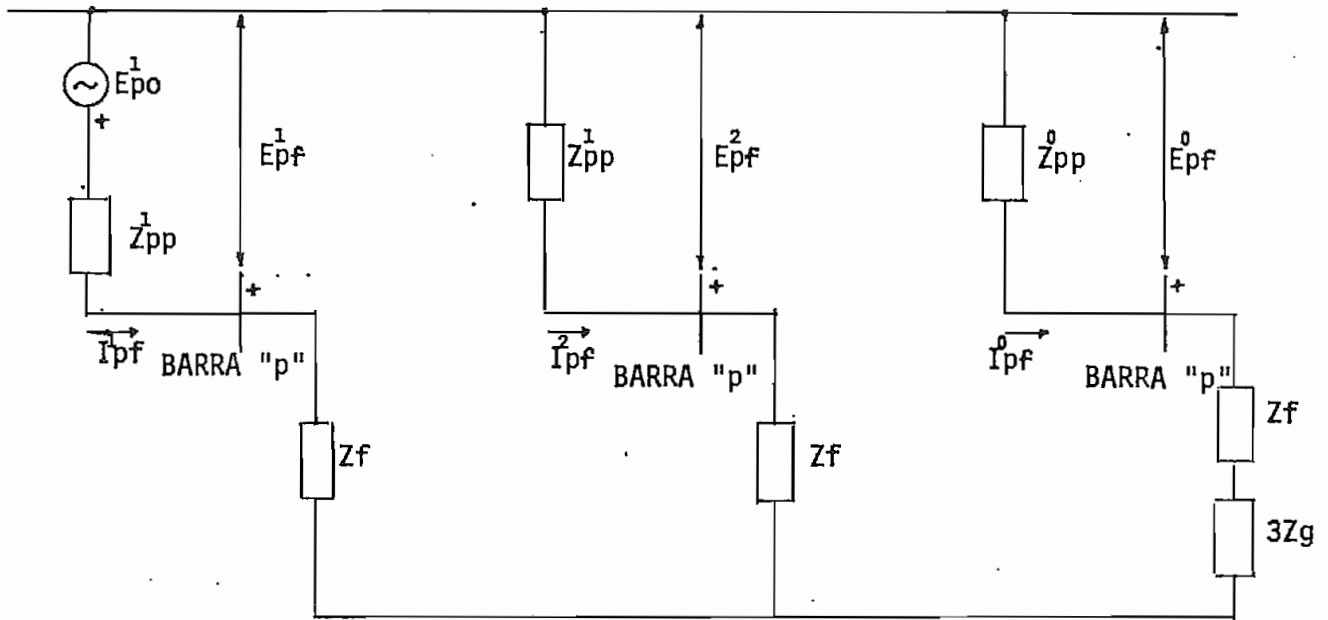
4.4.1.- Fallas Tres Fases - Tierra y Trifásica.-

El circuito que representa estas fallas se lo deduce de las ecuaciones (4.44) y (4.45); así:



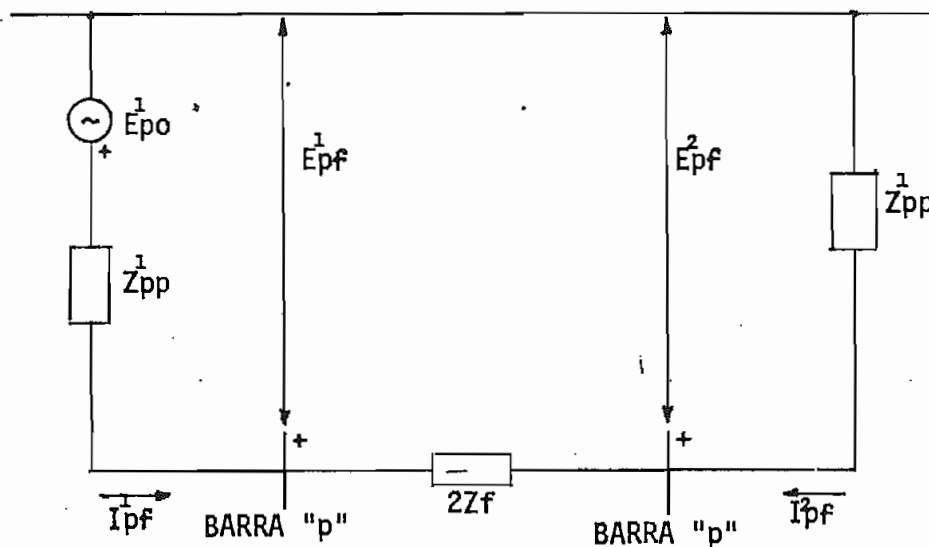
4.4.2.- Falla Dos Fases - Tierra.-

El circuito que representa esta falla se lo deduce de las ecuaciones (4.48) y (4.49); así:



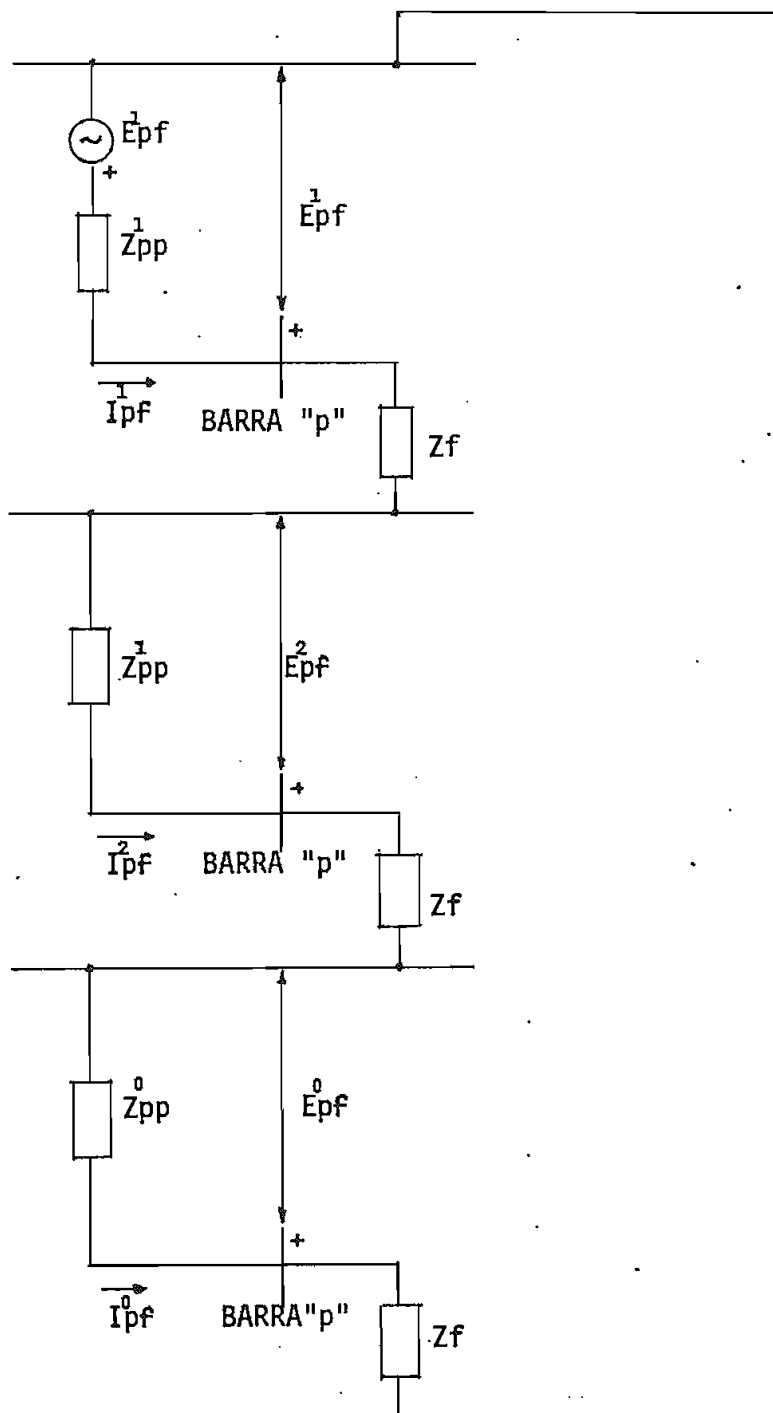
4.4.3.- Falla Bifásica.-

El circuito que representa esta falla se lo deduce de las ecuaciones (4.50) y (4.51); así:



4.4.4.- Falla Fase - Tierra.-

El circuito que representa esta falla se deduce de las ecuaciones (4.52) y (4.53); así:



REFERENCIAS DEL CAPITULO IV.-

- [1] G. W. Stagg, A. H. El-abiad, **Computer Methods in Power System Analysis**, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1968, pp. 167-221.

- [2] *Ibid.*, pp. 168-173.

- [3] *Ibid.*, pp. 173-175.

- [4] *Ibid.*, pp. 176-177.

- [5] O. I. Elgerd, **Electric Energy System Theory**, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company LTD, Nueva Delhi, 1971. pp. 464-469.

- [6] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, *op. cit.*, pp. 178-181.

- [7] *Ibid.*, pp. 181-184.

- [8] W. O. Stevenson, **Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia**, Mc Graw-Hill, Bogotá, 1979 , pp. 301-331.

CAPITULO V.- DIAGRAMAS DE BLOQUE DE LOS PROGRAMAS DIGITALES

5.1.- INTRODUCCION.-

En el presente trabajo se han desarrollado dos programas que permiten calcular los voltajes de barra y las corrientes de falla en los elementos, para los cinco tipos de fallas mencionadas en el capítulo anterior:

- a) Falla tres fases - tierra.
- b) Falla trifásica.
- c) Falla dos fases - tierra.
- d) Falla bifásica.
- e) Falla fase - tierra.

El primer programa utiliza el algoritmo clásico mejorado para la construcción de la matriz impedancia de barra, el cual fue descrito en el segundo capítulo. En este caso se realizan los cálculos sin tomar en cuenta los elementos shunt, taps y cargas del sistema, por lo tanto los voltajes antes de la falla serán 1 [p.u.] en todas las barras, lo que es tomado en cuenta al calcular los voltajes y corrientes de falla mediante las fórmulas desarrolladas en el capítulo anterior.

El segundo programa utiliza el nuevo algoritmo, desarrollado en el tercer capítulo, para construir la matriz impedancia de barra. Como en este caso si se consideran taps, cargas y elementos shunt, los voltajes de barra antes de la falla se los debe calcular por medio de un flujo de carga. Con estos voltajes se aplican las fórmulas respectivas para calcular voltajes y corrientes de falla, las cuales fueron desarrolladas en el capítulo anterior.

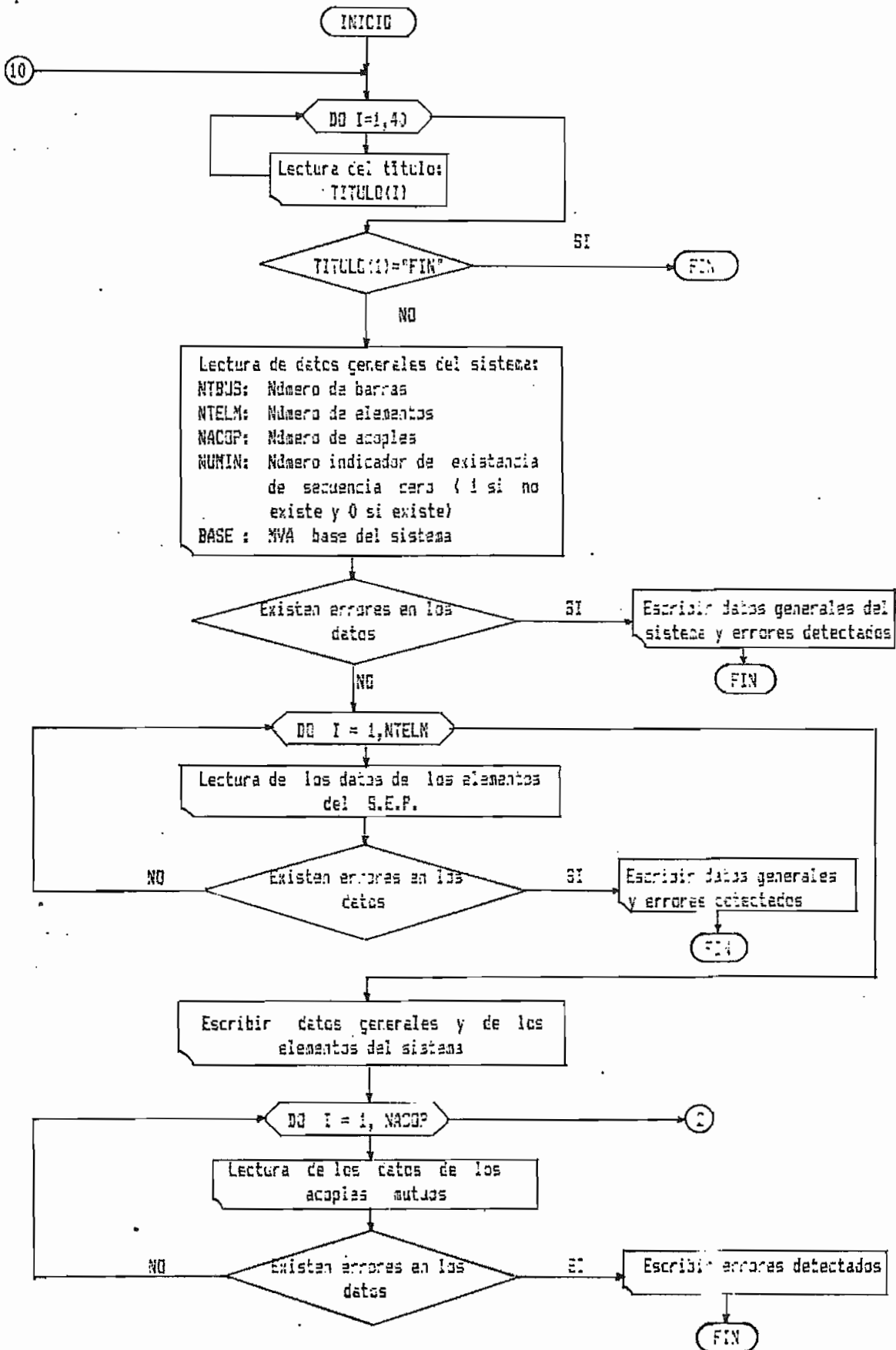
En los dos programas los resultados se los imprime en dos cuadros optativos con las siguientes características:

- a) Cuadro de voltajes de barra y de corrientes en la barra fallada, de secuencia y, opcionalmente, de fase.
- b) Cuadro de voltajes de barra, corrientes en la barra fallada y corrientes en los elementos conectados a las barras que se deseen, que pueden ser todas o sólo un grupo reducido. Tanto los voltajes como las corrientes son de secuencia y, opcionalmente, de fase:

En los restantes numerales se hará una descripción completa de las características de los dos programas desarrollados, utilizando diagramas de bloques.

5.2.- CONSTRUCCION DE LAS MATRICES IMPEDANCIA DE BARRA POR EL METODO CLASICO MEJORADO.-

El diagrama de bloques del primer programa comprende la construcción de las matrices impedancia de barra de secuencia por el método clásico mejorado (capítulo II). Este diagrama es:



2

Escribir datos de los acoples

Construcción de la lista de barras para el ordenamiento de los elementos

Ordenamiento de los elementos

DE I = 1, NTELM

NO SI
Rama

Se aumenta un enlace a la matriz ZBARRA de sec. positiva y, si existe, de sec. cero. Numeral (2.2.2).

Se aumenta una rama a la matriz ZBARRA de sec. positiva y, si existe, de sec. cero. Numeral (2.2.1).

SI
NUMIN=1
NO

Se corrige la matriz impedancia de barra de secuencia cero en caso de existir ramas de impedancia. Numeral (2.4.2.1).

Se corrige la matriz impedancia de barra de secuencia positiva en caso de existir ramas de impedancia. Numeral (2.4.2.1).

NO SI
Existen Acoples

4

5

Se construye una lista de elementos y barras afectadas por los acoples mutuos en la secuencia en estudio (primero secuencia positiva y luego secuencia cero).

3

3

Se introducen los acoples mutuos en la matriz ZBARRA de la secuencia en estudio, para lo cual se sigue el proceso descrito en el numeral (2.3). Así se construye primero la matriz B^{-1} .

Se construye la matriz $A3$

Se construye la matriz D^{-1} y en base a esta se define la matriz admitancia primitiva de elementos acoplados en la secuencia en estudio.

Se realiza la operación:
 $R = A3^T (B^{-1} - D^{-1}) A3$

Se ordena la matriz ZBARRA de acuerdo a la lista de barras afectadas por acoples mutuos.

Se hace la operación:
 $(U^2 - MR)^{-1}$

Se hace la operación:
 $(U^2 - MR)^{-1} K$

Se hace la operación:
 $L + K^T R (U^2 - MR)^{-1} K$

Se hace la operación:
 $(U^2 - MR)^{-1} N$

SI
NUMIN = 0

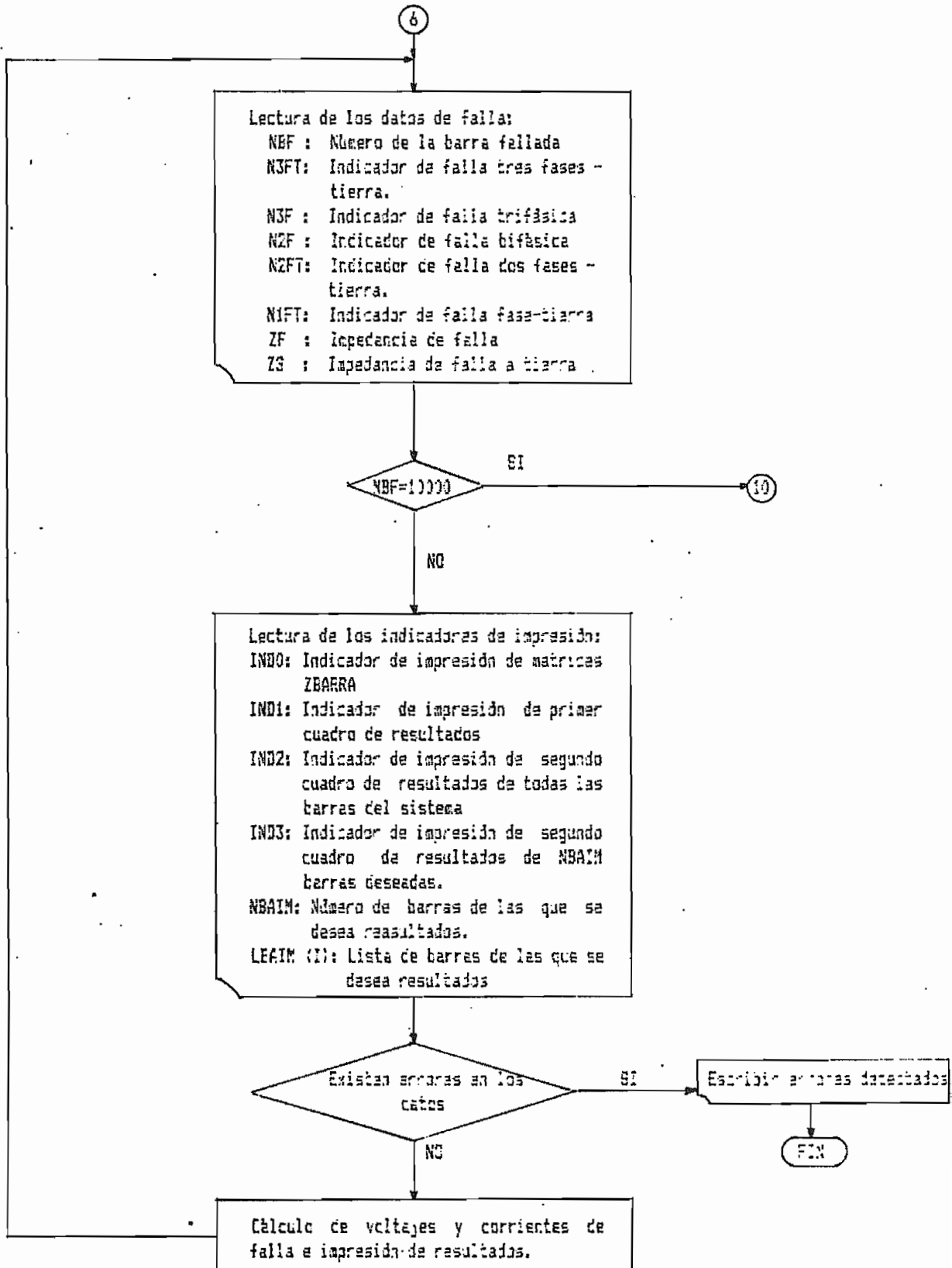
5

NO

4

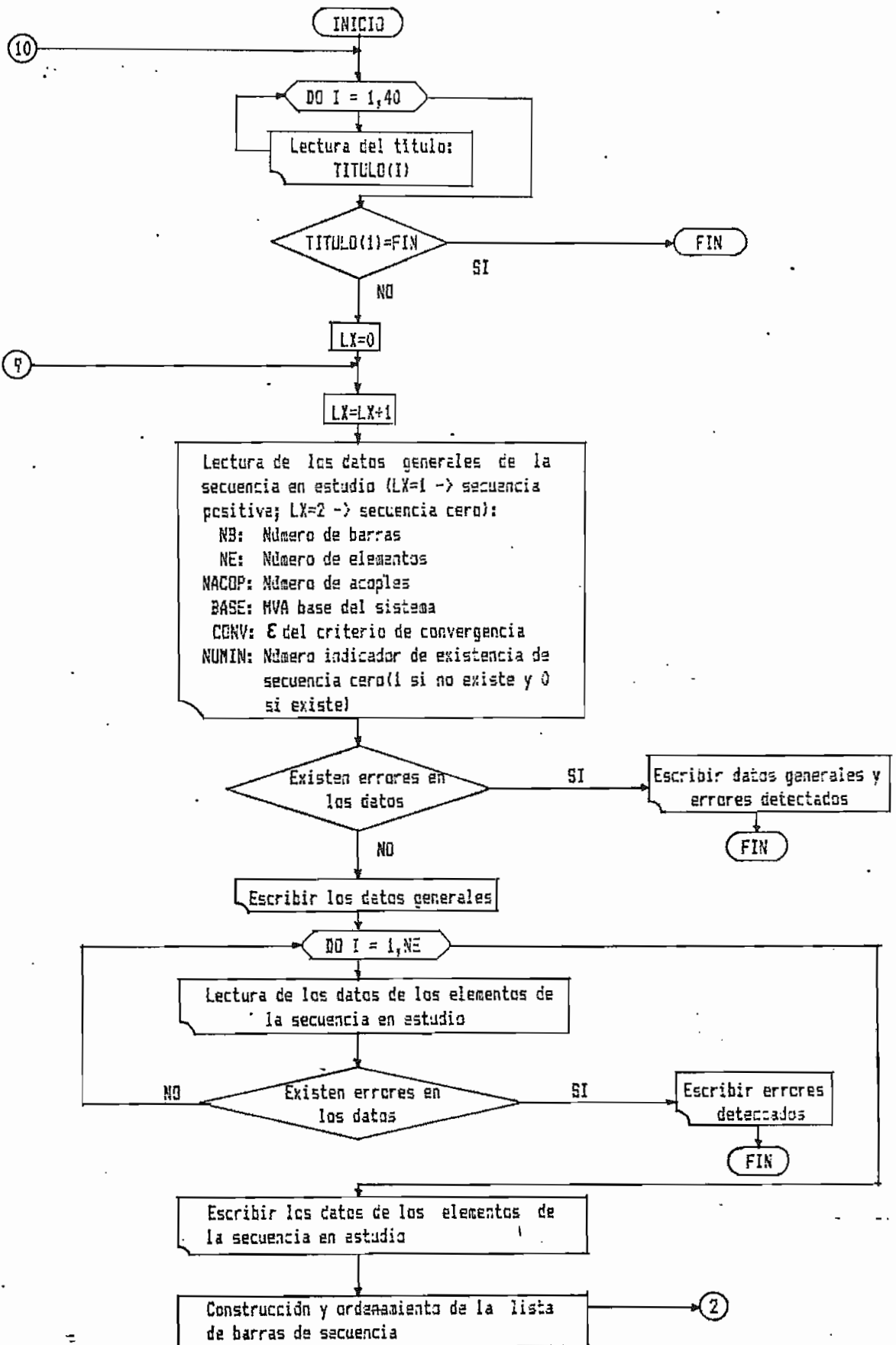
Se construye la matriz admitancia de los elementos no acoplados de seq. positiva y, si existe, de secuencia cero.

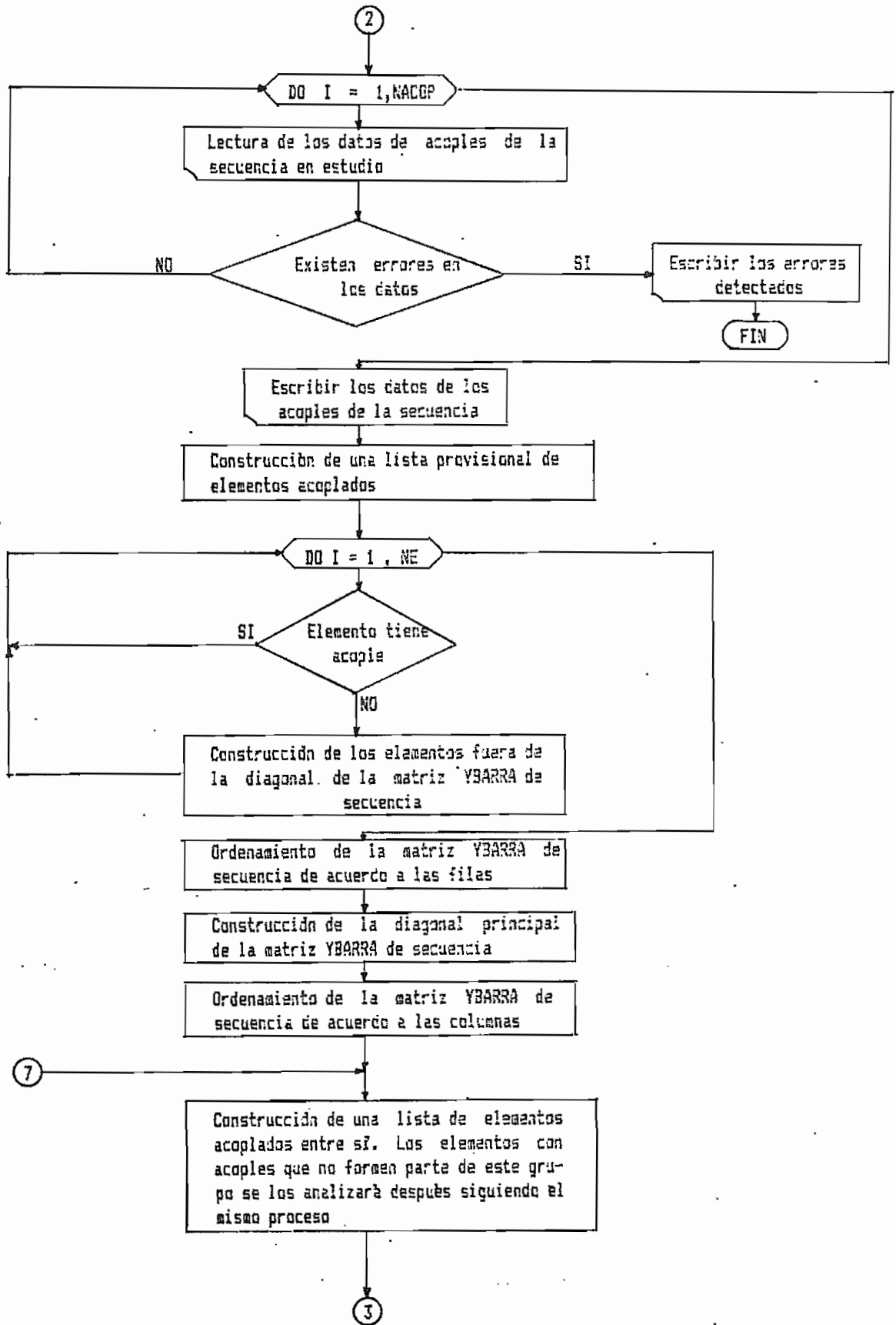
6

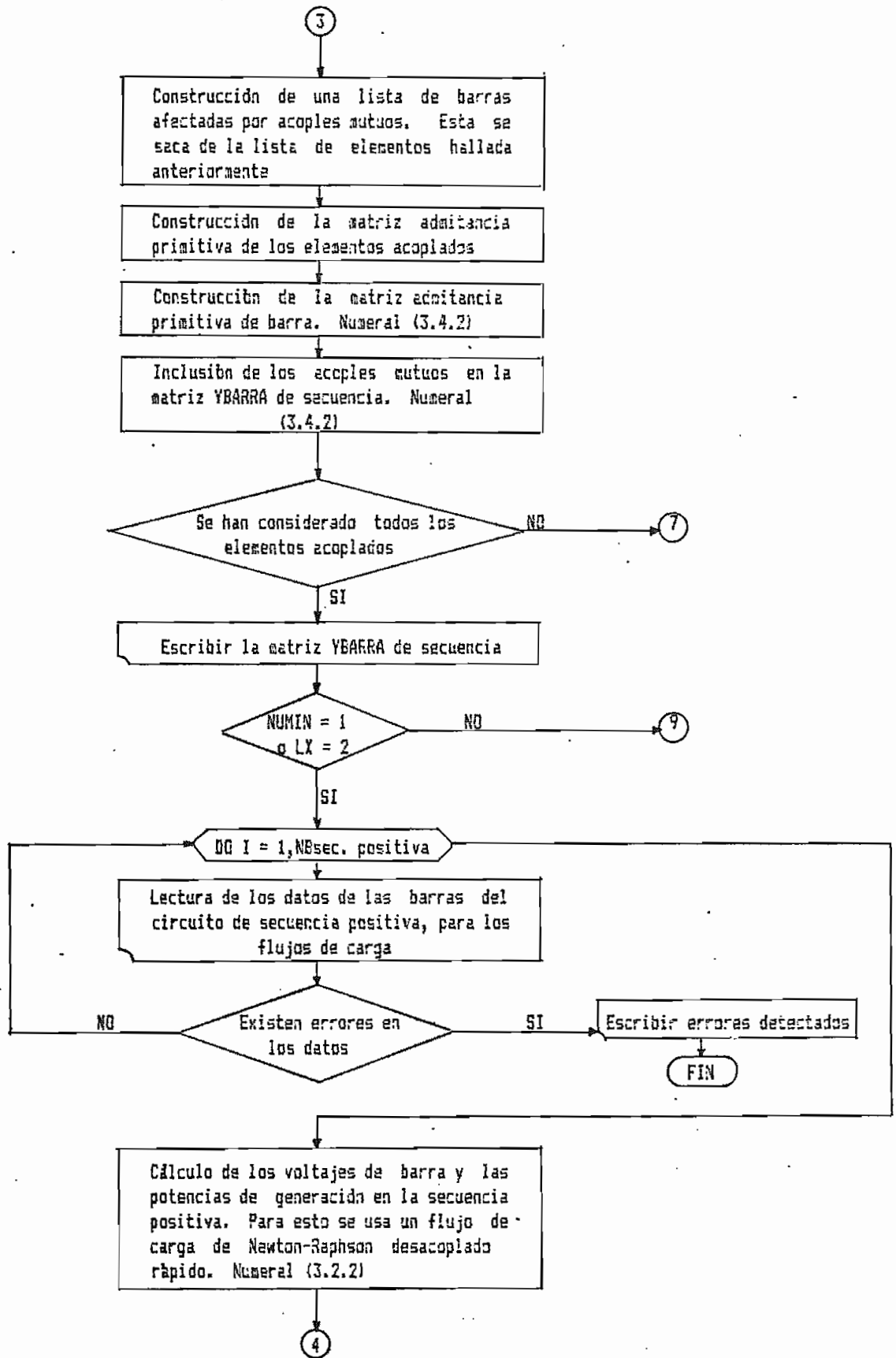


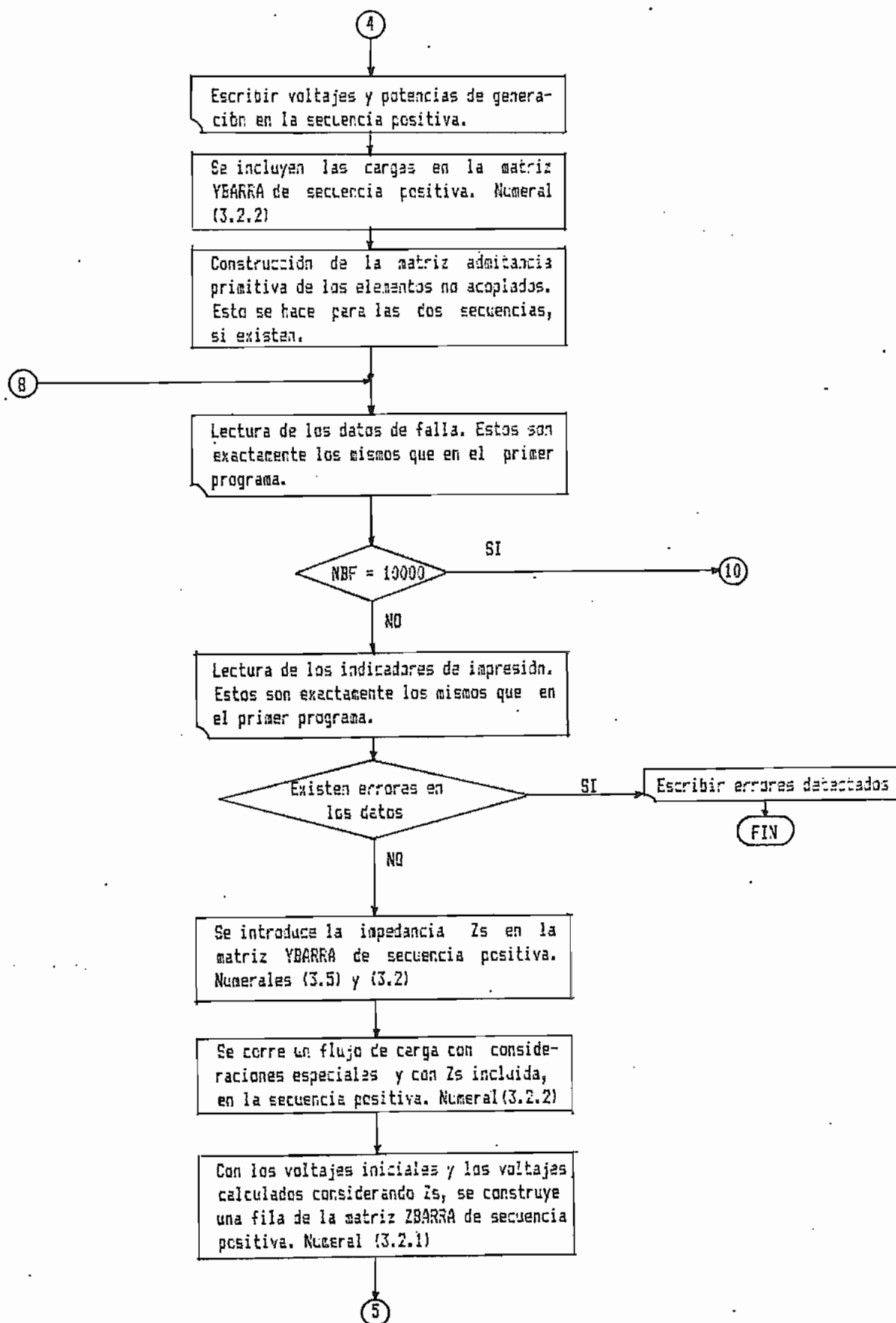
5.3.- CONSTRUCCION DE LAS MATRICES IMPEDANCIA DE BARRA POR EL NUEVO METODO.-

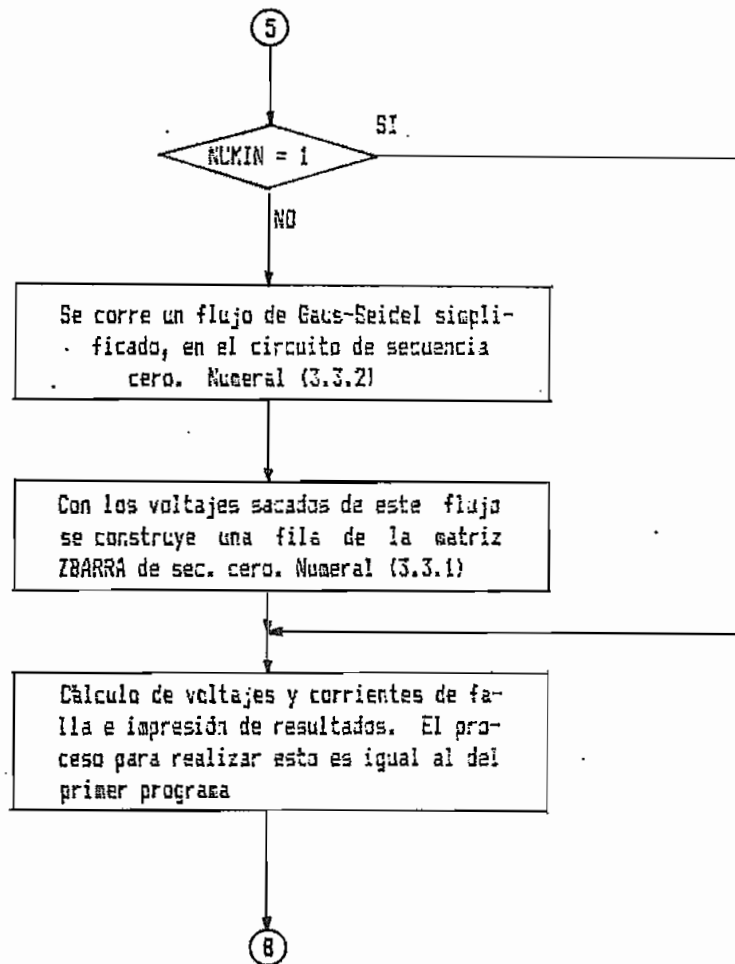
El diagrama de bloques del segundo programa comprende la construcción de las matrices impedancia de barra de secuencia por el nuevo método (capítulo III). Este diagrama es:





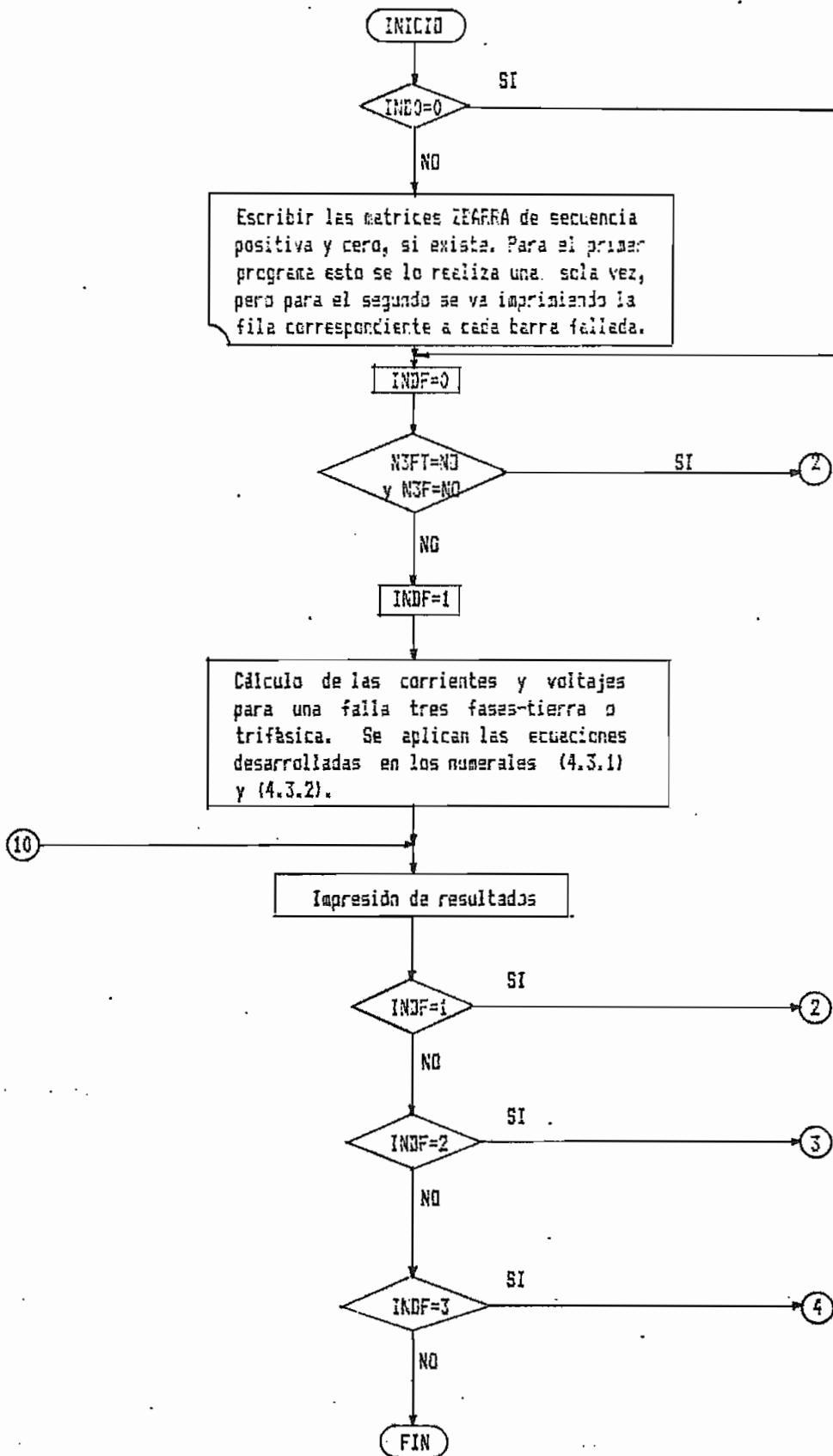


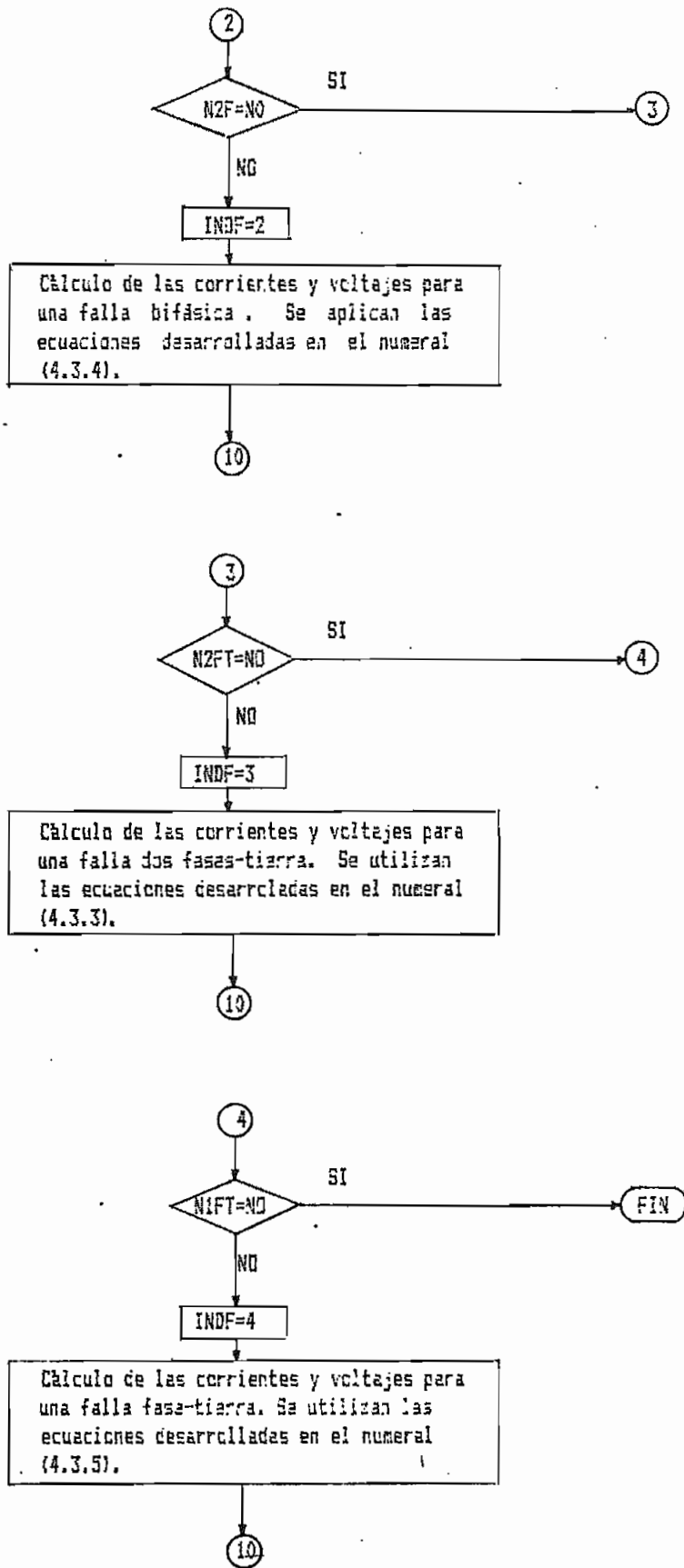




5.4.- CALCULO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE FALLA.-

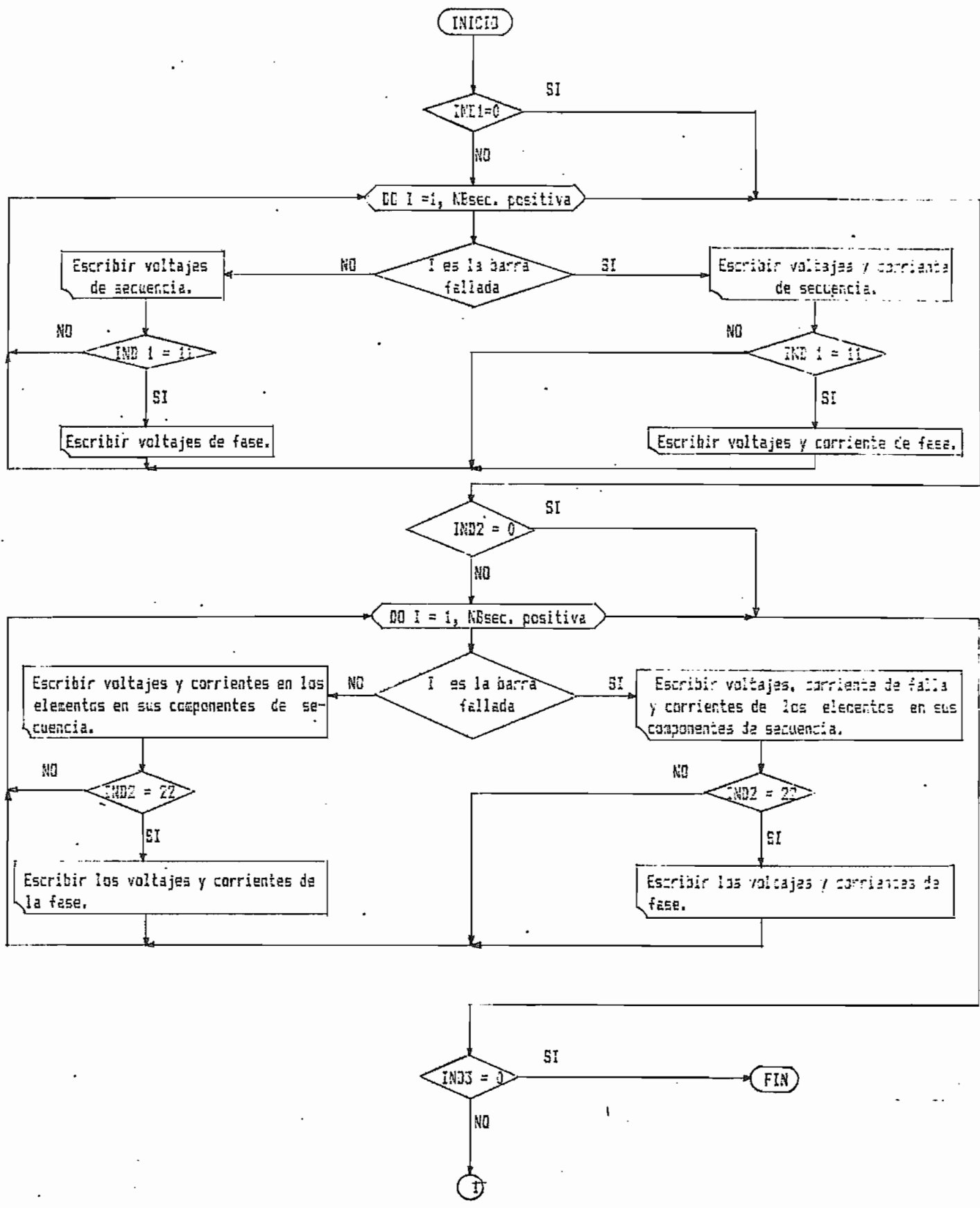
Este diagrama de bloques se utiliza en los dos programas:

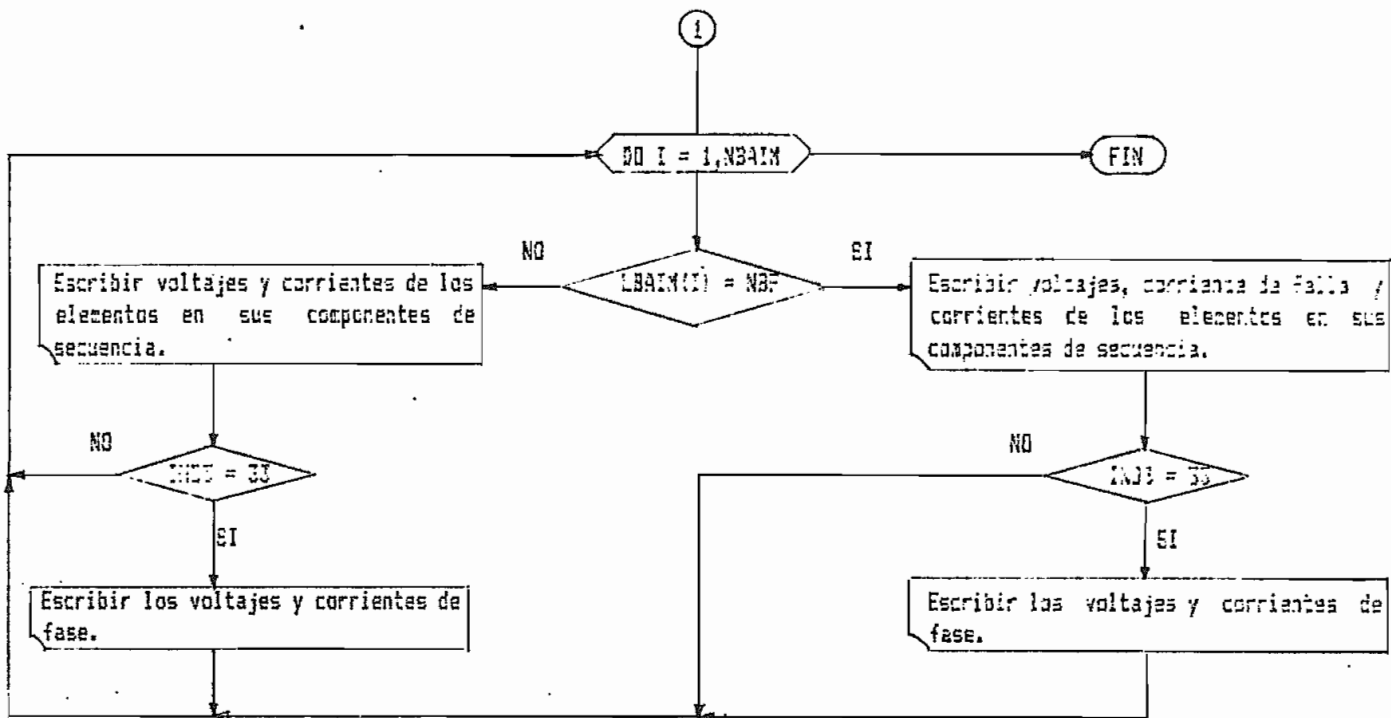




5.5.- IMPRESION DE RESULTADOS.-

El diagrama de bloques es:





CAPITULO VI.- EJEMPLOS

6.1.- EJEMPLOS POR EL METODO CLASICO MEJORADO.-

Se estudiarán tres casos cuyos resultados ya son conocidos, para poder comprobar la validez del primer programa.

6.1.1.- Ejemplo # 1 [1].-

El sistema a analizarse no presenta ni taps, ni shunts, ni cargas; así:

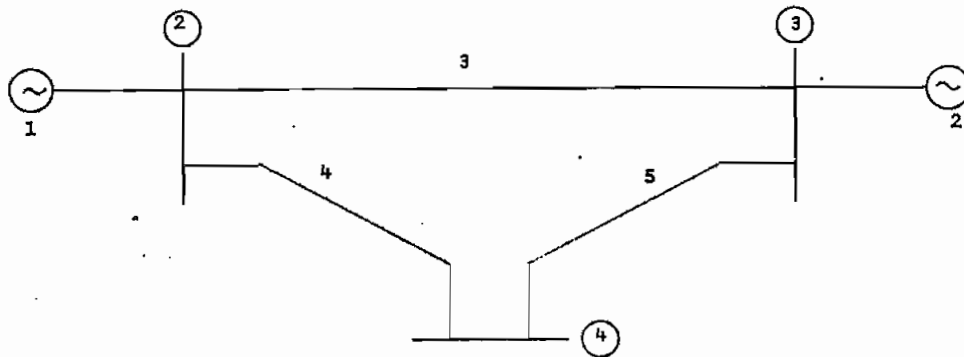


Figura 6.1

Los datos de secuencia de este sistema son:

Elemento	Nodo	Nodo	Impedancia	Impedancia	Acople	Sec.cero.	
#	Tipol	p	q	sec.posit.	sec.cero	Elem.	Impedancia
1	Gen.	0	2	j0.1025	j0.035		
2	Gen.	0	3	j0.1025	j0.035		
3	L/T	2	3	j1.	j2.5		
4	L/T	2	4	j0.4	j1.	3	j0.6
5	L/T	4	3	j0.6	j1.5	3	j0.9

Se corre el primer programa para fallas trifásica y fase-tierra en la barra 4, y se obtienen los voltajes en la barra, la corriente total de falla y las corrientes en los elementos conectados a dicha barra. Así:

 * EJEMPLO #1 DE LA TESIS. "METODO CLASICO MEJORADO."
 * SACADO DEL LIBRO DE STAGG Y EL-ABIAD.
 * *****

DATOS DEL SISTEMA

NUMERO DE BARRAS DEL SISTEMA: 3

NUMERO DE ELEM. DEL SISTEMA: 5

NUMERO TOTAL DE ACOPLAS EXISTENTES EN EL SISTEMA: 2

ELEM.	NODO P	NODO Q	IMP. SEC. POSITIVA	IMP. SEC. CERO
1	0	2	0.00300+J 0.10250	0.00000+J 0.03500
2	0	3	0.00000+J 0.10250	0.00000+J 0.03500
3	2	3	0.00000+J 1.00000	0.00000+J 2.50000
4	2	4	0.00000+J 0.40000	0.00000+J 1.00000
5	4	3	0.00000+J 0.60000	0.00000+J 1.50000

DATOS DE LOS ACOPLAMIENTOS MUTUOS

ELEMENTOS ACOPLADOS	IMPED. DE ACOPL. SEC. POST.	IMPED. DE ACOPL. SEC. CERO
4 3	99.99998+J 99.99998	0.00000+J 0.60000
5 3	99.99998+J 99.99998	0.00000+J 0.90000

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 4

MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA

2	0.00000+J	0.08760	0.00000+J	0.01490	0.00000+J	0.05852
3	0.00000+J	0.01490	0.00000+J	0.08760	0.00000+J	0.04398
4	0.00000+J	0.05852	0.00000+J	0.04398	0.00000+J	0.29270

EN ESTA SEC. EL NUMERO DE BARRAS CON CONEXION AL SISTEMA ES: 3

MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA CERO

	2	3	4
2	0.00000+J	0.03441	0.00000+J
4	0.00000+J	0.02088	0.00000+J
3	0.00000+J	0.00000+J	0.00000+J

EN ESTA SEC. EL NUMERO DE BARRAS CON CONEXION AL SISTEMA ES: 3

$$Z_{BARRAS} = \begin{bmatrix} j0.02441 & j0.00000 & j0.02088 \\ j0.00000 & j0.03441 & j0.01412 \\ j0.02088 & j0.01412 & j0.61818 \end{bmatrix}$$

$$Y_{BARRAS} = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 4 \\ -29.66 & 0.0984 & 0.9987 \\ 0.09842 & -29.3266 & 0.66676 \\ 0.9987 & 0.66676 & -1.66665 \end{bmatrix}$$

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:3FAS

***** (F: FALLADA) *****

BARRAS (F: FALLADA) *****

I	POT.C.C. MVA	VOLTAJE			CORRIENTE			NUM	I	J	VOLT. EN J			CORRIENTE I J		
		MOD.	ANG.	ANG. /	MOD.	ANG.	ANG.				MOD.	ANG.	ANG.			
F	4	3.416	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	3.416	-90.000	0.000			SEC. P	0.000	0.000	0.000	2.000	90.000	0.000
			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.360	0.000	1.972	-90.000	0.000			FASE A	0.462	0.000	0.000	1.155	90.000	0.000
			0.000	0.000	1.972	150.000	0.000			FASE B	0.462	-120.000	0.000	1.155	330.000	0.000
			0.000	0.000	1.972	30.000	0.000			FASE C	0.462	120.000	0.000	1.155	210.000	0.000
								5	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.050	0.000	0.000	1.416	90.000	0.000
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
										FASE A	0.491	0.000	0.000	0.818	90.000	0.000
										FASE B	0.491	-120.000	0.000	0.818	330.000	0.000
										FASE C	0.491	120.000	0.000	0.818	210.000	0.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:IF-T

 BARRAS (F:FALLADA)

F	I POT-C.C. MVA	VOLTAGE		CORRIENTE		NUM	I	J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J			
		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.		
		SEC. 0	0.514	180.000	0.831	-90.000	4	4	2	SEC. 0	0.017	180.000	0.497	90.000
		SEC. P	0.757	0.000	0.831	-90.000				SEC. P	0.951	0.000	0.486	50.000
		SEC. N	0.243	180.000	0.631	-90.000				SEC. N	0.049	180.000	0.486	90.000
		FASE A	0.000	0.000	1.439	-90.000				FASE A	0.511	0.000	0.849	90.000
		FASE B	0.669	-131.656	0.000	0.000				FASE B	0.569	-118.424	0.006	90.001
		FASE C	0.569	131.656	0.000	0.000				FASE C	0.569	118.424	0.006	89.999
							5	4	3	SEC. 0	0.012	180.000	0.334	90.000
										SEC. P	0.963	0.000	0.344	90.000
										SEC. N	0.037	180.000	0.344	90.000
										FASE A	0.528	0.000	0.590	90.000
										FASE B	0.570	-118.754	0.006	270.000
										FASE C	0.570	118.754	0.006	270.002

EL TIEMPO DE CPU DEL PROGRAMA ES: 0.76243E 01(CENTECINAS DE SEGUNDO)

6.1.2.- Ejemplo # 2 [2].-

El sistema a analizarse es:

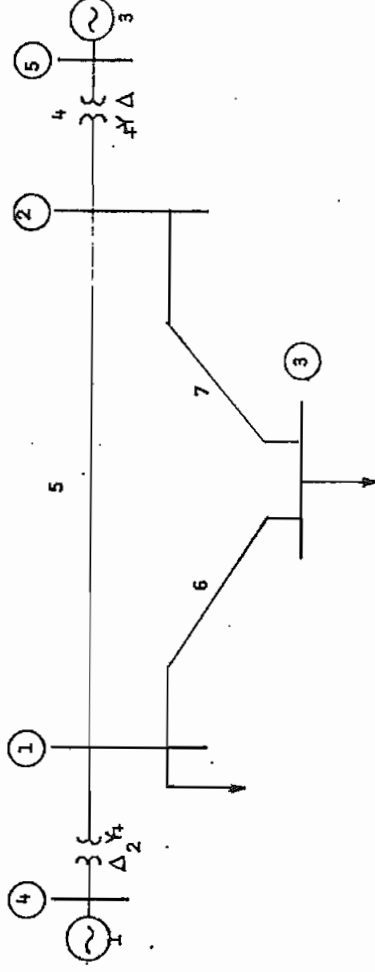


Figura 6.2

Depreciando cargas, taps y shunts, se tienen los siguientes datos de secuencia:

Elementos	Nodo	Nodo	Impedancia de sec. positiva	Impedancia de secuencia cero
#	p	q		
1	0	4	j0.1	j0.05
2	4	1	j0.05	99.9999+j99.9999
3	0	1	99.9999+j99.9999	j0.05
4	0	5	j0.05	j0.025
5	5	2	j0.025	99.9999+j99.9999
6	0	2	99.9999+j99.9999	j0.025
7	1	2	j0.1	j0.2
8	1	3	j0.1	j0.2
9	3	2	j0.1	j0.2

Se corre el primer programa para todas las fallas en la barra 3 y se obtienen los voltajes y corrientes en las barras 1,2 y 3, y en todos los elementos conectados a ellas.

Así:

 * EJEMPLO #2 DE LA TESIS. METODO CLASICO MEJORADO. *
 * SACADO DEL LIBRO DE ELGERD. *
 * *****

DATOS DEL SISTEMA

NUMERO DE BARRAS DEL SISTEMA: 5
 NUMERO DE ELEM. DEL SISTEMA: 9
 NUMERO TOTAL DE ACOPLER EXISTENTES EN EL SISTEMA: 0

ELEM.	NODO P	NODO Q	IMP. SEC. POSITIVA	IMP. SEC. CERO
1	0	4	0.00000+J 0.10000	0.00000+J 0.05000
2	4	1	0.00000+J 0.05000	99.999998+J 99.999998
3	0	1	99.999998+J 99.999998	0.00000+J 0.05000
4	0	5	0.00000+J 0.05000	0.00000+J 0.02500
5	5	2	0.00000+J 0.02500	99.999998+J 99.999998
6	0	2	99.999998+J 99.999998	0.00000+J 0.02500
7	1	2	0.00000+J 0.10000	0.00000+J 0.20000
8	1	3	0.00000+J 0.10000	0.00000+J 0.20000
9	3	2	0.00000+J 0.10000	0.00000+J 0.20000

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 3

MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA

	4	1	2	3	5
4	0.00000+J 0.06571	0.00000+J 0.04857	0.00000+J 0.02571	0.00000+J 0.03714	0.00000+J 0.01714
1	0.00000+J 0.04857	0.00000+J 0.07286	0.00000+J 0.03857	0.00000+J 0.05571	0.00000+J 0.02571
2	0.00000+J 0.02571	0.00000+J 0.03857	0.00000+J 0.05571	0.00000+J 0.04714	0.00000+J 0.03714
3	0.00000+J 0.03714	0.00000+J 0.05571	0.00000+J 0.04714	0.00000+J 0.10143	0.00000+J 0.03143
5	0.00000+J 0.01714	0.00000+J 0.02571	0.00000+J 0.03714	0.00000+J 0.03143	0.00000+J 0.04143

EN ESTA SEC. EL NUMERO DE BARRAS CON CONEXION AL SISTEMA ES: 5

MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA CERO

	4	1	2	3	5
4	0.00000+J	0.00000	0.00000+J	0.00000	0.00000+J
1	0.00000+J	0.00380	0.00000+J	0.00000+J	0.00000+J
2	0.00000+J	0.00600	0.00000+J	0.02200	0.00000+J
3	0.00000+J	0.00600	0.00000+J	0.01400	0.00000+J
5	0.00000+J	0.02200	0.00000+J	0.11800	0.00000+J
	0.00000+J	0.00000	0.00000+J	0.00000	0.00000+J

EN ESTA SEC. EL NUMERO DE BARRAS CON COEXION AL SISTEMA ES: 5

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA: SFAS
 BARRAS (F: FALLADA)

I POT.C.C. MVA	VOLTAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	ELEMENTOS		CORRIENTE I J					
	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.		
1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	3	1	0	SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000			
	SEC. P	0.451	0.000	0.000				SEC. N	1.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	SEC. N	0.000	0.000	0.000				FASE A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	FASE A	0.260	0.000	0.000				FASE B	0.577	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	FASE B	0.260	-120.000	0.000				FASE C	0.577	120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	FASE C	0.260	120.000	0.000				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
								SEC. P	0.634	0.000	0.000	3.562	90.000	0.000	0.000
								SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
								FASE A	0.366	0.000	0.000	2.114	90.000	0.000	0.000
								FASE B	0.366	-120.000	0.000	2.114	330.000	0.000	0.000
				FASE C	0.366	120.000	0.000	2.114	210.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	0.535	0.000	0.000	0.845	90.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.309	0.000	0.000	0.488	90.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.309	-120.000	0.000	0.488	330.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.309	120.000	0.000	0.488	210.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	0.600	0.000	0.000	4.507	270.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.000	0.000	0.000	2.602	270.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.000	0.000	0.000	2.502	150.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.000	0.000	0.000	2.602	30.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.577	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.577	-120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.577	120.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	0.451	0.000	0.000	0.845	270.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.260	0.000	0.000	0.488	270.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.260	-120.000	0.000	0.488	150.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.260	120.000	0.000	0.488	30.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	0.000	0.000	0.000	5.352	270.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.000	0.000	0.000	3.090	270.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.000	0.000	0.000	3.090	150.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	0.690	0.000	0.000	6.197	90.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.398	0.000	0.000	3.578	90.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.398	-120.000	0.000	3.578	330.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.398	120.000	0.000	3.578	210.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	0.451	0.000	0.000	0.845	270.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				SEC. P	0.451	0.000	0.000	0.845	270.000	0.000	0.000				
				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE B	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
				FASE C	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				

I	POT.C.C. MVA	SEC.	MOD.	ANG.	CORRIENTE	MOD.	ANG.	NUM	I	J	MOD.	ANG.	CORRIENTE	MOD.	ANG.
5	472.958	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8	3	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. P	0.300	0.000	9.859	-90.000	0.000				SEC. P	0.451	0.000	0.845	270.000
		SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:3FAS

 BARRAS (F:FALLADA) *****

 ELEMENOS *****

I POT.C.C. MVA	VOLTAJE		CORRIENTE		I NUM I J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J		
	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	
FASE A	0.000	0.000	5.692	-90.000		FASE A	0.260	0.000	2.602	90.000
FASE B	0.000	0.000	5.692	150.000		FASE B	0.260	-120.000	2.602	330.000
FASE C	0.000	0.000	5.692	30.000		FASE C	0.260	120.000	2.602	210.000
					9 3 2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
						SEC. P	0.535	0.000	5.352	90.000
						SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
						FASE A	0.309	0.000	3.090	90.000
						FASE B	0.309	-120.000	3.090	330.000
						FASE C	0.309	120.000	3.090	210.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:2FAS

*****ELEMENTOS*****

BARRAS (FFALLADA)

I	PDT.C.S. MVA	VOLTAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	ELEMENTOS		CORRIENTE I J	
		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				VOLT.	ANG.	MOD.	ANG.
1		SEC. 0	0.000	0.000	0.000	3	1	0	SEC. P	0	0.000	0.000
		SEC. P	0.725	0.000	0.000				SEC. P	1.000	0.000	0.000
		SEC. N	0.275	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.577	0.000	0.000				FASE A	0.577	-120.000	0.000
		FASE B	0.366	-142.023	0.000				FASE B	0.577	120.000	0.000
		FASE C	0.366	142.023	0.000				FASE C	0.577	120.000	0.000
						2	1	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
									SEC. P	0.617	0.000	1.831
									SEC. N	0.183	0.000	1.831
									FASE A	0.577	0.000	0.000
									FASE B	0.429	-132.331	1.831
									FASE C	0.429	132.331	1.831
						7	1	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
									SEC. P	0.768	0.000	0.423
									SEC. N	0.232	0.000	0.423
									FASE A	0.577	0.000	0.000
									FASE B	0.394	-137.169	0.423
									FASE C	0.394	137.169	0.423
						8	1	3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
									SEC. P	0.500	0.000	2.254
									SEC. N	0.500	0.000	2.254
									FASE A	0.577	0.000	0.000
									FASE B	0.289	-180.000	2.254
									FASE C	0.289	-180.000	2.254
2		SEC. 0	0.000	0.000	0.000	6	2	0	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
		SEC. P	0.768	0.000	0.000				SEC. P	1.000	0.000	0.000
		SEC. N	0.232	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.577	0.000	0.000				FASE A	0.577	0.000	0.000
		FASE B	0.394	-137.169	0.000				FASE B	0.577	-120.000	0.000
		FASE C	0.394	137.169	0.000				FASE C	0.577	120.000	0.000
						7	2	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
									SEC. P	0.725	0.000	0.423
									SEC. N	0.275	0.000	0.423
									FASE A	0.577	0.000	0.000
									FASE B	0.366	-142.023	0.423
									FASE C	0.366	142.023	0.423
						9	2	3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
									SEC. P	0.500	0.000	2.676
									SEC. N	0.500	0.000	2.676
									FASE A	0.577	0.000	0.000
									FASE B	0.289	-180.000	2.676
									FASE C	0.289	-180.000	2.676
						5	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
									SEC. P	0.845	0.000	3.099
									SEC. N	0.155	0.000	3.099
									FASE A	0.577	0.000	0.000
									FASE B	0.450	-129.915	3.099
									FASE C	0.450	129.915	3.099
3		SEC. 0	0.000	0.000	0.000	8	3	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
		SEC. P	0.500	0.000	4.930				SEC. P	0.725	0.000	2.254
		SEC. N	0.500	0.000	4.930				SEC. N	0.725	0.000	2.254

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:2FAS

BARRAS (F:FALLADA)

I POT.C.C.
MVA

ELEMENTOS

BARRAS (F:FALLADA)	VOLTAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J	
	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.
FASE A	0.577	0.000	0.000	0.000				0.577	0.000	0.000	0.000
FASE B	0.289	-180.000	4.930	180.000				0.366	-142.023	2.254	0.000
FASE C	0.289	-180.000	4.930	0.000	9	3	2	0.386	142.023	2.254	180.000
								0.000	0.000	0.000	0.000
								0.768	0.000	2.576	90.000
								0.232	0.000	2.676	270.000
								0.577	0.000	0.000	0.000
								0.394	-137.169	2.676	0.000
								0.394	137.169	2.676	180.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA: LF-1
 BARRAS (F: FALLADA)

I	POT.C.C. MVA	VOLTAJE		CORRIENTE		I	NUM	I	J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J		
		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.					MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	
1		SEC. 0	0.069	180.000			3	1	0	SEC. 0	0.000	0.000	1.371	90.000
		SEC. P	0.826	0.000						SEC. P	1.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. N	0.174	180.000						SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.337	0.000						FASE A	0.577	0.000	0.792	90.000
		FASE B	0.550	-114.514						FASE B	0.577	-120.000	0.792	90.000
		FASE C	0.550	114.514						FASE C	0.577	120.000	0.792	90.000
							2	1	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.884	0.000	1.158	90.000
										SEC. N	0.116	180.000	1.158	90.000
										FASE A	0.444	0.000	1.337	90.000
										FASE B	0.547	-113.926	0.668	270.000
										FASE C	0.547	113.926	0.668	270.000
							7	1	2	SEC. 0	0.044	0.000	0.125	90.000
										SEC. P	0.853	0.000	0.267	90.000
										SEC. N	0.147	180.000	0.267	90.000
										FASE A	0.383	0.000	0.380	90.000
										FASE B	0.550	-114.611	0.082	270.000
										FASE C	0.550	114.611	0.082	270.000
							8	1	3	SEC. 0	0.368	180.000	1.496	270.000
										SEC. P	0.684	0.000	1.425	270.000
										SEC. N	0.316	180.000	1.425	270.000
										FASE A	0.000	0.000	2.509	270.000
										FASE B	0.593	-122.497	0.041	270.000
										FASE C	0.593	122.497	0.041	270.000

2		SEC. 0	0.044	180.000			6	2	0	SEC. 0	0.000	0.000	1.745	90.000
		SEC. P	0.853	0.000						SEC. P	1.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. N	0.147	180.000						SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.383	0.000						FASE A	0.577	0.000	1.008	90.000
		FASE B	0.550	-114.611						FASE B	0.577	-120.000	1.008	90.000
		FASE C	0.550	114.611						FASE C	0.577	120.000	1.008	90.000
							7	2	1	SEC. 0	0.069	180.000	0.125	270.000
										SEC. P	0.826	0.000	0.267	270.000
										SEC. N	0.174	180.000	0.267	270.000
										FASE A	0.337	0.000	0.380	270.000
										FASE B	0.550	-114.514	0.382	90.000
										FASE C	0.550	114.514	0.382	90.000
							9	2	3	SEC. 0	0.360	180.000	1.621	270.000
										SEC. P	0.684	0.000	1.692	270.000
										SEC. N	0.316	180.000	1.692	270.000
										FASE A	0.000	0.000	2.889	270.000
										FASE B	0.593	-122.497	0.041	90.000
										FASE C	0.593	122.497	0.041	90.000
							5	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.902	0.000	1.959	90.000
										SEC. N	0.098	180.000	1.959	90.000
										FASE A	0.464	0.000	2.262	90.000
										FASE B	0.551	-114.903	1.131	270.000
										FASE C	0.551	114.903	1.131	270.000

3		SEC. 0	0.368	180.000			8	3	1	SEC. 0	0.069	180.000	1.496	90.000
		SEC. P	0.684	0.000						SEC. P	0.826	0.000	1.425	90.000
		SEC. N	0.316	180.000						SEC. N	0.174	180.000	1.425	90.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:1F-T

***** (FFALLADA) *****

I POT.C.C.C. MVA		BARRAS (FFALLADA)		CORRIENTE		NUM I J		ELEMENTOS		CORRIENTE I J	
MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.
FASE A	0.000	0.000	0.000	FASE A	0.337	0.000	FASE A	0.337	0.000	2.509	90.000
FASE B	0.593	-122.497	0.000	FASE B	5.398	-90.000	FASE B	0.550	-114.514	0.041	90.000
FASE C	0.593	122.497	0.000	FASE C	0.000	0.000	FASE C	0.550	114.514	0.041	90.000
				SEC. 0	0.044	180.000	SEC. 0	0.044	180.000	1.621	90.000
				SEC. P	0.853	0.000	SEC. P	0.853	0.000	1.692	90.000
				SEC. N	0.147	180.000	SEC. N	0.147	180.000	1.692	90.000
				FASE A	0.383	0.000	FASE A	0.383	0.000	2.889	90.000
				FASE B	0.550	-114.611	FASE B	0.550	-114.611	0.041	270.000
				FASE C	0.550	114.611	FASE C	0.550	114.611	0.041	270.001

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:2F-T

BARRAS (F: FALLADA)

I POT-C-C.
HVA

ELEMENTOS

I	POT-C-C. HVA	VOLTAGE		CORRIENTE		/	NUM	I	J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J		
		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.					MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	
1		SEC. 0	0.365	0.000			3	1	0	SEC. 0	0.000	0.000	1.304	270.000
		SEC. P	0.543	0.000						SEC. P	1.003	0.000	0.000	0.000
		SEC. N	0.192	0.000						SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.520	0.000						FASE A	0.577	0.000	0.753	270.000
		FASE B	0.304	-132.065						FASE B	0.577	-120.000	0.753	270.000
		FASE C	0.304	132.065						FASE C	0.577	120.000	0.753	270.000
							2	1	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.762	0.000	2.381	90.000
										SEC. N	0.128	0.000	1.281	270.000
										FASE A	0.514	0.000	0.536	90.000
										FASE B	0.408	-129.030	1.858	350.154
										FASE C	0.408	129.030	1.858	189.845
							7	1	2	SEC. 0	0.041	0.000	0.119	270.000
										SEC. P	0.698	0.000	0.550	90.000
										SEC. N	0.163	0.000	0.296	270.000
										FASE A	0.521	0.000	0.078	90.000
										FASE B	0.349	-129.980	0.446	341.452
										FASE C	0.349	129.980	0.446	198.548
							8	1	3	SEC. 0	0.350	0.000	1.423	90.000
										SEC. P	0.350	0.000	2.931	270.000
										SEC. N	0.350	0.000	1.576	90.000
										FASE A	0.606	0.000	0.039	90.000
										FASE B	0.003	0.000	2.559	151.720
										FASE C	0.000	0.000	2.559	28.280
2		SEC. 0	0.041	0.000			6	2	0	SEC. 0	0.000	0.000	1.560	270.000
		SEC. P	0.598	0.000						SEC. P	1.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. N	0.163	0.000						SEC. N	0.003	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.521	0.000						FASE A	0.577	0.000	0.958	270.000
		FASE B	0.349	-129.980						FASE B	0.577	-120.000	0.958	270.000
		FASE C	0.349	129.980						FASE C	0.577	120.000	0.958	270.000
							7	2	1	SEC. 0	0.065	0.000	0.119	90.000
										SEC. P	0.643	0.000	0.550	270.000
										SEC. N	0.192	0.000	0.296	90.000
										FASE A	0.520	0.000	0.078	270.000
										FASE B	0.304	-132.065	0.446	161.452
										FASE C	0.304	132.065	0.446	18.548
							9	2	3	SEC. 0	0.350	0.000	1.541	90.000
										SEC. P	0.350	0.000	3.480	270.000
										SEC. N	0.350	0.000	1.872	90.000
										FASE A	0.606	0.000	0.039	270.000
										FASE B	0.000	0.000	2.999	153.159
										FASE C	0.003	0.000	2.999	26.841
							3	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.798	0.000	4.030	90.000
										SEC. N	0.108	0.000	2.167	270.000
										FASE A	0.524	0.000	1.076	90.000
										FASE B	0.433	-127.186	3.145	350.154
										FASE C	0.433	127.186	3.145	169.845
F		SEC. 0	0.350	0.000			8	3	1	SEC. 0	0.065	0.000	1.423	270.000
		SEC. P	0.590	0.000						SEC. P	0.643	0.000	2.931	90.000
		SEC. N	0.150	0.000						SEC. N	0.142	0.000	1.576	270.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:2F-T

I POT.C.C. HVA		BARRAS (F: FALLADA)		CORRIENTE		NUM I J		ELEMENTOS		CORRIENTE I J	
MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.
FASE A	0.606	0.000	0.000	0.000	0.000	FASE A	0.520	0.000	0.000	0.039	270.000
FASE B	0.000	0.000	0.000	5.558	152.497	FASE B	0.304	-132.065	0.000	2.559	331.720
FASE C	0.000	0.000	0.000	5.558	27.503	FASE C	0.304	132.065	0.000	2.559	208.290
						SEC. O	0.041	0.000	0.000	1.541	270.000
						SEC. P	0.698	0.000	0.000	3.480	90.000
						SEC. N	0.163	0.000	0.000	1.872	270.000
						FASE A	0.521	0.000	0.000	0.039	90.000
						FASE B	0.349	-129.980	0.000	2.999	333.159
						FASE C	0.349	129.980	0.000	2.999	206.841

EL TIEMPO DE CPU DEL PROGRAMA ES: 0.59424E 01 (CENTECIMAS DE SEGUNDO)

Debido a la información que se dispone en este sistema solo se analizará una falla trifásica. Los datos, sin considerar taps, shunts y cargas, son:

Elemento		Nodo	Nodo	Impedancia de secuencia positiva
#	Tipo	p	q	
1	Gen.	0	1	j0.1
2	Gen.	0	2	j0.1
3	Gen.	0	6	j0.1
4	Cond.Sinc.	0	8	j0.1
5	Cond.Sinc.	0	3	j0.1
6	Transf.	5	6	j0.25202
7	Transf.	4	9	j0.55618
8	Transf.	7	9	j0.11001
9	Transf.	7	8	j0.17165
10	Transf.	4	7	j0.20912
11	L/T	1	2	0.03876+j0.11834
12	L/T	1	2	0.03876+j0.11834
13	L/T	2	5	0.05695+j0.17388
14	L/T	2	4	0.05811+j0.17632
15	L/T	5	4	0.01335+j0.04211
16	L/T	4	3	0.06701+j0.17103
17	L/T	1	5	0.05403+j0.22304
18	L/T	12	6	0.12291+j0.25581
19	L/T	12	13	0.22092+j0.19988
20	L/T	13	6	0.06615+j0.13027
21	L/T	6	11	0.09498+j0.19890
22	L/T	13	14	0.17093+j0.34802
23	L/T	11	10	0.08205+j0.19207
24	L/T	10	9	0.03181+j0.08459
25	L/T	14	9	0.12711+j0.27038
26	L/T	2	3	0.04699+j0.19797

Se corre el primer programa para una falla trifásica en las barras 1, 2, 4 y 13, obteniéndose los voltajes en las barras adyacentes a cada una de estas, la corriente total de falla y las corrientes en los elementos conectados a dichas barras. Así:

 * EJEMPLO #3 DE LA TESIS. METODO CLASICO MEJORADO.
 * SISTEMA DE PRUEBA DE 14 BARRAS DE LA AEP-IEEE.
 * *****

DATOS DEL SISTEMA

NUMERO DE BARRAS DEL SISTEMA: 14

NUMERO DE ELEM* DEL SISTEMA: 26

NUMERO TOTAL DE ACOPLER EXISTENTES EN EL SISTEMA: 0

ELEM.	NODO P	NODO Q	IMP. SEC. POSITIVA
1	0	1	0.00000+J 0.10000
2	0	2	0.00000+J 0.10000
3	0	6	0.00000+J 0.10000
4	0	8	0.00000+J 0.10000
5	0	3	0.00000+J 0.10000
6	5	6	0.00000+J 0.25202
7	4	9	0.00000+J 0.55618
8	7	9	0.00000+J 0.11001
9	7	8	0.00000+J 0.17515
10	4	7	0.00000+J 0.20912
11	1	2	0.03876+J 0.11934
12	1	2	0.03876+J 0.11934
13	2	5	0.05695+J 0.17380
14	2	4	0.05811+J 0.17532
15	5	4	0.01335+J 0.04211
16	4	3	0.06701+J 0.17103
17	1	5	0.05403+J 0.22304
18	12	6	0.12291+J 0.25581
19	12	13	0.22092+J 0.19980
20	13	6	0.06615+J 0.13027
21	6	11	0.09498+J 0.19890
22	13	14	0.17093+J 0.34802
23	11	10	0.00205+J 0.19207
24	10	9	0.03181+J 0.09459
25	14	9	0.12711+J 0.27038
26	2	3	0.04699+J 0.19797

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 1

MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA

1	0.00419+J	0.04989	-0.00109+J	0.02648	-0.00091+J	0.02345	-0.00141+J	0.02037	-0.00233+J	0.01174
2	-0.00109+J	0.02648	0.00330+J	0.04290	-0.00070+J	0.02633	-0.00065+J	0.02535	-0.00165+J	0.01707
3	-0.00091+J	0.02635	-0.00070+J	0.02635	0.00079+J	0.06560	0.00512+J	0.04808	-0.00212+J	0.01943
4	-0.00141+J	0.02037	-0.00065+J	0.02535	0.00512+J	0.04808	0.01034+J	0.06367	-0.00162+J	0.02362
5	-0.00233+J	0.01174	-0.00165+J	0.01707	-0.00212+J	0.01943	-0.00162+J	0.02362	0.00520+J	0.05945
6	-0.00060+J	0.00761	0.00056+J	0.00878	0.00240+J	0.02057	0.00119+J	0.01740	-0.00103+J	0.00691
9	-0.00021+J	0.01201	0.0037+J	0.01466	0.00442+J	0.02902	0.00777+J	0.01376	-0.00017+J	0.01376
12	-0.00050+J	0.01161	0.00022+J	0.01855	0.00370+J	0.02823	0.00687+J	0.03552	-0.00053+J	0.01334
17	-0.00062+J	0.00793	-0.00056+J	0.00921	0.00245+J	0.02120	0.00148+J	0.01909	-0.00163+J	0.00737
13	-0.00051+J	0.00824	-0.00039+J	0.00963	0.00275+J	0.02178	0.00227+J	0.02023	-0.00086+J	0.00782
11	-0.00037+J	0.00947	-0.00049+J	0.01126	-0.00337+J	0.02413	0.00421+J	0.02495	-0.00058+J	0.00959
10	-0.00024+J	0.01124	0.00027+J	0.01363	-0.00415+J	0.02754	0.00679+J	0.03183	-0.00026+J	0.01215
14	-0.00033+J	0.01037	0.00006+J	0.01247	0.00373+J	0.02587	0.00544+J	0.02847	-0.00044+J	0.01089
8	-0.00018+J	0.00428	0.00001+J	0.00527	0.00134+J	0.01022	-0.000249+J	0.01285	-0.00019+J	0.00483

1	-0.00060+J	0.00761	-0.00021+J	0.01201	-0.00050+J	0.01181	-0.00062+J	0.00793	-0.00051+J	0.00824
2	-0.00056+J	0.00878	0.0037+J	0.01466	-0.00022+J	0.01455	-0.00056+J	0.00921	-0.00039+J	0.00963
5	0.00240+J	0.02057	0.00442+J	0.02902	0.00370+J	0.02823	0.00245+J	0.02120	0.00275+J	0.02178
4	0.00119+J	0.01740	0.00079+J	0.03486	0.00687+J	0.03552	0.00148+J	0.01909	0.00227+J	0.02023
3	-0.00103+J	0.00691	-0.00077+J	0.01326	-0.00053+J	0.01334	-0.00103+J	0.00737	-0.00086+J	0.00782
6	0.00283+J	0.01690	0.00404+J	0.03142	-0.00177+J	0.02119	0.00375+J	0.02662	0.00157+J	0.06362
9	-0.00404+J	0.03142	0.01740+J	0.13393	0.01117+J	0.07912	-0.00362+J	0.03897	-0.00021+J	0.04614
7	-0.00177+J	0.02119	0.0117+J	0.03897	-0.00760+J	0.10799	-0.00147+J	0.02547	0.00051+J	0.02950
12	0.00275+J	0.02178	-0.00362+J	0.07912	-0.06147+J	0.20785	0.09314+J	0.20785	0.01623+J	0.10872
15	0.00157+J	0.06362	-0.00021+J	0.04614	0.00051+J	0.02950	0.01623+J	0.10972	0.04777+J	0.14872
11	-0.00059+J	0.005317	0.00643+J	0.07461	0.00450+J	0.04599	-0.00032+J	0.05477	0.00058+J	0.05623
10	-0.00320+J	0.03802	0.01464+J	0.11592	-0.00946+J	0.06894	-0.00277+J	0.04377	-0.00006+J	0.04919
14	-0.00173+J	0.04546	0.01011+J	0.09565	0.00657+J	0.05748	0.00473+J	0.06984	0.02068+J	0.09099
8	-0.00054+J	0.00767	0.00404+J	0.02865	0.00278+J	0.03911	-0.00053+J	0.00922	-0.00019+J	0.01668

1	-0.00037+J	0.00947	-0.00024+J	0.01124	-0.00033+J	0.01037	-0.00018+J	0.00428	-0.00018+J	0.00428
2	-0.00009+J	0.01126	0.00027+J	0.01363	0.00006+J	0.01247	0.00001+J	0.00527	0.00001+J	0.00527
5	0.00337+J	0.02413	0.00415+J	0.02754	0.00373+J	0.02587	0.00134+J	0.01822	0.00134+J	0.01822
4	0.00421+J	0.02495	-0.00679+J	0.03183	0.00544+J	0.02847	0.00249+J	0.01286	0.00249+J	0.01286
3	-0.00058+J	0.00959	-0.00026+J	0.01215	-0.00044+J	0.01089	-0.00019+J	0.00483	-0.00019+J	0.00483
6	-0.00059+J	0.005317	-0.00032+J	0.03802	-0.00173+J	0.04546	-0.00064+J	0.00767	-0.00064+J	0.00767
9	0.00643+J	0.07461	0.01464+J	0.11592	0.01011+J	0.09565	0.00404+J	0.02865	0.00404+J	0.02865
7	0.00450+J	0.04599	0.00946+J	0.06894	0.00674+J	0.05748	0.00278+J	0.03911	0.00278+J	0.03911
12	-0.00032+J	0.05477	-0.00077+J	0.04377	0.00473+J	0.06984	-0.00053+J	0.00922	-0.00053+J	0.00922
13	0.0058+J	0.0523	-0.00066+J	0.04919	0.02068+J	0.09099	0.00019+J	0.01068	0.00019+J	0.01068
11	0.05473+J	0.17798	0.05305+J	0.10627	0.00396+J	0.06659	0.00163+J	0.01651	0.00163+J	0.01651
10	0.02005+J	0.10627	0.03965+J	0.17181	0.00852+J	0.06682	0.00343+J	0.02496	0.00343+J	0.02496
14	0.00396+J	0.06659	-0.00052+J	0.06682	0.00745+J	0.24584	0.00244+J	0.02682	0.00244+J	0.02682
8	0.00163+J	0.01651	0.00034+J	0.02476	0.00244+J	0.02682	0.00101+J	0.06796	0.00101+J	0.06796

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA: X FAS

*****ELEMENTOS*****

BARRAS (F: FALLADA)

I	POT.C.C.	MVA	VOLTAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	ELEMENTOS		CORRIENTE I J	
			MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.
F	I	1997.180	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	1	1	0	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
			SEC. P	0.000	19.972	-85.196				SEC. P	1.000	0.000	10.000
			SEC. N	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000
							11	1	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.479	-7.903	3.850
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							12	1	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.479	-7.909	3.850
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							17	1	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.538	-5.123	2.344
										SEC. N	0.000	0.000	0.000

5			SEC. 0	0.000	0.000		17	5	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
			SEC. P	0.538	-6.123					SEC. P	0.000	0.000	2.344
			SEC. N	0.000	0.000					SEC. N	0.000	0.000	0.000
							13	5	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.479	-7.903	0.331
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							15	5	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.600	-5.940	1.469
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							6	5	6	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.850	-1.659	1.256
										SEC. N	0.000	0.000	0.000

2			SEC. 0	0.000	0.000		2	2	0	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
			SEC. P	0.479	-7.909					SEC. P	1.000	0.000	5.243
			SEC. N	0.000	0.000					SEC. N	0.000	0.000	0.000
							11	2	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.000	0.000	0.000
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							12	2	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.000	0.000	0.000
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							13	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. F	0.538	-5.123	0.331
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							14	2	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.600	-5.940	0.658
										SEC. N	0.000	0.000	0.000
							26	2	3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.773	-4.896	1.451
										SEC. N	0.000	0.000	0.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA 3FAS

***** (F: FALLADA) *****

BARRAS (F: FALLADA) *****

I POT.C.C. NVA

I	VOLTAGE		CURRENT		NUM	I	J	ELEMENTOS		CORRIENTE I J	
	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.
	0.000	0.000	0.389	-9.520				0.000	0.000	0.524	295.006
	0.607	-6.599	0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000
	0.000	0.000	0.600	0.000	16	4	3	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.607	-6.599				0.000	0.000	1.067	168.960
			0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	7	4	9	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.656	-1.569				0.000	0.000	0.454	99.916
			0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	10	4	7	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.659	-2.270				0.000	0.000	1.217	97.976
			0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000
	0.607	-6.599	1.000	0.000	5	3	0	0.000	0.000	4.032	99.961
	0.000	0.000	0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	26	3	2	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000				0.000	0.000	2.983	276.753
			0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000
			0.000	0.000	16	3	4	0.000	0.000	0.000	0.000
			0.412	-6.581				0.000	0.000	1.057	288.960
			0.000	0.000				0.000	0.000	0.000	0.000

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 13

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA 3FAS

BARRAS (FALLADA)			ELEMENTOS		
I	POT.C.C. MVA	NUM I J	CORRIENTE MOD. ANG.	VOLT. EN J MOD. ANG.	CORRIENTE I J MOD. ANG.
F 13	638.933	20 13 5	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
			6.389 -71.842	0.622 -10.861	4.256 106.061
			0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
		19 13 12		0.324 -21.687	1.089 116.175
				0.000 0.000	0.000 0.000
		22 13 14		0.410 -7.793	1.058 108.365
				0.000 0.000	0.000 0.000
12		18 12 5	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
			0.324 -21.687	0.622 -10.861	1.068 116.175
			0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
		19 12 13		0.000 0.000	0.000 0.000
				0.000 0.000	1.089 206.175
				0.000 0.000	0.000 0.000
14		25 14 9	0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
			0.410 -7.793	0.726 -7.357	1.058 108.365
			0.000 0.000	0.000 0.000	0.000 0.000
		22 14 13		0.000 0.000	0.000 0.000
				0.000 0.000	1.058 288.365
				0.000 0.000	0.000 0.000

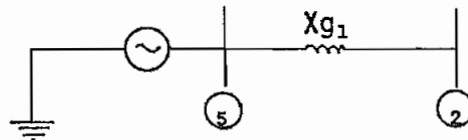
EL TIEMPO DE CPU DEL PROGRAMA ES: 0.66637E 01 (CENTESIMAS DE SEGUNDO)

6.2.- EJEMPLOS POR EL METODO NUEVO.-

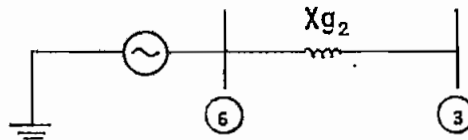
6.2.1.- Ejemplo # 4 [4].-

En este caso se corre con el segundo programa el ejemplo #1 dado en el numeral (6.1.1), donde no se consideran ni cargas, ni taps, ni elementos shunts. Esto se hace con el objeto de comprobar la validez del método y del nuevo programa, ya que se espera que los resultados obtenidos con los dos programas sean completamente iguales. Para poder realizarlo se deben definir como barras de generación a los nodos que se encuentran detrás de las reactancias de los generadores, a estas barras se las llamará:

a) Generador 1:



b) Generador 2:



A la barra 5 se la considerará como slack ($1\angle 0^\circ$ p.u.).

Los valores de corriente y voltaje, para las fallas planteadas en el ejemplo #1 y con los mismos datos de secuencia, son:

 * EJEMPLO #4 DE LA TESIS. NIEVO METODO *
 * SACADO DEL LIBRO DE STAGG Y EL-ARIAD. *
 * *****

 DATOS DEL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA

NUMERO DE BARRAS: 5

NUMERO DE ELEMENTOS: 5

NUMERO DE ACOPLES: 0

POTENCIA BASE: 1.000(MVA)

CRITERIO DE CONVERGENCIA: 0.00100

ELEM. NUM.	NODO P	NODO Q	RR	XX	SS	BK
1	5	2	0.00000	0.10250	0.00000	0.00000
2	6	3	0.00000	0.10250	0.00000	0.00000
3	2	3	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
4	2	4	0.00000	0.40000	0.00000	0.00000
5	4	3	0.00000	0.60000	0.00000	0.00000

YBARRA SEC. POSITIVA

FILA(I)	COLUMNA(J)	YBARRA(I,J)
2	2	0.00000+J -13.25510
2	3	0.00000+J 1.00000
2	4	0.00000+J 2.50000
2	5	0.00000+J 9.75510
3	2	0.00000+J 1.00000
3	3	0.00000+J -12.42277
3	4	0.00000+J 1.66667
3	5	0.00000+J 9.75510
4	2	0.00000+J 2.50000
4	3	0.00000+J 1.66667
4	4	0.00000+J -4.16667
4	5	0.00000+J 9.75510
5	2	0.00000+J -9.75510
5	3	0.00000+J 9.75510
5	4	0.00000+J -9.75510
5	5	0.00000+J 9.75510

DATOS DEL CIRCUITO DE SEC. CERO

NUMERO DE BARRAS: 3
 NUMERO DE ELEMENTOS: 5
 NUMERO DE ACOPLS: 2
 POTENCIA BASE: 1.0000(MVA)
 CRITERIO DE CONVERGENCIA: 0.000130

ELEM. NUM.	NODO P	NODO Q	RR	XX	SS	BK
1	0	0	0.0000	0.03500	0.00000	0.00000
2	0	3	0.00000	0.03500	0.00000	0.00000
3	2	3	0.00000	2.50000	0.00000	0.00000
4	2	4	0.00000	1.00000	0.00000	0.00000
5	4	3	0.00000	1.50000	0.00000	0.00000

DATOS DE LOS ACOPLS MUTUOS

ELEM. ACOPL. 1	ELEM. ACOPL. 2	IMPED. DE ACOPL
4	3	0.00000+J 0.50000
5	3	0.00000+J 0.50000

YBARRA SEC. CERO

FILA(I)	COLUMNA(J)	YBARRA(I,J)
2	2	0.00000+J -29.67144
2	3	0.00000+J 0.10000
2	4	0.00000+J 1.00000
3	2	0.50000+J 0.10000
3	3	0.00000+J -29.33811
3	4	0.00000+J 0.55567
4	2	0.00000+J 1.00000
4	3	0.00000+J 0.66567
4	4	0.00000+J -1.66667

VOLTAJES INICIALES, GENERACION Y CARGA

COMO NO EXISTEN CARGAS LAS POTENCIAS DE GENERACION Y LOS LIMITES INFERIORES DE GENERACION DE REACTIVOS
 DEBEN SER CERO, POR LO TANTO EL PROGRAMA LES ASIGNARA ESE VALOR

BARRA K	VOLTAJE INICIAL		GENERACION		CARGA		DLK	
	VO PU	DELTA GRAD	PGK MW	GGK MVAR	PLK MW		MVAR	
2	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
4	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
5	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
6	1.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

NUMERO DE ITERACIONES= 0.00

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 4

IPRED. DE BARRA DE SEC. POST. ZB(I, 4)

BARRA I ZB(I, 4)
2 0.00000+J 0.05852
3 0.00000+J 0.04396
4 0.00000+J 0.29270

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:3FAS

***** (F: FALLADA) *****

I POT.C.C.		BARRAS (F: FALLADA)		CORRIENTE		NUM I J		ELFVNTOS		CORRIENTE I J	
F	MVA	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	NUM	I J	MOD.	ANG.	MGD.	ANG.
4	3.416	0.000	0.000	0.000	0.000	4	4 2	0.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. P	0.000	3.416	-90.000		SEC. P	0.000	0.000	2.000	90.000
		SEC. N	0.000	0.000	0.000		SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.000	1.972	-90.000		FASE A	0.462	0.000	1.155	90.000
		FASE B	0.000	1.972	150.000		FASE B	0.462	-120.000	1.155	330.000
		FASE C	0.000	1.972	30.000		FASE C	0.462	120.000	1.155	210.000
						5	4 3	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.850	0.000	1.416	90.000
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
							FASE A	0.491	0.000	0.818	90.000
							FASE B	0.491	-120.000	0.818	330.000
							FASE C	0.491	120.000	0.818	210.000

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:1F-T

 BARRAS (F: FALLADA) *****
 ELEMENTOS *****

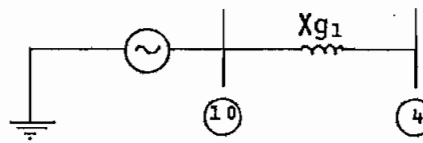
F	I	POT.C.C. MVA	VOLTIAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	VCLI. EN J		CORRIENTE I J			
			MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.		
			SEC. 0	0.514	180.000	0.831	-90.000	4	4	2	SEC. 0	0.017	180.000	0.497	90.000
			SEC. P	0.757	0.000	0.831	-90.000				SEC. P	0.951	0.000	0.486	90.000
			SEC. N	0.243	180.000	0.831	-90.000				SEC. N	0.049	180.000	0.486	90.000
			FASE A	0.000	0.000	1.439	0.000				FASE A	0.511	0.000	0.849	0.000
			FASE B	0.569	-131.656	0.000	0.000				FASE B	0.569	-118.424	0.006	89.998
			FASE C	0.569	131.656	0.000	0.000				FASE C	0.569	118.424	0.006	90.002
								5	4	3	SEC. 0	0.012	180.000	0.334	90.000
											SEC. P	0.963	0.000	0.344	90.000
											SEC. N	0.637	180.000	0.344	90.000
											FASE A	0.528	0.000	0.590	90.000
											FASE B	0.570	-118.754	0.006	270.001
											FASE C	0.570	118.754	0.006	270.000

EL TIEMPO DE CPU DEL PROGRAMA ES: 0.21909E 01(CENTECIMAS DE SEGUNDO)

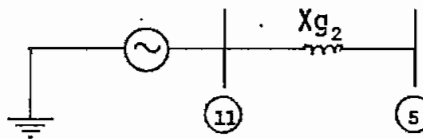
6.2.2.- Ejemplo # 5 [5].-

Aquí se analizarán las mismas fallas que en el ejemplo #2 del numeral (6.1.2), pero se considerarán cargas, taps y elementos shunts, en el sistema de la figura 6.2. Los datos de secuencia son los mismos, sólo que es necesario crear barras de generación detrás de las reactancias de los generadores; estas barras son:

a) Generador 1:



b) Generador 2:



La barra 10 será slack ($1 \angle 0^\circ$ p.u.) y la barra 11 de tensión controlada ($P=50\text{MW}$, $|E|=1\text{p.u.}$). Los taps de los transformadores están en su posición nominal. Las cargas son:

Barra con carga	P carga (MW)	Q carga (MVAR)
1	50	25
3	25	0

Las tres líneas de transmisión tienen una susceptancia de: 0.04 p.u., cada una.

Considerando que la base del sistema es 50 MVA, los voltajes y corrientes obtenidos son:

EJEMPLO #5 DE LA TESIS. NUEVO METODO.
 SACADO DEL LIBRO DE ELGERO.

DATOS DEL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA

NUMERO DE BARRAS: 7
 NUMERO DE ELEMENTOS: 7
 NUMERO DE ACOPLER: 0
 POTENCIA BASE: 50.0000(MVA)
 CRITERIO DE CONVERGENCIA: 0.000100

ELEM. NUM.	MODD P	MODD Q	RR	XX	SS	BK
1	10	4	0.00000	0.10000	0.00000	0.00000
2	4	1	5.00000	50.00000	1.00000	1.00000
3	11	5	0.00000	0.05000	0.00000	0.00000
4	5	2	2.50000	50.00000	1.00000	1.00000
5	1	2	0.00000	0.10000	0.00000	0.00000
6	1	3	0.00000	0.10000	0.00000	0.00000
7	3	2	0.00000	0.10000	0.00000	0.00000

YBARRA SEC. POSITIVA

FILA(I)	COLUMNA(J)	YBARRA(I+J)
1	1	0.00000+J -39.86001
1	2	0.00000+J 10.00000
1	3	0.00000+J 10.00000
1	4	0.00000+J 20.00000
2	1	0.00000+J 10.00000
2	2	0.00000+J -59.86001
2	3	0.00000+J 10.00000
2	5	0.00000+J 40.00000
3	1	0.00000+J 10.00000
3	2	0.00000+J 10.00000
3	3	0.00000+J -19.86001
4	1	0.00000+J 20.00000
4	4	0.00000+J 10.00000
4	10	0.00000+J 10.00000
5	2	0.00000+J 40.00000
5	5	0.00000+J -60.00001
5	11	0.00000+J 20.00000
10	4	0.00000+J 10.00000
10	10	0.00000+J -10.00000
11	5	0.00000+J 20.00000
11	11	0.00000+J -20.00000

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 3

IMPED. DE BARRA DE SEC. POST. 74(1, 2)

BARRA I	Z(I, 3)	
1	0.00688+J	0.05320
2	0.00457+J	0.04392
3	0.00630+J	0.00956
4	0.00450+J	0.03553
5	0.00300+J	0.03061

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA: SFAS

***** (F: FALLADA) *****

BARRAS (F: FALLADA)

ELEMENTOS

I	I POT.C.C. MVA	VOLTAGE		CORRIENTE		NUM	I	J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J		
		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	
1		SEC. 0	0.000	0.000	0.000	2	1	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. P	0.441	-1.454	0.627				SEC. P	0.627	-0.679	3.72P	91.154
		SEC. N	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.255	-1.454	0.362				FASE A	0.362	-0.679	2.153	91.154
		FASE B	0.255	-121.454	0.362				FASE B	0.362	-120.679	2.153	331.154
		FASE C	0.255	118.546	0.000		5	1	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
					0.533				SEC. P	1.856	1.856	0.958	107.274
					0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
					0.308				FASE A	0.308	1.856	0.553	107.274
					0.308				FASE B	0.308	-118.144	0.553	347.274
					0.308		6	1	3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
					0.410				SEC. P	0.000	0.000	4.410	268.546
					0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
					0.000				FASE A	0.000	0.000	2.546	268.546
					0.000				FASE B	0.000	0.000	2.546	148.546
					0.000				FASE C	0.000	0.000	2.546	28.546
2		SEC. 0	0.000	0.000	0.000	4	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. P	0.533	1.856	0.688				SEC. P	2.389	2.389	6.234	94.208
		SEC. N	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.308	1.856	0.397				FASE A	0.397	2.389	3.599	94.208
		FASE B	0.308	-118.144	0.397				FASE B	0.397	-117.611	3.599	334.208
		FASE C	0.308	121.856	0.000				FASE C	0.000	0.000	0.000	0.000
					0.441		5	2	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
					0.000				SEC. P	0.441	-1.454	0.958	287.274
					0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
					0.255				FASE A	0.255	-1.454	0.553	287.274
					0.255				FASE B	0.255	-121.454	0.553	117.274
					0.000				FASE C	0.255	118.546	0.553	47.274
					0.000		7	2	3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
					0.000				SEC. P	0.000	0.000	5.326	271.956
					0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
					0.000				FASE A	0.000	0.000	3.075	271.856
					0.000				FASE B	0.000	0.000	3.075	151.856
					0.000				FASE C	0.000	0.000	3.075	31.856
F 3	500.313	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	6	3	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
		SEC. P	0.000	0.000	9.732				SEC. P	0.441	-1.454	4.410	88.546
		SEC. N	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
		FASE A	0.000	0.000	5.619				FASE A	0.255	-1.454	2.546	88.546
		FASE B	0.000	0.000	5.619				FASE B	0.255	-121.454	2.546	328.546
		FASE C	0.000	0.000	5.619				FASE C	0.255	118.546	2.546	208.546
					0.533		7	3	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000
					0.000				SEC. P	0.533	1.856	5.326	91.856
					0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
					0.308				FASE A	0.308	1.856	3.075	91.856
					0.308				FASE B	0.308	-118.144	3.075	351.856
					0.308				FASE C	0.308	121.856	3.075	211.856

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA:2FAS

BARRAS (F: FALLADA)

I POT.C.C.
MVA

ELEMENTOS

CORRIENTE I J
MCD. ANG.

I	POT.C.C. MVA	VOLTAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	VGLT. EN J		CORRIENTE I J MCD. ANG.		
		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.			
1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	2	1	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.702	-3.521	0.801	-2.055				SEC. P	0.801	-2.055	2.318	98.193
	SEC. N	0.261	-7.008	0.174	-7.012				SEC. N	0.174	-7.012	1.743	263.000
	FASE A	0.556	-4.467	0.563	-2.941				FASE A	0.563	-2.941	0.327	151.902
	FASE B	0.346	-144.827	0.413	-133.577				FASE B	0.413	-133.577	2.008	358.872
FASE C	0.364	138.279	0.430	150.202	FASE C	0.430	150.202	1.723	163.813				
2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	6	1	3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.486	-4.457	0.486	-4.457				SEC. P	0.486	-4.457	2.156	268.591
	SEC. N	0.485	-4.457	0.485	-4.457				SEC. N	0.485	-4.457	2.254	88.503
	FASE A	0.562	-4.457	0.562	-4.457				FASE A	0.562	-4.457	0.056	66.952
	FASE B	0.281	175.543	0.281	175.543				FASE B	0.281	175.543	2.206	179.276
	FASE C	0.281	175.543	0.281	175.543				FASE C	0.281	175.543	2.204	357.814
	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.756	-0.279	0.756	-0.279				SEC. P	0.756	-0.279	0.571	125.365
	SEC. N	0.225	-5.350	0.225	-5.350				SEC. N	0.225	-5.350	0.376	253.035
	FASE A	0.566	-1.440	0.566	-1.440				FASE A	0.566	-1.440	0.312	158.758
FASE B	0.377	-136.619	0.377	-136.619	FASE B	0.377	-136.619	0.509	8.002				
FASE C	0.399	136.837	0.399	136.837	FASE C	0.399	136.837	0.370	212.503				
3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	4	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.756	-0.279	0.837	1.007				SEC. P	0.837	1.007	3.319	102.412
	SEC. N	0.225	-5.350	0.150	-5.356				SEC. N	0.150	-5.356	2.994	264.663
	FASE A	0.566	-1.440	0.569	0.043				FASE A	0.569	0.043	0.604	165.863
	FASE B	0.377	-136.619	0.438	-128.146				FASE B	0.438	-128.146	3.405	2.610
	FASE C	0.399	136.837	0.456	131.019				FASE C	0.456	131.019	2.832	146.129
	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.702	-3.521	0.702	-3.521				SEC. P	0.702	-3.521	0.581	305.365
	SEC. N	0.261	-7.008	0.261	-7.008				SEC. N	0.261	-7.008	0.376	73.035
	FASE A	0.556	-4.467	0.556	-4.467				FASE A	0.556	-4.467	0.312	338.758
FASE B	0.346	-144.827	0.346	-144.827	FASE B	0.346	-144.827	0.509	188.001				
FASE C	0.354	138.279	0.354	138.279	FASE C	0.354	138.279	0.379	32.503				
F 3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	6	3	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.486	-4.457	0.486	-4.457				SEC. P	0.486	-4.457	2.732	277.171
	SEC. N	0.485	-4.457	0.485	-4.457				SEC. N	0.485	-4.457	2.618	56.318
	FASE A	0.552	-4.457	0.552	-4.457				FASE A	0.552	-4.457	0.300	349.042
	FASE B	0.281	175.543	0.281	175.543				FASE B	0.281	175.543	2.910	181.140
	FASE C	0.281	175.543	0.281	175.543				FASE C	0.281	175.543	2.517	2.612
	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.486	-4.457	0.486	-4.457				SEC. P	0.486	-4.457	2.156	88.591
	SEC. N	0.485	-4.457	0.485	-4.457				SEC. N	0.485	-4.457	2.254	268.593
	FASE A	0.552	-4.457	0.556	-4.467				FASE A	0.556	-4.467	0.056	216.552
FASE B	0.281	175.543	0.346	-144.827	FASE B	0.346	-144.827	2.206	358.276				
FASE C	0.281	175.543	0.364	138.279	FASE C	0.364	138.279	2.204	177.171				
F 3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	7	3	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.486	-4.457	0.486	-4.457				SEC. P	0.486	-4.457	2.732	277.171
	SEC. N	0.485	-4.457	0.485	-4.457				SEC. N	0.485	-4.457	2.618	56.318
	FASE A	0.552	-4.457	0.556	-4.467				FASE A	0.556	-4.467	0.300	349.042
	FASE B	0.281	175.543	0.346	-144.827				FASE B	0.346	-144.827	2.910	181.140
	FASE C	0.281	175.543	0.364	138.279				FASE C	0.364	138.279	2.517	2.612
	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000				SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.486	-4.457	0.486	-4.457				SEC. P	0.486	-4.457	2.156	88.591
	SEC. N	0.485	-4.457	0.485	-4.457				SEC. N	0.485	-4.457	2.254	268.593
	FASE A	0.552	-4.457	0.556	-4.467				FASE A	0.556	-4.467	0.056	216.552
FASE B	0.281	175.543	0.346	-144.827	FASE B	0.346	-144.827	2.206	358.276				
FASE C	0.281	175.543	0.364	138.279	FASE C	0.364	138.279	2.204	177.171				

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA: IF-T

BARRAS (FFALLADA)

I POT.C.C. MVA

1

SEC.	MOD.	ANG.	VOLTAJE	CORRIENTE	NUM	Y	J	ELFMENTOS	VOLT. FN J	ANG.	CORRIENTE I J	MOD.	ANG.
SEC. 0	0.067	178.566			2	1	4	SEC. 0	0.000	0.000	1.347	88.566	
SEC. P	0.799	-3.577						SEC. P	0.866	-2.230	1.391	103.824	
SEC. N	0.165	171.208						SEC. N	0.110	171.204	1.097	81.216	
FASE A	0.328	-2.322						FASE A	0.437	-1.246	2.185	91.987	
FASE B	0.539	-118.818						FASE B	0.540	-116.795	0.382	58.296	
FASE C	0.532	110.718						FASE C	0.528	111.480	0.187	249.257	

SEC. 0	0.043	178.566			5	1	2	SEC. 0	0.839	178.566	0.122	88.566
SEC. P	0.839	-0.483						SEC. P	0.839	-0.483	0.237	135.539
SEC. N	0.141	172.866						SEC. N	0.141	172.866	0.237	71.251
FASE A	0.379	1.009						FASE A	0.379	1.009	0.486	114.469
FASE B	0.547	-115.888						FASE B	0.547	-115.888	0.243	34.201
FASE C	0.532	113.730						FASE C	0.532	113.730	0.367	270.842

SEC. 0	0.361	178.566			6	1	3	SEC. 0	0.667	178.566	1.470	268.566
SEC. P	0.667	-3.638						SEC. P	0.667	-3.638	1.321	266.731
SEC. N	0.306	173.759						SEC. N	0.306	173.759	1.418	266.718
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	2.430	267.367
FASE B	0.592	-126.318						FASE B	0.592	-126.318	0.095	319.561
FASE C	0.564	119.173						FASE C	0.564	119.173	0.061	246.163

SEC. 0	0.000	0.000			4	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	1.715	88.566
SEC. P	0.893	0.799						SEC. P	0.893	0.799	2.264	110.179
SEC. N	0.094	172.860						SEC. N	0.094	172.860	1.884	82.879
FASE A	0.461	1.732						FASE A	0.461	1.732	3.309	95.049
FASE B	0.550	-114.730						FASE B	0.550	-114.730	0.463	47.938
FASE C	0.538	115.424						FASE C	0.538	115.424	0.673	274.706

SEC. 0	0.067	178.566			5	2	1	SEC. 0	0.067	178.566	0.122	268.566
SEC. P	0.799	-3.577						SEC. P	0.799	-3.577	0.599	315.539
SEC. N	0.165	171.208						SEC. N	0.165	171.208	0.237	251.251
FASE A	0.328	-2.322						FASE A	0.328	-2.322	0.486	294.469
FASE B	0.539	-118.818						FASE B	0.539	-118.818	0.243	214.201
FASE C	0.532	110.718						FASE C	0.522	110.718	0.367	20.842

SEC. 0	0.361	178.566			7	2	3	SEC. 0	0.667	178.566	1.592	268.566
SEC. P	0.667	-3.638						SEC. P	0.667	-3.638	1.774	281.461
SEC. N	0.306	173.759						SEC. N	0.306	173.759	1.648	264.524
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	2.871	271.791
FASE B	0.592	-126.318						FASE B	0.592	-126.318	0.237	237.077
FASE C	0.564	119.173						FASE C	0.564	119.173	0.312	95.532

SEC. 0	0.067	178.566			6	3	1	SEC. 0	0.067	178.566	1.470	88.566
SEC. P	0.799	-3.577						SEC. P	0.799	-3.577	1.321	86.731
SEC. N	0.165	171.208						SEC. N	0.165	171.208	1.418	86.718
FASE A	0.328	-2.322						FASE A	0.328	-2.322	2.430	87.367
FASE B	0.539	-118.818						FASE B	0.539	-118.818	0.095	139.561
FASE C	0.532	110.718						FASE C	0.522	110.718	0.061	65.183

SEC. 0	0.839	-0.483			7	3	2	SEC. 0	0.839	-0.483	1.774	101.461
SEC. P	0.141	172.866						SEC. P	0.141	172.866	1.548	84.524
SEC. N	0.379	1.009						SEC. N	0.379	1.009	2.871	91.791
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	0.237	57.077
FASE B	0.547	-115.838						FASE B	0.547	-115.838	0.237	275.132
FASE C	0.532	113.730						FASE C	0.532	113.730	0.312	275.132

SEC. 0	0.361	178.566			6	3	1	SEC. 0	0.361	178.566	3.062	-91.434
SEC. P	0.667	-3.638						SEC. P	0.667	-3.638	3.062	-91.434
SEC. N	0.306	173.759						SEC. N	0.306	173.759	3.052	-91.434
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	5.374	-91.434
FASE B	0.592	-126.318						FASE B	0.592	-126.318	0.000	0.000
FASE C	0.564	119.173						FASE C	0.564	119.173	0.000	0.000

SEC. 0	0.067	178.566			6	3	1	SEC. 0	0.067	178.566	3.062	-91.434
SEC. P	0.799	-3.577						SEC. P	0.799	-3.577	3.052	-91.434
SEC. N	0.165	171.208						SEC. N	0.165	171.208	3.052	-91.434
FASE A	0.328	-2.322						FASE A	0.328	-2.322	5.374	-91.434
FASE B	0.539	-118.818						FASE B	0.539	-118.818	0.000	0.000
FASE C	0.532	110.718						FASE C	0.522	110.718	0.000	0.000

SEC. 0	0.839	-0.483			7	3	2	SEC. 0	0.839	-0.483	1.774	101.461
SEC. P	0.141	172.866						SEC. P	0.141	172.866	1.548	84.524
SEC. N	0.379	1.009						SEC. N	0.379	1.009	2.871	91.791
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	0.237	57.077
FASE B	0.547	-115.838						FASE B	0.547	-115.838	0.237	275.132
FASE C	0.532	113.730						FASE C	0.532	113.730	0.312	275.132

SEC. 0	0.361	178.566			6	3	1	SEC. 0	0.361	178.566	3.062	-91.434
SEC. P	0.667	-3.638						SEC. P	0.667	-3.638	3.062	-91.434
SEC. N	0.306	173.759						SEC. N	0.306	173.759	3.052	-91.434
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	5.374	-91.434
FASE B	0.592	-126.318						FASE B	0.592	-126.318	0.000	0.000
FASE C	0.564	119.173						FASE C	0.564	119.173	0.000	0.000

SEC. 0	0.067	178.566			6	3	1	SEC. 0	0.067	178.566	3.062	-91.434
SEC. P	0.799	-3.577						SEC. P	0.799	-3.577	3.052	-91.434
SEC. N	0.165	171.208						SEC. N	0.165	171.208	3.052	-91.434
FASE A	0.328	-2.322						FASE A	0.328	-2.322	5.374	-91.434
FASE B	0.539	-118.818						FASE B	0.539	-118.818	0.000	0.000
FASE C	0.532	110.718						FASE C	0.522	110.718	0.000	0.000

SEC. 0	0.839	-0.483			7	3	2	SEC. 0	0.839	-0.483	1.774	101.461
SEC. P	0.141	172.866						SEC. P	0.141	172.866	1.548	84.524
SEC. N	0.379	1.009						SEC. N	0.379	1.009	2.871	91.791
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	0.237	57.077
FASE B	0.547	-115.838						FASE B	0.547	-115.838	0.237	275.132
FASE C	0.532	113.730						FASE C	0.532	113.730	0.312	275.132

SEC. 0	0.361	178.566			6	3	1	SEC. 0	0.361	178.566	3.062	-91.434
SEC. P	0.667	-3.638						SEC. P	0.667	-3.638	3.062	-91.434
SEC. N	0.306	173.759						SEC. N	0.306	173.759	3.052	-91.434
FASE A	0.000	0.000						FASE A	0.000	0.000	5.374	-91.434
FASE B	0.592	-126.318						FASE B	0.592	-126.318	0.000	0.000
FASE C	0.564	119.173						FASE C	0.564	119.173	0.000	0.000

SEC. 0	0.067	178.566			6	3	1	SEC. 0	0.067	178.566	3.062	-91.434
SEC. P	0.799	-3.577						SEC. P	0.799	-3.577	3.052	-91.434
SEC. N	0.165	171.208						SEC. N	0.165	171.208	3.052	-91.434
FASE A	0.328	-2.322										

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA: 2F-1

 BARRAS (F: FALLADA) *****

 ELEMENTOS *****

I POT. C. C. I MVA	VOLTAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J			
	MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.		
SEC. B	0.064	-3.028	0.000	0.000	2	1	4	SEC. P	0.000	0.000	1.275	266.972	
SEC. P	0.625	-2.667	0.749	-1.480				SEC. P	0.749	-1.480	2.515	94.425	
SEC. N	0.184	-5.578	0.123	-5.582				SEC. N	0.123	-5.582	1.226	264.429	
FASE A	0.503	-3.307	0.503	-2.056				FASE A	0.503	-2.056	1.220	177.764	
FASE B	0.290	-134.012	0.397	-129.959				FASE B	0.397	-129.959	2.194	330.825	
FASE C	0.300	129.393	0.407	127.522				FASE C	0.407	127.522	2.143	212.270	
			0.041	-3.028				SEC. P	0.041	-3.028	0.116	266.972	
			0.690	0.537				SEC. P	0.690	0.537	0.750	118.203	
			SEC. N	0.158	-3.920			SEC. N	0.158	-3.920	0.254	254.465	
			FASE A	0.513	-0.410			FASE A	0.513	-0.410	0.300	146.142	
			FASE B	0.341	-128.616			FASE B	0.341	-128.616	0.578	355.847	
			FASE C	0.352	130.810			FASE C	0.352	130.810	0.470	223.982	
			SEC. P	0.342	-3.028			SEC. P	0.342	-3.028	1.391	86.972	
			SEC. N	0.342	-3.028			SEC. N	0.342	-3.028	2.826	267.768	
			FASE A	0.592	-3.028			FASE A	0.592	-3.028	1.585	89.932	
			FASE B	0.000	0.000			FASE B	0.000	0.000	0.088	103.116	
			FASE C	0.000	0.000			FASE C	0.000	0.000	2.453	150.293	
											2.531	25.851	
2	SEC. B	0.041	-3.028	0.000	0.000	4	2	5	SEC. P	0.000	0.000	1.523	266.972
	SEC. P	0.690	0.537	0.793	4.151				SEC. P	0.793	4.151	98.304	
	SEC. N	0.158	-3.920	0.105	-3.926				SEC. N	0.105	-3.926	2.105	266.092
	FASE A	0.513	-0.418	0.518	0.911				FASE A	0.518	0.911	0.531	154.439
	FASE B	0.341	-128.616	0.426	-125.126				FASE B	0.426	-125.126	3.519	338.509
	FASE C	0.352	130.810	0.436	128.834				FASE C	0.436	128.834	3.422	210.665
			SEC. P	0.064	-3.028				SEC. P	0.064	-3.028	0.116	266.972
			SEC. N	0.625	-2.667				SEC. N	0.625	-2.667	0.750	298.283
			FASE A	0.503	-3.307				FASE A	0.503	-3.307	0.254	74.445
			FASE B	0.290	-134.012				FASE B	0.290	-134.012	0.578	175.857
			FASE C	0.300	129.393				FASE C	0.300	129.393	0.470	43.982
			SEC. P	0.342	-3.028				SEC. P	0.342	-3.028	1.507	86.972
			SEC. N	0.342	-3.028				SEC. N	0.342	-3.028	3.493	274.025
			FASE A	0.592	-3.028				FASE A	0.592	-3.028	1.841	87.738
			FASE B	0.000	0.000				FASE B	0.000	0.000	0.243	340.400
			FASE C	0.000	0.000				FASE C	0.000	0.000	2.385	155.070
											2.981	28.561	
F 3	SEC. B	0.342	-3.028	2.897	86.972	6	3	1	SEC. P	0.064	-3.028	1.391	266.972
	SEC. P	0.690	0.537	6.413	-90.425				SEC. P	0.625	-2.667	2.826	87.768
	SEC. N	0.158	-3.920	3.421	91.780				SEC. N	0.184	-5.578	1.585	269.932
	FASE A	0.592	-3.028	0.000	0.000				FASE A	0.503	-3.307	0.000	283.116
	FASE B	0.000	0.000	5.342	152.387				FASE B	0.290	-134.012	2.453	330.293
	FASE C	0.000	0.000	5.605	26.895				FASE C	0.300	129.393	2.531	205.851
			SEC. P	0.690	0.537				SEC. P	0.041	-3.028	1.507	266.972
			SEC. N	0.158	-3.920				SEC. N	0.158	-3.920	1.841	267.738
			FASE A	0.513	-0.418				FASE A	0.513	-0.418	0.243	160.400
			FASE B	0.341	-128.616				FASE B	0.341	-128.616	2.385	335.070
			FASE C	0.352	130.810				FASE C	0.352	130.810	2.531	205.851

6.2.3.- Ejemplo # 6.-

Se analizará el sistemas de la figura 6.3, con las mismas fallas del ejemplo #3 del numeral (6.1.3), sólo que si se considerarán las cargas, taps y los elementos shunts. Los datos de las cargas son:

Barra con carga	P Carga (MW)	Q Carga (MVAR)
2	21.7	12.7
3	94.2	19
4	47.8	-3.9
5	7.6	1.6
6	11.2	7.5
9	29.5	16.6
10	9	5.8
11	3.5	1.8
12	6.1	1.6
13	13.5	5.8
14	14.9	5

Los taps de los transformadores son:

Transformador	Nodo	Nodo	Tap en p	Tap en q
6	5	6	1	0.932
7	4	9	1	0.969
8	7	9	1	1
9	7	8	1	1
10	4	7	1	0.978

El capacitor de la barra 9 tiene una potencia reactiva de:
19 MVAR. Las susceptancias de las líneas son:

Línea	Susceptancia (p.u.)
11	0.0132
12	0.0132
13	0.0170
14	0.0187
15	0.0064
16	0.0173
17	0.0246
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0
25	0
26	0.0219

Las barras de generación son las que están detrás de las reactancias de los generadores; así:

Generador	Barra de Generación	Tipo	Voltaje (p.u.)	P gen. (MW)	Q min. (MVAR)	Q max. (MVAR)
1	20	slack	1.06 $\angle 0^\circ$	---	---	---
2	21	B.T.	1.045	66	-40	50
3	22	B.T.	1.07	33.6	-60	45
4	23	B.T.	1.09	0	-60	45
5	24	B.T.	1.01	0	-40	60

*B.T. = barra de tensión controlada.

Con una potencia base de 100 MVA., los voltajes y corrientes obtenidos son:

1	0	-4.99913+J	15.2630
1	1	-1.02590+J	4.23494
1	20	0.00000+J	10.00000
2	1	-4.99913+J	15.2630
2	2	9.52132+J	-49.31274
2	3	-1.13502+J	4.78187
2	4	-1.68603+J	5.11584
2	5	-1.70114+J	5.19393
2	21	0.00000+J	10.00000
3	2	-1.13502+J	4.78187
3	3	3.12100+J	-19.83109
3	4	-1.98598+J	5.06882
3	24	0.00000+J	10.00000
4	4	-1.68603+J	5.11584
4	3	-1.98598+J	5.06882
4	4	10.51299+J	-38.65213
4	5	-5.64098+J	21.57856
4	7	0.00000+J	4.88951
4	9	0.00000+J	1.85550
5	1	-1.02590+J	4.23499
5	2	-1.70114+J	5.19393
5	4	-6.84098+J	21.57856
5	5	9.56802+J	-35.53043
5	6	0.00000+J	4.25745
5	6	0.00000+J	4.25745
6	5	6.57992+J	-27.36043
6	6	-1.95503+J	4.09408
6	11	-1.52597+J	3.17597
6	12	0.00000+J	10.00000
6	22	0.00000+J	10.00000
7	4	0.00000+J	4.88951
7	7	-3.99893+J	6.10276
7	7	0.00000+J	-19.55138
7	8	0.00000+J	5.67598
7	9	0.00000+J	9.09006
8	7	0.00000+J	5.67598
8	8	0.00000+J	-15.67598
8	8	0.00000+J	10.00000
8	23	0.00000+J	10.00000
9	4	0.00000+J	1.85550
9	7	0.00000+J	9.09008
9	9	5.31878+J	-24.68501
9	10	-3.89478+J	19.35713
9	14	-1.42401+J	3.02905
9	9	-3.89478+J	10.35710
10	10	5.77565+J	-14.76005
10	11	-1.84089+J	4.40295
11	6	-1.35503+J	4.03408
11	10	-1.84089+J	4.40295
11	11	3.83591+J	-8.49702
12	6	-1.52597+J	3.17597
12	12	9.01499+J	-5.42794
12	13	-2.44905+J	2.25194
13	6	-3.09893+J	6.10276
13	12	-2.48903+J	2.25194
13	12	6.72495+J	-10.66974
13	13	-1.13599+J	2.31492
13	14	-1.42401+J	3.02905
14	9	-1.13599+J	2.31492
14	13	-1.13599+J	2.31492
14	14	2.56100+J	-5.34407
20	1	0.00000+J	10.00000
20	28	0.00000+J	10.00000
21	2	0.00000+J	10.00000
21	21	0.00000+J	10.00000
22	2	0.00000+J	10.00000
22	22	0.00000+J	10.00000
23	2	0.00000+J	10.00000
23	23	0.00000+J	10.00000
24	2	0.00000+J	10.00000
24	24	0.00000+J	10.00000

VOLTAJES INICIALES, GENERACION Y CARGA

BARRA K	VOLTAJES INICIALES		DELTA		SENERACION		CARGA	
	VO	PU	GRAD	MG	MW	MVAR	PLK	RLK
1	1.04304		-8.81117	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
2	1.02383		-12.34051	0.00000	0.00000	0.00000	21.69999	12.70000
3	0.98751		-19.99179	0.00000	0.00000	0.00000	94.19998	19.00000
4	1.00219		-17.23487	0.00000	0.00000	0.00000	47.79999	-3.50000
5	1.00611		-15.69462	0.00000	0.00000	0.00000	7.60000	1.60000
6	1.03751		-18.30329	0.00000	0.00000	0.00000	11.20000	7.50000
7	1.04338		-19.63436	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
8	1.07312		-19.63436	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
9	1.03560		-20.88312	0.00000	0.00000	0.00000	29.49999	16.59999
10	1.02145		-20.73536	0.00000	0.00000	0.00000	9.00000	5.80000
11	1.04028		-19.70352	0.00000	0.00000	0.00000	3.50000	1.80000
12	1.04216		-19.39289	0.00000	0.00000	0.00000	6.10000	1.60000
13	1.03609		-19.59395	0.00000	0.00000	0.00000	13.50000	5.80000
14	1.01732		-21.35665	0.00000	0.00000	0.00000	14.90000	5.00000
20	1.06000		0.00000	169.35760	31.02531	0.00000	0.00000	0.00000
21	1.04500		-8.69382	65.99998	24.15443	0.00000	0.00000	0.00000
22	1.07000		-16.68869	33.59999	13.86529	0.00000	0.00000	0.00000
23	1.05600		-19.63436	0.00000	18.40273	0.00000	0.00000	0.00000
24	1.01300		-19.99179	0.00000	22.71299	0.00000	0.00000	0.00000

NUMERO DE ITERACIONES= 18.00

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 1

IMPED. DE BARRA DE SEC. POST. ZB(I, 1)

BARRA I	ZB(I, 1)
1	0.00481+J 0.09969
2	-0.00028+J 0.02513
3	-0.00120+J 0.01143
4	-0.00015+J 0.01364
5	0.00013+J 0.02265
6	0.00008+J 0.00771
7	0.00053+J 0.01150
8	0.00019+J 0.00420
9	0.00111+J 0.01174
10	0.00102+J 0.01395
11	0.00061+J -0.00333
12	0.00022+J 0.00786
13	0.00038+J 0.00816
14	0.00097+J 0.00997

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA EN LAS BARRAS (F: FALLADA)

I POT.C.C. MVA	F 1 2003.127	BARRAS (F: FALLADA)		CORRIENTE		NUM I J	ELEMENTOS		CORRIENTE I J		
		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.		MOD.	ANG.	MOD.	ANG.	
	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	1 1 23	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
	SEC. P	0.000	0.000	20.893	-93.280		SEC. P	1.060	0.000	10.500	90.000
	SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	11 1 2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.494	-23.035	3.969	85.100
						12 1 2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.494	-23.035	3.969	85.100
						17 1 5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.552	-26.031	2.407	77.586
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
5						6 5 5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.902	-20.960	1.514	76.934
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
						13 5 2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.494	-23.035	0.351	238.415
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
						15 5 4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.613	-26.817	1.389	73.679
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
						17 5 1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. N	0.000	0.000	2.407	277.586
2						2 2 21	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. F	1.055	-8.365	5.915	53.951
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
						11 2 1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. N	0.600	0.000	3.969	265.100
						12 2 1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. N	0.000	0.000	3.969	265.100
						13 2 5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. F	0.552	-26.031	0.351	58.415
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
						14 2 4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.613	-26.817	0.570	66.241
							SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000
						26 2 3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000
							SEC. N	0.772	-26.891	1.379	69.657
							SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: ?

IMPED. DE BARRA DE SEC. POST. ZB(I, 2)

BARRA I	ZB(I, 2)
1	-0.00028+J 0.02513
2	0.00438+J 0.04185
3	-0.00013+J 0.01653
4	0.00096+J 0.02435
5	0.00064+J 0.02528
6	0.00028+J 0.00884
7	0.00132+J 9.01420
8	0.00048+J 0.00514
9	0.00202+J 0.01422
10	0.00183+J 0.01317
11	0.00114+J 0.01101
12	0.00051+J 0.00907
13	0.00070+J 0.00944
14	0.00166+J 0.01189

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA EN LAS BARRAS (F: FALLADA)

GARRAS (F: FALLADA) ***** ELEMENTOS *****

I	POT. C.C. MVA	F	VOLTAJE		CORRIENTE		NUM	I	J	VOLT. EN J		CORRIENTE I J			
			MOD.	ANG.	MOD.	ANG.				MOD.	ANG.	MOD.	ANG.		
			SEC. U	0.000	0.000	0.000	2	2	21	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	
			SEC. P	0.000	0.000	24.330	-96.367			SEC. P	1.056	-8.365	10.562	81.635	
			SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000			SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								11	2	1	SEC. 0	0.003	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.410	-13.554	3.289	94.581	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								12	2	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.410	-13.554	3.289	94.581	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								13	2	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.406	-27.709	2.216	80.426	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								14	2	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.425	-29.290	2.291	78.951	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								26	2	3	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.605	-29.279	2.975	74.074	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	

			SEC. 0	0.000	0.000	0.000	1	1	20	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	
			SEC. P	0.410	-13.554	0.000				SEC. P	1.060	0.000	6.587	98.253	
			SEC. N	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								11	1	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								12	1	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.000	0.000	3.289	274.581	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								17	1	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.000	0.000	3.289	274.581	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								17	1	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.406	-27.709	0.438	358.684	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	

			SEC. 0	0.000	0.000	0.000	6	5	5	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000	
			SEC. P	0.406	-27.709	0.000				SEC. P	0.847	-20.970	1.901	75.148	
			SEC. N	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								13	5	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.003	0.000	0.000	0.000	
										SEC. N	0.000	0.000	2.216	260.426	
								15	5	4	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.425	-29.290	0.519	49.100	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								17	5	1	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.410	-13.554	0.438	170.684	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	

			SEC. 0	0.000	0.000	0.000	7	4	3	SEC. 0	0.003	0.000	0.000	0.000	
			SEC. P	0.425	-29.290	0.000				SEC. P	0.649	-24.133	0.499	74.058	
			SEC. N	0.000	0.000	0.000				SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	
								10	4	7	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000	
										SEC. N	0.000	0.000	1.376	75.118	
								14	4	2	SEC. 0	0.000	0.000	0.000	0.000
										SEC. P	0.000	0.000	0.000	0.000	
										SEC. N	0.000	0.000	0.000	0.000	

VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA FALLA 23FAS

BARRAS (F: FALLADA)

I POT.C.C.

MVA

SEC. P 0.637 -15.398
 SEC. N 0.000 0.000

CORRIENTE
 MOD. ANG.

NUM I J

ELEMENTOS

CORRIENTE I J
 MOD. ANG.

SEC. P 1.056 -8.365
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.730 -10.603
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.730 -10.603
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.265 -19.770
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.642 -27.310
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

SEC. P 0.000 0.000
 SEC. N 0.000 0.000

ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA: 15

IMPED. DE BARRA DE SEC. POST. ZB(I, 13)

BARRA I	ZB(I, 13)
1	0.00038+J 0.00813
2	0.00071+J 0.00942
3	0.00038+J 0.00757
4	0.00446+J 0.01943
5	0.00476+J 0.02120
6	0.03478+J 0.06217
7	0.00366+J 0.02838
8	0.00133+J 0.01028
9	0.00465+J 0.04417
10	0.00473+J 0.04593
11	0.00471+J 0.05417
12	0.02083+J 0.10521
13	0.05336+J 0.14444
14	0.02654+J 0.08559

6.3.- COMPARACION DE RESULTADOS.-

6.3.1.- Ejemplos # 1 y # 4.-

En los resultados de los ejemplos el puede apreciar claramente que tanto los voltajes como las corrientes en las fallas analizadas son exactamente iguales, que era lo que se esperaba ya que en ninguno de los dos casos se consideraron taps, cargas o elementos shunts. Si se comparan los resultados obtenidos con los dos programas, con los dados en el ejemplo de referencia, se ve que son iguales lo que nos permite afirmar que los programas funcionan adecuadamente.

En los valores de corriente de fase se aprecia que ciertos valores que debían ser cero no lo son, esto se debe a pequeños errores de cálculo que se arrastran durante el proceso pero que no tienen mayor significación en el contexto total.

Los tiempos de ejecución de los ejemplo son:

$$T \text{ ejem.1} = 7.6243 \times 10^{-2} \text{ seg.} \quad T \text{ ejem.4} = 2.9109 \times 10^{-2} \text{ seg.}$$

Aquí se ve que el primer ejemplo se tarda más, lo que se debe a que no se consideraron cargas, taps y shunts, como en el segundo caso; además sólo se analizó la falla en una barra.

6.3.2.- Ejemplos # 2 y # 5.-

Para comparar los resultados obtenidos en los dos programas, haremos un cuadro de las corrientes totales de falla y sus diferencias para cada caso que se analizó en la barra 3:

FALLA	SECUENCIA	MODULOS DE LA CORRIENTE [P.U.]		
		EJEMP.#2	EJEMP.#5	DIFERENCIAS (%)*
TRIFASICA	POSITIVA	9.859	9.732	-1.30
BIFASICA	POSITIVA	4.930	4.866	-1.32
	NEGATIVA	4.930	4.866	-1.32
2 FASES- TIERRA	POSITIVA	6.411	6.313	-1.55
	NEGATIVA	3.448	3.421	-0.79
	CERO	2.964	2.897	-2.31
FASE- TIERRA	POSITIVA	3.117	3.062	-1.80
	NEGATIVA	3.117	3.062	-1.80
	CERO	3.117	3.062	-1.80

*Valores sacados respecto a las corrientes del ejemplo #5.

De este cuadro se deduce lo siguiente:

- a) La falla más importante para el sistema es la trifásica. Esto es aplicable a casi todos los sistemas.
- b) Las corrientes con cargas, taps y shunts, son menores. Esto depende mucho del sistema como se

verá en el siguiente numeral.

- c) Las diferencias entre los valores de corriente son muy pequeñas, por lo que no se podría afirmar que las cargas, taps y shunts, son de mayor importancia en los análisis de fallas.

Los tiempos de ejecución de estos ejemplos fueron:

$$T \text{ ejem.2} = 5.9424 \times 10^{-2} \text{ seg.} \quad T \text{ ejem.5} = 5.2303 \times 10^{-2} \text{ seg.}$$

Aquí se ve que el segundo se tardó menos a pesar de tomar en cuenta cargas, taps y shunts, esto se debe a que solo se analizó las fallas en una sola barra.

6.3.3.- Ejemplos # 3 y # 6.-

Al igual que en el numeral anterior haremos un cuadro con las corrientes de falla y sus diferencias para cada uno de los casos analizados; así:

FALLA TRIFASICA EN BARRA	MODULOS DE LA CORRIENTE [P.U.]		
	EJEMP.#3	EJEMP.#6	DIFERENCIAS (%)*
1	19.972	20.893	4.41
2	23.512	24.330	3.36
4	15.502	15.985	3.02
13	6.389	6.729	5.05

*Valores sacados respecto a las corrientes del ejemplo #3.

De este cuadro se sacan las siguientes conclusiones:

a) A diferencia del caso anterior, las corrientes totales de falla considerando cargas, taps y shunts, son mayores. Esto es determinante para el dimensionamiento y protección del sistema.

b) Las diferencias no son muy significativas, pero tampoco son depreciables. La influencia de cargas, taps y shunts, es mayor que en el sistema anterior, pero no altera radicalmente los valores de corriente de falla.

Comparando los tiempos de ejecución de los ejemplos, se puede ver que el considerar las cargas, taps y shunts, aumentan la duración del programa, cuando se analizan fallas en varias barras del sistema; así:

$$T \text{ ejem.3} = 6.6637 \times 10^{-2} \text{ seg.} \quad T \text{ ejem.6} = 21.985 \times 10^{-2} \text{ seg.}$$

Es importante anotar que la comparación de tiempos de ejecución, para todos los casos, es muy relativa, ya que no se ha considerado que el primer programa permite construir toda la matriz Z BARRA, mientras que el segundo construye para cada barra fallada la columna correspondiente de dicha matriz. Es por eso que cuando se requiere analizar fallas en varias barras del sistema, los tiempo de CPU aumentan considerablemente utilizando el programa que se basa en el nuevo algoritmo de Proulx y Crevier.

6.4.- COMPUTADOR UTILIZADO.-

El computador que se utilizó para correr todos estos ejemplos es el PRIME (Memoria: 850, Unidad CPU: C450, Unidad de disco: 300 DATA GENERAL). A los programas se los escribió en FORTRAN IV, esto se consideró en la compilación. Debido a los requerimientos de memoria fue necesario utilizar memoria virtual (modo: 64 V), esto significa que cuando se excede la memoria dada por el computador al usuario, se utiliza el disco como memoria auxiliar.

REFERENCIAS DEL CAPITULO VI.-

- [1] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, **Computer Methods in Power System Analysis**, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1968, pp. 185-201.
- [2] O. I. Elgerd, **Electric Energy Systems Theory**, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company LTD, Nueva Delhi, 1971, p. 416, p. 457.
- [3] **Electrical Transmission and Distribution Reference Book**, Westinghouse, U.S.A., 1964, p. 189.
- [4] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, op. cit., pp. 185-201.
- [5] O. I. Elgerd, op. cit., p. 416, p. 457.

CAPITULO VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los algoritmos presentados aquí permiten tener una visión más amplia de los métodos para analizar fallas en Sistemas Eléctricos de Potencia. Estos procesos presentan ciertas ventajas sobre el algoritmo desarrollado por Stagg, Brown, Person y Kirchmayer [1], que es el más utilizado y conocido. Las diferencias entre estos son:

- a) El algoritmo de Daniles y Chen [2], capítulo II, necesita más memoria que el algoritmo clásico, pero si el número de barras afectadas por acoplamientos es mucho menor que el total de barras del sistema, los tiempos de ejecución se reducen usando este algoritmo. Esto último no se deduce directamente de la tesis, sino de un análisis del número de operaciones realizado por Daniels y Chen [3].
- b) El método presentado por Proulx y Crevier [4], capítulo III, para construir la matriz impedancia de barra de secuencia positiva, permite introducir el efecto de los taps, las cargas y los shunts, en dicha matriz; pero si transformamos estos elementos a impedancias, también se los puede

introducir en Z BARRA utilizando los otros algoritmos, para lo que se debe realizar un trabajo bastante largo y tedioso.

- c) El algoritmo de Froulx y Crevier para construir la matriz Z BARRA de secuencia cero se basa en el mismo principio que el método clásico, ya que en los dos se utiliza una fuente de valor conocido para desarrollar el algoritmo; además el efecto de las cargas y los shunts no existe en secuencia cero, y el de los taps es prácticamente despreciable. Por estas razones el nuevo algoritmo en secuencia cero no presenta ventajas respecto a los anteriores.

Los dos programas que se han desarrollado en este trabajo, han sido concebidos para sistemas grandes ya que se utilizaron técnicas de optimización de la memoria y el tiempo de ejecución; así por ejemplo: almacenamiento de Z BARRA como vector, almacenamiento de Y BARRA considerando su porosidad, bifactorización para trabajar con el jacobiano en los flujos de carga, etc.. Considerando todo esto y basándonos en los resultados obtenidos, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- a) Cuando el número de barras en las que se analizan fallas es muy pequeño en comparación con el total de barras del sistema, el programa que utiliza el

nuevo algoritmo tarda menos en ejecutarse que el programa del algoritmo clásico mejorado, ya sea considerando o no los elementos shunts, cargas o taps. Esto se debe a que el programa del nuevo algoritmo construye las columnas que necesita de la matriz Z BARRA, mientras que el otro debe fabricar toda la matriz.

b) El programa del algoritmo clásico mejorado utiliza más memoria que el otro programa, esto se debe a que el uno considera la porosidad de la matriz Y BARRA y utiliza técnicas especiales para ahorrar memoria, además de que almacena la columna que necesita de la matriz Z BARRA; mientras que el otro debe almacenar toda la matriz Z BARRA, que no es porosa, y utiliza un par de matrices auxiliares bastante grandes.

c) De los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se puede concluir que el efecto de los taps, shunts y cargas, en las corrientes de falla no es muy significativo. Sin embargo se aprecia también que estas diferencias varían con el sistema, por lo que para hacer una afirmación definitiva se deberían realizar más análisis.

Es importante anotar que el programa basado en el nuevo método, introduce los acoples mutuos directamente en la

matriz Y BARRA [5] y no, como proponen los autores, en la matriz Z BARRA. Esto hace que el programa disminuya considerablemente el tiempo de ejecución, en comparación con el programa desarrollado por Froulx y Crevier, y abre la posibilidad de investigar el efecto de los acoples mutuos en los flujos de potencia de los sistemas, lo cual se puede realizar utilizando este mismo programa.

Debido a lo amplio y complejo que resultó implementar los dos algoritmos aquí planteados, no fue posible el introducir en los programas la salida de elementos en los sistemas en falla; pero sería importante que en trabajos posteriores esto se lo realice, para así poder tener una herramienta completa que permita analizar diversas fallas en los S.E.F..

En general se puede afirmar que se cumplieron con los objetivos planteados en un principio, ya que se construyeron dos programas que emplean algoritmos nuevos y que pueden ser utilizados con ventaja respecto a programas actualmente disponibles, ya sea por el INECEL, empresas o para fines académicos. Sin embargo sería interesante el profundizar un poco más en el efecto que tienen las cargas, taps y shunts, en las corrientes de falla, lo que se logrará analizando muchos y diversos sistemas.

REFERENCIAS DEL CAPITULO VII.-

- [1] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, **Computer Methods in Power System Analysis**, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1968, pp. 70-116.
- [2] H. A. Daniels, M. Chen, "Compensation of Mutual Coupling in the Formation of the Bus Impedance Matrix", **IEE PAS-90**, pp. 1007-1016, 3, 1974.
- [3] **Ibid.**, p. 1009.
- [4] R. Froulx, D. Crevier, "New Iterative Short-Circuit Calculation Algorithm", **IEE PAS-101**, pp. 4563-4571, 12, 1982.
- [5] F. L. Alvarado, "Formation of Y-Node Using the Primitive Y-Node Concept", **IEE PAS-90**, pp. 4563-4571, 12, 1982.

APENDICE A.- MANUAL DE USO DEL PROGRAMA PARA CALCULO DE
CORTOCIRCUITOS UTILIZANDO EL METODO CLASICO
MEJORADO

1.- OBJETIVO.-

Encontrar corrientes y voltajes durante una falla trifásica, bifásica, dos fases-tierra o fase-tierra, sin considerar cargas, taps y elementos shunts del sistema.

2.- METODO DE SOLUCION.-

Para hallar las corrientes y los voltajes de falla se sigue el siguiente proceso:

- a) Se construyen las matrices Z BARRA de secuencia utilizando el método clásico mejorado (capítulo II).
- b) Se aplican las ecuaciones para cada falla a analizarse (capítulo IV).

3.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA.-

3.1.- Programa Principal.-

- a) Lee e imprime los datos generales, de los elementos y sus acoples. Detecta e indica los errores existentes.
- b) Construye la matriz Z BARRA de secuencia sin considerar los acoples mutuos. Algoritmo de Brown, Stagg, Person y Kirchmayer [1].
- c) Introduce los acoples mutuos en la matriz Z BARRA de secuencia. Algoritmo de Daniels y Chen [2].
- d) Construye la matriz admitancia primitiva de secuencia del sistema.
- e) Lee los datos de falla del sistema y los indicadores de impresión. Detecta e indica los errores existentes.
- f) Calcula e imprime los voltajes y corrientes de falla del sistema mediante las ecuaciones desarrolladas en el capítulo IV. Para cada barra fallada se repite desde el literal (e).
- g) Se repite el programa para otro ejemplo en caso de haberlo.

3.2.- Subrutina "IMPZB".-

Imprime la matriz Z BARRA de secuencia por grupos de máximo cinco columnas.

3.3.- Subrutina "ENL".-

Modifica la matriz Z BARRA de secuencia en caso de existir ramas de impedancia infinita, aumentando un enlase de impedancia: $0.-j0.5$, entre la referencia y las barras afectadas por estas ramas.

3.4.- Subrutina "INVER" [3].-

Sacada de libro de "Introduction to Numerical Methods and Fortran Programming" de T.R. Mac Calla, con pequeñas modificaciones para ajustarla a lo que se necesita. Invierte una matriz utilizando pivotación, regresando la inversión en otra matriz y borrando la información de la matriz de base.

3.5.- Subrutina "F3F".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla trifásica en los numerales (4.3.1) y (4.3.2).

3.6.- Subrutina "F2F".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla bifásica en el numeral (4.3.4).

3.7.- Subrutina "F1FT".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla fase - tierra en el numeral (4.3.5).

3.8.- Subrutina "F2FT".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla dos fases-tierra en el numeral (4.3.3).

3.9.- Subrutina "SEFAS".-

Pasa los valores de voltaje o corriente de secuencias a fases.

3.10.- Subrutina "RAP1".-

Transforma un número complejo de la forma rectangular a

polar. Si el complejo es muy pequeño se lo aproxima a cero.

3.11.- Subrutina "RAP".-

Transforma tres números complejos de la forma rectangular a polar. Utiliza la subrutina "RAP1".

3.12.- Subrutina "CVFS".-

Calcula las corrientes de falla de secuencia y de fase de los elementos del sistema. Pasa los voltajes de barra y la corriente total de falla de secuencias a fases.

3.13.- Subrutina "CORNAC".-

Calcula la corriente de secuencia cero de un elemento no acoplado.

3.14.- Subrutina "CORNAD".-

Calcula las corrientes de secuencia positiva y negativa de un elemento no acoplado.

3.15.- Subrutina "COREAC".-

Calcula la corriente de secuencia cero de un elemento acoplado.

3.16.- Subrutina "COREAD".-

Calcula las corrientes de secuencia positiva y negativa de un elemento acoplado.

3.17.- Subrutina "IMP1".-

Imprime un cuadro con los voltajes de todas la barra y la corriente total de falla, en secuencias y , si se desea, en fases.

3.18.- Subrutina "IMPVCE".-

Imprime una línea de un cuadro que tiene los voltajes en las barra que se deseen, las corrientes en los elementos conectados a dichas barras y la corriente total de falla si así se quiere. Se da los valores en secuencias y , opcionalmente, en fases.

4.- VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA.-

Las variables de entrada son:

TITULO (): Título del caso a analizarse. Al final de los datos de todos los casos a analizarse, a esta variable se la define como: FIN.

NTBUS: Número total de barras del S.E.P..

NTELM: Número total de elementos del S.E.P..

NACOP: Número de acoples del S.E.P..

NUMIN: Indicador de existencia de secuencia cero:
 0 -> si existe.
 1 -> si no existe.

BASE: Potencia base en MVA del S.E.P..

NEL(I): Número del elemento.

P(I): Nodo inicial del elemento NEL(I)

Q(I): Nodo final del elemento NEL(I).

ZPQPQD(I): Impedancia de secuencia positiva del elemento NEL(I) en P.U.. Si este elemento solo existe en secuencia cero, entonces se debe definir a esta impedancia como:
 $99.99999+j99.99999$.

ZPQPQC(I): Impedancia de secuencia cero del elemento NEL(I) en P.U.. Si este elemento solo existe en secuencia positiva, entonces se debe definir a esta impedancia como:
 $99.99999+j99.99999$. Cuando el S.E.P. no tiene secuencia cero a esta variable se la

deja en blanco.

NEA1(I): Número del elemento acoplado con NEA2(I).

NEA2(I): Número del elemento acoplado con NEA1(I).

ZACD(I): Impedancia de secuencia positiva en P.U. del acoplamiento entre NEA1(I) y NEA2(I). Cuando estos elementos solo están acoplados en secuencia cero, entonces esta impedancia se la define como: $99.99999+j99.99999$.

ZACC(I): Impedancia de secuencia cero en P.U. del acoplamiento entre NEA1(I) y NEA2(I). Cuando estos elementos solo están acoplados en secuencia positiva, entonces esta impedancia se define como: $99.99999+j99.99999$. Si el S.E.P. no tiene secuencia cero a esta variable se la deja en blanco.

NBF: Número de la barra del S.E.P. en la cual se quiere estudiar diversas fallas. Cuando se desea terminar el análisis de un sistema, a esta variable se la define como: 10000.

N3FT: Indicador de falla tres fases tierra:

SI -> si se desea analizar esta falla.

NO -> si no se desea.

N3F: Indicador de falla trifásica:
 SI -> si se desea analizar esta falla.
 NO -> si no se desea.

N2F: Indicador de falla bifásica:
 SI -> si se desea analizar esta falla.
 NO -> si no se desea.

N2FT: Indicador de falla dos fases-tierra:
 SI -> si se desea analizar esta falla.
 NO -> si no se desea.

N1FT: Indicador de falla fase-tierra:
 SI -> si se desea analizar esta falla.
 NO -> si no se desea.

ZF: Impedancia de falla.

ZG: Impedancia de falla a tierra (sólo para
fallas dos fases-tierra o tres fases-tierra)

INDO: Indicador de impresión de matriz Z BARRA de
secuencia:
 0 -> si no se desea imprimir.
 1 -> si se desea imprimir.

IND1: Indicador de impresión del cuadro de voltajes
en todas las barras y corriente total de

falla:

0 -> si no se desea imprimir.

1 -> si se desea imprimir solo los valores de secuencia.

11 -> si se desea imprimir los valores de secuencia y de fase.

IND2:

Indicador de impresión del cuadro de voltajes en todas las barras, corrientes de los elementos conectados a dichas barras y corriente total de falla:

0 -> si no se desea imprimir.

2 -> si se desea imprimir solo los valores de secuencia.

22 -> si se desea imprimir los valores de secuencia y de fase.

IND3:

Indicador de impresión del cuadro de voltajes en un grupo de barras determinado, corrientes de los elementos conectados a dichas barras y, si la barra fallada está en el grupo, corriente total de falla:

0 -> si no se desea imprimir.

3 -> si se desea imprimir solo los valores de secuencia.

33 -> si se desea imprimir los valores de secuencia y de fase.

NEAIM: Número de barras de las que se desea imprimir resultados. Esta variable solo se define si IND3 no es igual a cero.

LBAIM(I): Barra de la que se desea imprimir sus resultados. Esta variable solo se define si IND3 no es igual a cero.

Las variables de salida son:

ZBUSD(): Matriz impedancia de barra en P.U. de secuencia positiva, almacenada como vector.

ZBUSC(): Matriz impedancia de barra en P.U. de secuencia cero, almacenada como vector.

CPF0: Corriente total de secuencia cero en la barra fallada, en P.U..

CPF1: Corriente total de secuencia positiva en la barra fallada, en P.U..

CPF2: Corriente total de secuencia negativa en la barra fallada, en P.U..

CPFA: Corriente total de la fase "A" en la barra fallada, en P.U..

CPFB: Corriente total de la fase "B" en la barra fallada, en P.U..

CPFC: Corriente total de la fase "C" en la barra fallada, en P.U..

EFO(), EF1(), EF2(): Voltajes de barra de secuencia durante la falla, en P.U..

EFA(), EFB(), EFC(): Voltajes de barra de fase durante la falla, en P.U..

CEO(), CE1(), CE2(): Corrientes de secuencia en los elementos durante la falla, en P.U..

CEA(), CEB(), CEC(): Corrientes de fase en los elementos durante la falla, en P.U..

5.- FORMA DE PROPORCIONAR LOS DATOS AL PROGRAMA.-

En las hojas de codificación que se encuentran a adjuntas, se puede ver la forma de dar los datos del sistema al programa.

Estos datos tienen las siguientes características:

a) La numeración de los elementos y de las barras del

sistema no es necesariamente secuencial.

- b) Los datos de los elementos se los puede dar en cualquier orden al igual que los de los acoples.

6.- FORMA DE UTILIZAR EL PROGRAMA GRABADO EN DISCO Y EN CINTA.-

Las tarjetas de control para utilizar el programa del disco o de la cinta en el computador IBM de la EPN se encuentran en las hojas de codificación adjuntas.

7.- RESTRICCIONES.-

Las restricciones del programa son:

- a) La referencia siempre será la barra "0".
- b) El número de barra total del sistema no puede exceder de:
 - 500 -> en el computador de INECEL.
 - 100 -> en el computador de la EPN.
- c) El número total de elementos del sistema no puede exceder de:
 - 1000 -> en el computador de INECEL.
 - 200 -> en el computador de la EPN.

d) El número total de acoples del sistema no puede exceder de:

30 -> en el computador de INECEL

10 -> en el computador de la EPN.

e) El número de barras afectadas por acoples mutuos no puede exceder de:

100 -> en el computador de INECEL

30 -> en el computador de la EPN.

f) El número de un elemento no puede ser mayor que:

1000 -> en el computador del INECEL.

200 -> en el computador de la EPN.

g) El nodo inicial o final de un elemento no puede exceder de:

500 -> en el computador del INECEL.

100 -> en el computador de la EPN.

h) Las impedancias de los elementos o de los acoples no pueden ser iguales a cero.

Los errores detectados por el programa protegen a todas las variables de entrada, pudiéndose agruparlos de la siguiente manera:

a) Errores por no cumplir con las restricciones.

Quando los datos del sistema no obedecen las

restricciones dadas anteriormente, se considera que es un error.

b) Errores de validez en los datos. Estos se detectan cuando se han cometido errores de perforación o por descuido; así por ejemplo:

-se encuentra repetido un elemento.

-el número de un elemento es menor o igual que cero.

c) Errores de consistencia de datos. Estos se detectan cuando ciertos datos del sistema no coinciden con otros anteriores; así por ejemplo cuando se pide analizar una falla fase-tierra en un sistema que no tiene secuencia cero.

Debido a la gran cantidad de errores que detecta el programa y a que estos se señalan con mensajes claros, no es necesario hacer un listado de todos los errores que se pueden encontrar.

8.- CODIFICACION DE UN EJEMPLO.-

Para entender mejor la forma de dar los datos al programa, se codifican los ejemplos #1 y #2 del capítulo VI. Los datos y resultados de los ejemplos se los encuentran en los numerales (6.1.1) y (6.1.2). Ver hojas de codificación.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 INSTITUTO DE INFORMATICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA: PROGRAMA POR EL ALGORITMO CLASICO MEJORADO No. 1 de A
 Programador: C. CANJAZARES Fecha: 1 de A

10

1.- TITULO DEL EJEMPLO (2 TARJETAS):

TITULO () [40A4]

2.- DATOS GENERALES DEL SISTEMA (1 TARJETA):

NTBUS NTELM NACOP NUMIN BASE [F10.5]
 [15] [15] [15] [15]

3.- DATOS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA (1 TARJETA POR CADA ELEMENTO):

NEL(1) P(1) Q(1)
 [15] [15] [15] ZPQPQD(1) [2F10.5] ZPQPQC() [2F10.5]

(1+15) (16-20)

4.- DATOS DE LOS ACOPLS MUTUOS DEL SISTEMA (1 TARJETA POR CADA ACOPL):

NEA(1) NEA2(1) ZACD(1) [2F10.5]
 [15] [15] ZACC() [2F10.5]

5.- DATOS DE LAS BARRAS FALLADAS E IMPRESION DE RESULTADOS (1 GRUPO DE TARJETAS POR CADA BARRA FALLADA):

5.1.- DATOS DE LA BARRA A ANALIZARSE (1 TARJETA)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 INSTITUTO DE INFORMATICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA PROGRAMA POR EL ALGORITMO CLASICO MEJORADO No. de A
 Programador C. CANIZARES Hoja No. 3 de

Fecha:

TARJETAS DE CONTROL PARA USO EN CINTA O EN DISCO		ESQUEMA DE INGRESO DE DATOS	
EJEMPLO 1	TITULO		
	DATOS GENERALES		
	DATOS DE ELEMENTOS		
	DATOS DE ACOPLES		
	DATOS DE BARRAS FALLADAS E IMPRESION		
	100000		
EJEMPLO n	TITULO		
	DATOS GENERALES		
	DATOS DE ELEMENTOS		
	DATOS DE ACOPLES		
	DATOS DE BARRAS FALLADAS E IMPRESION		
	100000		
FIN			
TARJETAS DE CONTROL PARA USO EN CINTA O EN DISCO			

61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

REFERENCIAS DEL APENDICE A.-

- [1] G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, **Computer Methods in Power System Analysis**, Mc Graw-Hill Book Company U.S.A., 1968, pp. 79-116.
- [2] H. A. Daniels, M. Chen, "Compensation of Mutual Coupling in the Formation of the Bus Impedance Matrix", **IEE PAS -90**, pp. 1007-1016, 3, 1971.
- [3] T. R. Mc Calla, **Introduction to Numerical Methods and FORTRAN Programming**, John Wiley & Sons, U.S.A., 1967, p. 161.

APENDICE B.- MANUAL DE USO DEL PROGRAMA PARA EL CALCULO DE CORTOCIRCUITOS UTILIZANDO EL NUEVO METODO

1.- OBJETIVO.-

Encontrar corrientes y voltajes durante una falla trifásica, bifásica, dos fases-tierra o fase-tierra, tomando en cuenta cargas, taps y elementos shunts del sistema.

2.- METODO DE SOLUCION.-

Para hallar las corriente y los voltajes de falla se sigue el siguiente proceso:

- a) Se construye las matrices Z BARRA de secuencia utilizando el nuevo método (capítulo III).
- b) Se aplican las ecuaciones para cada falla a analizarse (capítulo IV).

3.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA.-

3.1.- Programa Principal.-

- a) Lee e imprime los datos generales, de los elementos y sus acoples, primero del circuito de secuencia positiva y después, si es que existe, del circuito de secuencia cero.
- b) Construye la matriz Y BARRA de secuencia considerando los acoples mutuos. Algoritmo de Alvarado [1]. Imprime esta matriz.
- c) Lee los datos de potencias y voltajes de las barras de secuencia positiva. Detecta e indica lo errores existentes.
- d) Realiza un flujo de carga por el método de Newton-Raphson desacoplado rápido, en el circuito de secuencia positiva. Para esto se usa la tesis de Mármol [2]. Imprime los voltajes y potencias de barra obtenidos.
- e) Introduce las cargas en la matriz Y BARRA de secuencia positiva.
- f) Construye la matriz admitancia primitiva de secuencia positiva y, si existe, de secuencia cero.
- g) Lee los datos de falla del sistema y los indicadores de impresión. Detecta e indica los

errores existentes.

- h) Con la impedancia Z_s corre un flujo de carga especial de Newton-Raphson desacoplado rápido, y con los voltajes obtenidos calcula una columna de Z BARRA de secuencia positiva. Algoritmo de Froulx y Crevier [3].
- i) Si existe la secuencia cero corre un flujo de carga especial de Gauss-Seidel en este circuito, y con los voltajes obtenidos calcula una columna de Z BARRA de secuencia cero. Algoritmo de Froulx y Crevier [4].
- j) Calcula e imprime los voltajes y corrientes de falla del sistema mediante las ecuaciones desarrolladas en el capítulo IV. Para cada barra fallada se repite el proceso desde el literal (g).
- k) Se repite el programa para otro ejemplo en caso de haberlo.

3.2.- Subrutina "INVERS"[5].-

Sacada del libro "Cálculo Numérico; Métodos, Aplicaciones" de B. Carnahan, H. A. Luther y J. O. Wilkes, con pequeñas modificaciones. Invierte la matriz in situ, o sea que la inversión regresa en la misma matriz inicial.

3.3.- Subrutina "SOLVE" [6].-

Sacada de la tesis sobre flujos de carga de E. Marmol, con pequeñas modificaciones para ajustarla a las necesidades del programa y el algoritmo. Esta subrutina permite calcular los voltajes de barra y las potencias de generación del circuito de secuencia positiva, utilizando el método de Newton-Raphson desacoplado rápido y un proceso de bifactorización para trabajar con el Jacobiano. Para esto emplea las subrutinas "ENCERO", "ORDEN", "SIMOR", "REDUC", y "SOLUC".

3.4.- Subrutina "ENCERO" [7].-

Encera las matrices auxiliares usadas en el proceso de bifactorización.

3.5.- Subrutina "ORDEN" [8].-

Ordena el las matrices que conforman el jacobiano para trabajar en las tres siguientes subrutinas.

3.6.- Subrutina "SIMORD" [9].-

Simula y reordena las matrices del jacobiano.

3.7.- Subrutina "REDUC" [10].-

Redúce las matrices del jacobiano dentro del proceso de bifactorización, para hallar las variaciones de ángulo y módulo del voltaje de barra.

3.8.- Subrutina "SOLUC" [11].-

Encuentra las variaciones de ángulo y módulo del voltaje de barra.

3.9.- Subrutina "PAR".-

Transforma un número complejo de coordenadas polares a rectangulares.

3.10.- Subrutina "F3F".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla trifásica en los numerales (4.3.1) y (4.3.2).

3.11.- Subrutina "F2F".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla bifásica en el numeral (4.3.4).

3.12.- Subrutina "F1FT".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla fase-tierra en el numeral (4.3.5).

3.13.- Subrutina "F2FT".-

Calcula los voltajes de barra y la corriente total de secuencia en la barra fallada, utilizando las ecuaciones desarrolladas para una falla dos fases-tierra en el numeral (4.3.3).

3.14.- Subrutina "SEFAS".-

Pasa los valores de voltajes o corrientes de secuencias a fases.

3.15.- Subrutina "RAP1".-

Transforma un número complejo de coordenadas rectangulares a polares. Si el complejo es muy pequeño se le aproxima a cero.

3.16.- Subrutina "RAP".-

Transforma tres números complejos de coordenadas rectangulares a polares. Utiliza la subrutina "RAP1".

3.17.- Subrutina "CVFS".-

Calcula las corrientes de falla de secuencia y de fase de los elementos del sistema. Pasa los voltajes de barra y la corriente total de falla de secuencias a fases.

3.18.- Subrutina "CORNAC".-

Calcula la corriente de secuencia cero de un elemento no acoplado.

3.19.- Subrutina "CORNAD".-

Calcula las corrientes de secuencia positiva y negativa de un elemento no acoplado.

3.20.- Subrutina "COREAC".-

Calcula la corriente de secuencia cero de un elemento acoplado.

3.21.- Subrutina "COREAD".-

Calcula las corrientes de secuencia positiva y negativa de un elemento acoplado.

3.22.- Subrutina "IMP1".-

Imprime un cuadro con los voltajes de todas las barras y la corriente total de falla, en secuencias y, si se desea, en fases.

3.23.- Subrutina "IMPVCE".-

Imprime una línea de un cuadro que tiene los voltajes en las barras que se deseen, las corrientes en los elementos conectados a dichas barras y la corriente total de falla si así se quiere. Se da los valores en secuencias y, opcionalmente, en fases.

4.- VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA.-

Las variables de entrada son:

TITULO(): Titulo del caso a analizarse. Al final de los datos de todos los casos a analizarse, a esta variable se la define como : FIN.

NBR(LX): Número de barras del circuito de secuencia positiva (LX=1) y del de secuencia cero (LX=2).

NTELS(LX): Número de elementos del circuito de secuencia positiva (LX=1) y del de secuencia cero (LX=2).

NACOP: Número de acoples del circuito de secuencia positiva primero y del de secuencia cero después.

BASE: Potencia base en MVA del sistema en análisis.

CON(LX): ϵ del criterio de convergencia para secuencia positiva (LX=1) y para secuencia cero (LX=2).

NUMIN: Indicador de existencia de secuencia cero:
 0 -> si existe.
 1 -> si no existe.

NEL(I,LX): Número del elemento de secuencia positiva (LX=1) y de secuencia cero (LX=2).

NP(I,LX): Nodo inicial del elemento de secuencia positiva (LX=1) y de secuencia cero (LX=2).

NQ(I,LX): Nodo final del elemento de secuencia positiva (LX=1) y de secuencia cero (LX=2).

RR(I,LX), XX(I,LX), SS(I), BK(I): Para cada tipo de elemento y de secuencia estas variables varían de la siguiente manera:
 a) Secuencia positiva (LX=1):

Tipo de elemento	RR(I,LX)	XX(I,LX)	SS(I)	BK(I)
Generadores		Reactancia en P.U.		
Líneas	Resistencia en P.U.	Reactancia en P.U.	Suceptancia tot.en P.U.	
Transformadores	Reactancia en % en su base	Potencia base del Transf.	Tap en "p"	Tap en "q"
Capacitores o Reactores	Potencia en MVAR			

b) Secuencia cero (LX=2):

Tipo de elemento	RR(I,LX)	XX(I,LX)	SS(I)	BK(I)
Generadores		Reactancia en P.U.		
Líneas	Resistencia en P.U.	Reactancia en P.U.		
Transformadores	Reactancia en % en su base	Potencia base del Transf.	Tap en "p"	Tap en "q"

Las variables SS(I) y BK(I) se los utiliza posteriormente para definir a la potencia activa de generación en MW y la potencia reactiva de generación en MVAR, respectivamente, de la barra "I" del circuito de secuencia positiva.

NEA1(I): Número del elemento acoplado con NEA2(I), primero en secuencia positiva y luego, si existe, en secuencia cero.

NEA2(I): Número del elemento acoplado con NEA1(I), primero en secuencia positiva y luego, si existe, en secuencia cero.

ZAC(I): Impedancia en P.U. del acoplamiento entre NEA1(I) y NEA2(I), primero en secuencia positiva y luego, si existe, en secuencia cero.

K1: Número de una barra del circuito de secuencia positiva.

INDIC: Indicador de barra slack:
vacío -> no es barra slack.
SL -> barra slack.

VC(K): Módulo de voltaje de la barra "K". Para barras de tensión controlada y slack se define, pero en barras de carga esta variable se deja en blanco.

ZBUSD(K): La parte real es la potencia activa de carga en MW y la parte imaginaria es la potencia reactiva de carga en MVAR, de la barra "K". Esta variable también se usa para la salida.

QMAX(K): Potencia de generación reactiva máxima en MVAR de la barra "K". Sólo está definida en barras

tensión controlada, para las otras barras se deja en blanco.

QMIN(K): Potencia de generación reactiva mínima en MVAR de la barra "K". Sólo está definida en barras de tensión controlada, para las otras barras se deja en blanco.

NBF: Número de la barra del S.E.P. en la cual se quiere estudiar diversas fallas. Cuando se desea terminar el análisis de un sistema, a esta variable se la define como: 10000.

N3FT: Indicador de falla tres fases-tierra:
SI -> si se desea analizar esta falla.
NO -> si no se desea.

N3F: Indicador de falla trifásica:
SI -> si se desea analizar esta falla.
NO -> si no se desea.

N2F: Indicador de falla bifásica:
SI -> si se desea analizar esta falla.
NO -> si no se desea.

N2FT: Indicador de falla dos fases-tierra:
SI -> si se desea analizar esta falla.
NO -> si no se desea.

N1FT: Indicador de falla fase-tierra:
 SI -> si se desea analizar esta falla.
 NO -> si no se desea.

ZF : Impedancia de falla.

ZG : Impedancia de falla a tierra (sólo para
fallas dos fases-tierra o tres fases-tierra).

INDO: Indicador de impresión de la matriz Z BARRA
secuencia:
 0 -> si no se desea imprimir.
 1 -> si se desea imprimir.

IND1: Indicador de impresión del cuadro de voltajes
en todas las barras y corriente total de
falla:
 0 -> si no se desea imprimir.
 1 -> si se desea imprimir sólo los
 valores de secuencias.
 11 -> si se desea imprimir valores de
 secuencias y fases.

IND2: Indicador de impresión del cuadro de voltajes
en todas las barras, corrientes de los
elementos en todas las barras y corriente
total de falla:
 0 -> si se desea imprimir.

2 -> si se desea imprimir sólo valores de secuencias.

22 -> si se desea imprimir valores de secuencias y fases.

IND3: Indicador de impresión del cuadro de voltajes en un grupo de barras determinado, corrientes de los elementos conectados a dichas barras y, si la barra fallada está en el grupo, corriente total de falla:

0 -> si no se desea imprimir.

3 -> si se desea imprimir sólo valores de secuencias.

33 -> si se desea imprimir los valores de secuencias y fases.

NBAIM: Número de barras de las que se desea imprimir resultados. Esta variable sólo se define si IND3 no es igual a cero.

LBAIM(I): Barra de la que se desea imprimir sus resultados. Esta variable sólo se define si IND3 no es igual a cero.

Las variables de salida son:

ISEND(): Subíndices de posición de fila de Y BARRA de secuencia positiva y de secuencia cero.

IREC(): Subíndices de posición de columna de Y BARRA de secuencia positiva y de secuencia cero.

G(): Conductancias de Y BARRA de secuencia positiva y de secuencia cero.

B(): Suceptancias de Y BARRA de secuencia positiva y de secuencia cero.

VQ(): Módulos de los voltajes iniciales de barra del circuito de secuencia positiva, en P.U..

DELTAQ(): Angulos de los voltajes iniciales de barra del circuito de secuencia positiva, en radianes.

ZBUSD(): Columna correspondiente a la barra fallada de la matriz impedancia de barra de secuencia positiva, en P.U..

ZBUSC(): Columna correspondiente a la barra fallada de la matriz impedancia de barra de secuencia cero, en P.U..

CPFO: Corriente total de secuencia cero en la barra fallada, en P.U..

CPF1: Corriente total de secuencia positiva en la

barra fallada, en P.U..

CPF2: Corriente total de secuencia negativa en la barra fallada, en P.U..

CPFA: Corriente total de la fase "A" en la barra fallada, en P.U..

CPFB: Corriente total de la fase "B" en la barra fallada, en P.U..

CPFC: Corriente total de la fase "C" en la barra fallada, en P.U..

EFO(), EF1(), EF2(): Voltajes de barra de secuencia durante la falla, en P.U..

EFA(), EFB(), EFC(): Voltajes de barra de fase durante la falla, en P.U..

CEO(), CE1(), CE2(): Corrientes de secuencia en los elementos durante la falla, en P.U..

CEA(), CEB(), CEC(): Corrientes de fase en los elementos durante la falla, en P.U..

5.- FORMA DE PROPORCIONAR LOS DATOS AL PROGRAMA.-

En las hojas de codificación adjuntas se encuentran las variables de entrada y sus formatos, y el orden de ingreso de los datos que necesita el programa. Estos datos tienen las siguientes características:

- a) La numeración de los elementos y de las barras del sistema no es necesariamente secuencial.
- b) Los datos de los elementos se los puede dar en cualquier orden, al igual que los de los acoples.
- c) Los datos de las barras de secuencia positiva también puede ser dados en cualquier orden.

6.- FORMA DE UTILIZAR EL PROGRAMA GRABADO EN DISCO Y EN CINTA.-

Las tarjetas de control para utilizar el programa del disco o de la cinta en el computador IBM de la EPN, se encuentran en las hojas de codificación adjuntas.

7.-RESTRICCIONES.-

Las restricciones del programa son:

- a) La referencia siempre será la barra "0".

- b) El número de barras de un circuito secuencial no puede exceder de:
- 700 (200 de generación) -> en el computador del INECEL.
 - 120 (20 de generación) -> en el computador de la EPN.
- c) El número de elementos de un circuito secuencial no puede exceder de:
- 1000 -> en el computador del INECEL.
 - 200 -> en el computador de la EPN.
- d) El número total de acoples de un circuito secuencial no puede exceder de:
- 30 -> en el computador del INECEL.
 - 10 -> en el computador de la EPN.
- e) El número de un elemento debe ser igual tanto en el circuito de secuencia positiva como en el de secuencia cero, y no puede exceder de:
- 1000 -> en el computador del INECEL.
 - 200 -> en el computador de la EPN.
- f) El nodo inicial o final de un elemento no puede exceder de:
- 700 -> en el computador de INECEL.
 - 120 -> en el computador de la EPN.

- g) Las impedancias de los elementos o de los acoples en un circuito secuencial, no pueden ser iguales a cero.

Los errores detectados por el programa protegen a todas las variables de entrada, pudiéndose agruparlos de la siguiente manera:

- a) Errores por no cumplir con las restricciones. Cuando los datos del sistema no obedecen las restricciones dadas anteriormente, se considera como error.

- b) Errores de validez en los datos. Estos se detectan cuando se han cometido errores de perforación o por descuido; así por ejemplo:

-se encuentra repetido un elemento.

-el número de un elemento es menor o igual que cero.

- c) Errores de consistencia de datos. Estos se detectan cuando ciertos datos del sistema no coinciden con otros anteriores; así por ejemplo cuando se pide analizar una falla fase-tierra en un sistema que no tiene secuencia cero.

Debido a la gran cantidad de errores que detecta el programa y a que estos se señalan con mensajes claros, no es necesario hacer un listado de todos los errores que se pueden

encontrar.

8.- CODIFICACION DE UN EJEMPLO.-

Para entender mejor la forma de dar los datos al programa, codificaremos los ejemplos #4 y #5 del capítulo VI. Los datos y resultados de los ejemplos se los encuentra en los numerales (6.2.1) y (6.2.2). Ver hojas de codificación.

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 INSTITUTO DE INFORMATICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA: PROGRAMA POR EL ALGORITMO NUEVO
 Programador: C. CANIZARES

No. _____ de _____
 Hoja No. 1 de B

Fecha: _____

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
1- TITULO DEL EJEMPLO (2 TARJETAS)																																	TITULO (-) [40-A4]																																															
2- DATOS DE CADA CIRCUITO SECUENCIAL, PRIMERO LA SECUENCIA POSITIVA Y LUEGO LA SECUENCIA CERO (1 GRUPO DE TARJETAS POR CADA SECUENCIA)																																																																																
2.1- DATOS GENERALES (1 TARJETA):																																																																																
NBR(LX) NTEL(X) NACOP																																	BASE (F10.5) CON(LX) F0.5] NUMIN																																															
[15] [15] [15]																																	[15]																																															
2.2- DATOS DE LOS ELEMENTOS (1 TARJETA POR CADA ELEMENTO):																																																																																
NEL(LX) NP(LX) NQ(LX)																																	RR(LX) [F10.5] XX(LX) [F10.5] SS(L) [F10.5] BK(L) [F0.5]																																															
[15] [15] [15]																																	[15] [15] [15]																																															
2.3- DATOS DE LOS ACOPLER (1 TARJETA POR CADA ACOPLER):																																																																																
NEAJ NEA2 I																																	ZAC(I) [2F10.5]																																															
[15] [15]																																	[15]																																															
3- DATOS DE LAS BARRAS DEL CIRCUITO DE SECUENCIA POSITIVA PARA LOS FLUJOS DE CARGA (1 TARJETA POR CADA BARRA):																																																																																

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
 INSTITUTO DE INFORMÁTICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA PROGRAMA POR EL ALGORITMO NUEVO No. _____

Programador C. CAÑIZARES Fecha: _____ Hoja No. 2 de B

K	INDIC	VC(K) [F10.5]	SS(K) [F10.5]	BK(K) [F10.5]	ZBUSD(K) [2F10.5]	QMAX(K) [F10.5]	QMIN(K) [F10.5]
[15]	[A2]	[A2]	[A2]	[A2]	[A2]	[A2]	[A2]
4.- DATOS DE LAS BARRAS FALLADAS E IMPRESION DE RESULTADOS (GRUPO DE TARJETAS POR CADA BARRA FALLADA):							
4.1.- DATOS DE LA BARRA A ANALIZARSE (TARJETA):							
NBF	N3F	N2F	N2FT	N1FT	ZF	ZG	ZF
[15]	[A2]	[A2]	[A2]	[A2]	[2F10.5]	[2F10.5]	[2F10.5]
4.2.- INDICADORES DE IMPRESION (TARJETA):							
IND0	IND1	IND2	IND3	NBAM			
[15]	[15]	[15]	[15]	[15]			
4.3.- LISTA DE BARRAS DE LAS QUE SE DESEA IMPRIMIR RESULTADOS, SOLO S IND3 ≠ 0 (TARJETA POR CADA BARRA):							
LBAM(1)							
[15]							
5.- TARJETA INDICADORA DE FIN DE ANALISIS DEL SISTEMA:							
10000							
6.- TARJETA INDICADORA DE FIN DE USO DEL PROGRAMA:							
FIN							

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
INSTITUTO DE INFORMATICA Y COMPUTACION

NOMBRE DEL PROGRAMA PROGRAMA POR EL ALGORITMO NUEVO No. _____ de _____
 Programador CCANIZARES Fecha _____ Hoja No. 3 de B

	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
TARJETAS DE CONTROL PARA USO EN CINTA O EN DISCO	ESQUEMA DE INGRESO DE DATOS																																																		
EJEMPLO	TITULO DATOS DE SECUENCIA POSITIVA DATOS DE SECUENCIA CERO (SI EXISTEN) DATOS DE BARRAS FALLADAS - E IMPRESION 100000																																																		
EJEMPLO	TITULO DATOS DE SECUENCIA POSITIVA DATOS DE SECUENCIA CERO (SI EXISTEN) DATOS DE BARRAS FALLADAS - E IMPRESION 100000																																																		
FIN	FIN																																																		
TARJETAS DE CONTROL PARA USO EN CINTA O EN DISCO	TARJETAS DE CONTROL PARA USO EN CINTA O EN DISCO																																																		

REFERENCIAS DEL APENDICE B.-

- [11] F. L. Alvarado , "Formation of Y-Node Using the Primitive Y-Node Concept", IEE PAS-101, pp. 4563-4571, 12, 1982.

- [12] E. Marmol, Estudios de Flujos de Carga Mediante los Métodos de Newton-Raphson, Tesis de Grado EPN, Junio 1983.

- [13] R. Proulx, O. Crevier, "New Iterative Short-Circuit Calculation Algorithm", IEE PAS-101, pp. 2681-2685, 8, 1982.

- [14] Ibid..

- [15] B. Carnahan, H. A. Luther, J. O. Wilkes, Cálculos Numéricos, Métodos, Aplicaciones, Editorial. Rueda, Madrid, 1979, pp. 308-309.

- [16] E. Marmol, op. cit., pp. 37-44.

- [17] Ibid., p. 47.

- [18] Ibid., p. 47.

- [19] Ibid., p. A1-A4.

APENDICE C.- LISTADOS DE LOS PROGRAMAS

1.- PROGRAMA DEL METODO CLASICO MEJORADO.-

A continuación colocamos un listado sacado en el computador del INECEL, del programa que usa el algoritmo clásico mejorado:

(0001) C
 (0002) C
 (0003) C
 (0004) C
 (0005) C
 (0006) C
 (0007) C
 (0008) C
 (0009) C
 (0010) C
 (0011) C
 (0012) C
 (0013) C
 (0014) C
 (0015) C
 (0016) C
 (0017) C
 (0018) C
 (0019) C
 (0020) C
 (0021) C
 (0022) C
 (0023) C
 (0024) C
 (0025) C
 (0026) C
 (0027) C
 (0028) C
 (0029) C
 (0030) C
 (0031) C
 (0032) C
 (0033) C
 (0034) C
 (0035) C
 (0036) C
 (0037) C
 (0038) C
 (0039) C
 (0040) C
 (0041) C
 (0042) C
 (0043) C
 (0044) C
 (0045) C
 (0046) C
 (0047) C
 (0048) C
 (0049) C
 (0050) C
 (0051) C
 (0052) C
 (0053) C
 (0054) C
 (0055) C
 (0056) C
 (0057) C
 (0058) C
 (0059) C
 (0060) C

 *
 * ESCUELA POLITECNICA NACIONAL *
 * FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA *
 * TESIS DE GRADO *
 * "NUEVOS ALGORITMOS PARA EL CALCULO DE CORTOCIRCUITOS. *
 * EN GRANDES SISTEMAS DE POTENCIA" *
 * CLAUDIO A. CANIZARES E. *
 * DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO MENA P. *
 * ENERO 1984 *

METODO: ALGORITMO CLASICO MEJORADO PARA LA CONSTRUCCION DE LA MATRIZ
 ***** IMPEDANCIA DE BARRA DE CORTOCIRCUITO. CALCULO DE VOLTAJES Y
 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MEDIANTE ECUACIONES.

OBJETIVO: CALCULAR VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN UN S.E.P.
 ***** DE GRANDES DIMENSIONES, SIN CONSIDERAR: ELEMENTOS SHUNT,
 CARGAS Y TAPS DE TRANSFORMADORES.

DESCRIPCION DEL METODO: EL PROCESO DE SOLUCION ES EL SIGUIENTE:

A) SE CONSTRUYE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA POR EL METODO CLASICO
 PERO SIN CONSIDERAR LOS ACOPLER MUTUOS. LA IMPEDANCIA DE BARRA
 OBTENIDA ES:

$$ZB^0 = \begin{matrix} & & & T \\ & & ! L & K ! \\ ZB^0 = & ! & & ! \\ & ! K & & M ! \end{matrix}$$

B) SE INTRODUCEN LOS ACOPLER MUTUOS EN LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA
 DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$Z \text{ PRIMIT. SIN ACOP.} = \begin{matrix} ! A & 0 ! \\ ! & ! \\ ! 0 & B ! \end{matrix}$$

$$Z \text{ PRIMIT. CON ACOP.} = \begin{matrix} ! A & 0 ! \\ ! & ! \\ ! 0 & D ! \end{matrix}$$

MATRIZ AUXILIAR: $R = A \begin{pmatrix} B & -D \end{pmatrix} A$
 $\begin{matrix} T & -1 & -1 \\ & 3 & 3 \end{matrix}$
 (A = MATRIZ DE INCIDENCIA)
 $\begin{matrix} & & & T \\ & & -1 & \\ ZB = & ! L+K R (U^0-MR) - K & & [(U^0-MR) K] ! \\ & ! & & ! \\ & - ! & -1 & -1 ! \\ & ! (U^0-MR) K & & (U^0-MR) \cdot M ! \end{matrix}$

(0061) C
(0062) C C) SE CALCULAN LOS VOLTAJES Y CORRIENTES APLICANDO LAS ECUACIONES
(0063) C CORRESPONDIENTES, PARA UNA FALLA EN CUALQUIER BARRA.
(0064) C
(0065) C
(0066) C CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA: EL PROGRAMA ADMITE UN S.E.P. DE HASTA
(0067) C ***** 1000 ELEMENTOS Y 500 BARRAS. LA NUME-
(0068) C RACION DE LAS BARRAS Y LOS ELEMENTOS
(0069) C NO ES NECESARIAMENTE SECUENCIAL. LOS DATOS DE ENTRADA DE ELEMENTOS
(0070) C Y DE ACOPLS MUTUOS PUEDEN SER DADOS EN DESORDEN. LA BARRA DE REFE-
(0071) C RENCIA SIEMPRE DEBE SER LA BARRA "0". SE TIENE VARIAS OPCIONES DE IM-
(0072) C PRESION. SE PUEDEN CORRER VARIOS EJEMPLOS DE UNA VEZ. (VER MANUAL
(0073) C DE JSO PARA MAYOR INFORMACION)
(0074) C
(0075) C
(0076) C VARIABLES PRINCIPALES:
(0077) C *****
(0078) C TITULO(): TITULO DEL CASO ANALIZARSE
(0079) C NTBUS: NUMERO DE BARRAS DEL S.E.P.
(0080) C NTELM: NUMERO TOTAL DE ELEMENTOS DEL S.E.P.
(0081) C NACOP: NUMERO DE ACOPLS DEL S.E.P.
(0082) C NMIN: INDICADOR DE EXISTENCIA DE SEC. CERO
(0083) C BASE: POTENCIA BASE DEL S.E.P.
(0084) C NEL(): NUMERO DEL ELEMENTO
(0085) C P(): NODO "P" DEL ELEMENTO
(0086) C Q(): NODO "Q" DEL ELEMENTO
(0087) C ZPQPQD(): 1) IMPEDANCIA PRIMITIVA DE SEC. POSITIVA DEL ELEMENTO
(0088) C 2) MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE SEC. POSITIVA DE ELE-
(0089) C MENTOS NO ACOPLADOS.
(0090) C ZPQPQC(): 1) IMPEDANCIA PRIMITIVA DE SEC. CERO DEL ELEMENTO
(0091) C 2) MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE SEC. CERO DE ELEMENTOS
(0092) C NO ACOPLADOS
(0093) C NEA1(): NUMERO DE UN ELEMENTO ACOPLADO
(0094) C NEA2(): NUMERO DE UN ELEMENTO ACOPLADO CON NEA1()
(0095) C ZACD(): IMPEDANCIA DE ACOPLS DE SEC. POSITIVA
(0096) C ZACC(): IMPEDANCIA DE ACOPLS DE SEC. CERO
(0097) C LBUS(): LISTA DE BARRAS DE SEC. POSITIVA
(0098) C LBUSP(): LISTA DE BARRAS DE SEC. CERO
(0099) C NBUSD: NUMERO DE BARRAS DE SEC. POSITIVA
(0100) C NBUSC: NUMERO DE BARRAS DE SEC. CERO
(0101) C NXD(): NUMERO INDICADOR DE POSICION DE LA LISTA LBUS()
(0102) C NXC(): NUMERO INDICADOR DE POSICION DE LA LISTA LBUSP()
(0103) C NELP(): LISTA DE BARRAS AFECTADAS POR RAMAS DE IMPEDANCIA INFINITA
(0104) C EN LAS DOS SECUENCIAS
(0105) C ZBUSD(): MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SEC. POSIT. ALMACENADA
(0106) C COMO VECTOR
(0107) C ZBUSC(): MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SEC. CERO ALMACENADA COMO
(0108) C COMO VECTOR
(0109) C ZPD(): COLUMNA CORRESPONDIENTE A LA BARRA FALLADA DE ZBUSD()
(0110) C ZPC(): COLUMNA CORRESPONDIENTE A LA BARRA FALLADA DE ZBUSC()
(0111) C LEA(): LISTA DE ELEMENTOS ACOPLADOS PARA SEC. POSIT. Y SEC. CERO
(0112) C YP(): MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE ELEMENTOS ACOPL. DE SEC.
(0113) C POSITIVA Y SEC. CERO
(0114) C PA(): LISTA DE NODOS "P" DE ELEMENTOS ACOPLADOS DE SEC. POSIT.
(0115) C Y SEC. CERO
(0116) C QA(): LISTA DE NODOS "Q" DE ELEMENTOS ACOPLADOS DE SEC. POSIT.
(0117) C Y SEC. CERO
(0118) C LBEA(): LISTA DE BARRAS AFECTADAS POR ACOPLS MUTUOS PARA SEC.
(0119) C POSITIVA Y SEC. CERO
(0120) C NBA: NUMERO DE BARRAS AFECTADAS POR ACOPL. MUTUOS EN SEC. POSIT.

```

(0121) C          Y SEC. CERO
(0122) C          NFA: NUMERO DE ELEMENTOS ACOP. PARA SEC. POSIT. Y SEC. CERO
(0123) C          NFAD: NUMERO DE ELEMENTOS ACOP. EN SEC. POSITIVA
(0124) C          NFAC: NUMERO DE ELEMENTOS ACOP. EN SEC. CERO
(0125) C          NFF: NUMERO DE LA BARRA FALLADA
(0126) C          N3FT: INDICADOR DE FALLA TRES FASES-TIERRA
(0127) C          N3F: INDICADOR DE FALLA TRIFASICA
(0128) C          N2FT: INDICADOR DE FALLA DOS FASES-TIERRA
(0129) C          N2F: INDICADOR DE FALLA BIFASICA
(0130) C          N1FT: INDICADOR DE FALLA FASE-TIERRA
(0131) C          ZF: IMPEDANCIA DE FALLA (PARA TODAS LAS FALLAS)
(0132) C          ZC: IMPEDANCIA DE FALLA A TIERRA (PARA FALLA DOS FASES-TIERRA)
(0133) C          INDO: INDICADOR DE IMPRESION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC.
(0134) C          POSITIVA Y SEC. CERO
(0135) C          IND1: INDICADOR DE IMPRESION DE CUADRO DE VOLTAJES Y CORRIENTES
(0136) C          DE BARRA
(0137) C          IND2: INDICADOR DE IMPRESION DE CUADRO TOTAL DE VOLT. Y CORR. DE
(0138) C          BARRAS Y ELEMENTOS
(0139) C          IND3: INDICADOR DE IMPRESION DE CUADRO PARCIAL DE VOLT. Y CORR.
(0140) C          DE BARRAS Y ELEMENTOS
(0141) C          NBAIM: NUMERO DE BARRAS DE LAS QUE SE DESEA IMPRIMIR RESULTADOS
(0142) C          LBAIM( ): LISTA DE BARRAS DE LAS QUE SE DESEA IMPRIMIR RESULTADOS
(0143) C          CPF0,CPF1,CPF2: CORRIENTES DE FALLA DE SEC. EN LA BARRA FALLADA
(0144) C          CPFA,CPFB,CPFC: CORRIENTES DE FALLA DE FASE EN LA BARRA FALLADA
(0145) C          EF0( ),EF1( ),EF2( ): VOLTAJES DE FALLA DE SEC. EN LAS BARRAS
(0146) C          EFA( ),EFB( ),EFC( ): VOLTAJES DE FALLA DE FASE EN LAS BARRAS
(0147) C          CE0( ),CE1( ),CE2( ): CORRIENTES DE FALLA DE SEC. EN LOS ELEMENTOS
(0148) C          CEA( ),CEB( ),CEC( ): CORRIENTES DE FALLA DE FASE EN LOS ELEMENTOS
(0149) C
(0150) C
(0151) C
(0152) C
(0153) C
(0154) C          IMPLICIT COMPLEX(Z,Y,E)
(0155) C          IMPLICIT INTEGER(P,Q)
(0156) C          INTEGER*2 CONT,N3FT,N3F,N2F,N2FT,N1FT,SI,NO
(0157) C          INTEGER*4 TITULO(40),FIN
(0158) C          COMPLEX CPF0,CPF1,CPF2,CE0(1000),CE1(1000),CE2(1000),CPFA,CPFB,
(0159) C          *CPFC,CEA(1000),CEB(1000),CEC(1000),CEL0,CEL1,CEL2,CELA,CELB,CELC
(0160) C          DIMENSION NLP(1000),NXC(500),LBAIM(500),EFA(500),EFB(500)
(0161) C          DIMENSION LBEA(100),NEA1(30),NEA2(30),EFC(500)
(0162) C          DIMENSION ZACD(30),ZACC(30),LBUSP(500)
(0163) C          COMMON/A200/NEL(1000),P(1000),Q(1000),ZPQP3D(1000),ZPQPQC(1000)
(0164) C          COMMON/A6/LEA(60,2),YP(40,60,2),PA(60,2),GA(60,2),NXD(500)
(0165) C          COMMON/A4/ZBD(500)/A5/ZBC(500)
(0166) C          COMMON/A1/ZBUSD(125751),ZBUSC(125751)
(0167) C          COMMON/A3/ZK(498,100),ZR(100,100)/A11/LBUS(500)
(0168) C          COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(0169) C          DATA SI/*SI*/,NO/*NO*/,FIN/*FIN */
(0170) C          TCPU1=CTIMSA(CPUTIM)
(0171) C          IW=5
(0172) C          JW=6
(0173) C          Z180=(0.,180.)
(0174) C          Z360=(0.,360.)
(0175) C          WRITE(JW,2000)
(0176) C          2000  FORMAT('1',25(/),15X,90('**'),/15X,'**',88X,'**',/15X,'**',30X,
(0177) C          **'ESCUELA POLITECNICA NACIONAL',30X,'**',
(0178) C          */15X,'**',28X,'*FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA',28X,'**',
(0179) C          */15X,'**',37X,'*TESIS DE GRACCO',37X,'**',
(0180) C          */15X,'**',18X,'*NUEVOS ALGORITMOS PARA EL CALCULO DE CORTOCIRCUITOS

```

```

(0181)      **,1RX,***,/15X,***,28X,EN GRANDES SISTEMAS DE POTENCIA**,28X,***,
(0182)      */15X,***,32X,CLAUDIO A. CAMIZARES E.,33X,***,
(0183)      */15X,***,24X,DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO MENA P.,25X,***,
(0184)      */15X,***,3X,ENERO 1984,39X,***,
(0185)      */15X,***,28X,ALGORITMO CONVENCIONAL MEJORADO,29X,***,
(0186)      */15X,***,88X,***,/15X,90(***))
(0187)      C
(0188)      C LECTURA Y DETECCION DE ERRORES EN LOS DATOS GENERALES DEL S.E.P. A
(0189)      C ANALIZARSE.
(0190)      C
(0191)      990 READ(IW,498) (TITULO(I),I=1,20)
(0192)      498 FORMAT(20A4)
(0193)      IF(TITULO(1).EQ.FIN) GOTO 1000
(0194)      READ(IW,498) (TITULO(I),I=21,40)
(0195)      WRITE(JW,499) (TITULO(I),I=1,40)
(0196)      499 FORMAT(*1,///15X,90(***),/15X,***,88X,***,/15X,***,4X,20A4,
(0197)      *4X,***,/15X,***,4X,20A4,4X,***,/15X,***,88X,***,/15X,90(***))
(0198)      NEAD=0
(0199)      NEAC=0
(0200)      READ(IW,500) NTBUS,NTELM,NACOP,NUMIN,BASE
(0201)      500 FORMAT(4I5,F10.5)
(0202)      DO 3 I=1,60
(0203)      DO 3 J=1,60
(0204)      DO 3 LX=1,2
(0205)      3 YP(I,J,LX)=0.
(0206)      CONT=0
(0207)      WRITE(JW,699)
(0208)      699 FORMAT(///40X,*DATOS DEL SISTEMA*,/40X,17(***))
(0209)      NAUX=0
(0210)      IF(NTBUS.LE.0.OR.NTELM.LE.0) GOTO 150
(0211)      IF(NTBUS.GT.500.OR.NTELM.GT.1000) GOTO 151
(0212)      GOTO 162
(0213)      150 WRITE(JW,501)
(0214)      501 FORMAT(//,10X,*ERROR, EL NUMERO DE BARRAS O DE ELEMENTOS ES CERO O
(0215)      * NEGATIVO*)
(0216)      GOTO 99
(0217)      151 WRITE(JW,502)
(0218)      502 FORMAT(//,10X,*ERROR, EL NUMERO DE BARRAS O ELEMENTOS SOBREPASA LA
(0219)      * CAPACIDAD DEL PROGRAMA*)
(0220)      GOTO 99
(0221)      162 IF(NACOP.EQ.0) GOTO 411
(0222)      IF(NACOP.LT.0) GOTO 256
(0223)      GOTO 257
(0224)      256 WRITE(JW,800)
(0225)      800 FORMAT(//,10X,*ERROR, EL NUMERO DE ACOPLER ES NEGATIVO*)
(0226)      GOTO 99
(0227)      257 IF(NACOP.GT.30) GOTO 258
(0228)      GOTO 411
(0229)      258 WRITE(JW,801)
(0230)      801 FORMAT(//,10X,*ERROR, EL NUMERO DE ACOPLER EXCEDE LA CAPACIDAD DEL
(0231)      * PROGRAMA*)
(0232)      GOTO 99
(0233)      411 IF(NUMIN.EQ.0.OR.NUMIN.EQ.1) GOTO 152
(0234)      WRITE(JW,520) NUMIN
(0235)      520 FORMAT(//,10X,*ERROR, EL INDICADOR DE FALLAS A TIERRA, NUMIN=,I4
(0236)      *,*, NO FS EL ESPERADO*)
(0237)      GOTO 99
(0238)      C
(0239)      C LECTURA Y DETECCION DE ERRORES EN LOS DATOS DE LOS ELEMENTOS DEL S.E.P.
(0240)      C A ANALIZARSE.

```

```

(0241) C
(0242) 152 DO 1 I=1,NTELM
(0243) READ(I,505) NEL(I),P(I),Q(I),ZPQPQD(I),ZPQPQC(I)
(0244) 505 FORMAT(3I5,4F10.5)
(0245) IF(P(I).EQ.Q(I)) GOTO 153
(0246) IF(P(I).NE.0.AND.Q(I).NE.0) GOTO 156
(0247) IF(P(I).LE.Q(I)) GOTO 156
(0248) NAXX=P(I)
(0249) P(I)=Q(I)
(0250) Q(I)=NAXX
(0251) 156 IF(P(I).GT.500.OR.Q(I).GT.500) GOTO 158
(0252) IF(P(I).LT.0.OR.Q(I).LT.0) GOTO 159
(0253) IF(NEL(I).GT.1000) GOTO 160
(0254) IF(NEL(I).LE.0) GOTO 161
(0255) IF(REAL(ZPQPQD(I)).LT.0..OR.REAL(ZPQPQC(I)).LT.0.) GOTO 166
(0256) IF(REAL(ZPQPQD(I)).EQ.0..AND.AIMAG(ZPQPQD(I)).EQ.0.) GOTO 167
(0257) IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 415
(0258) IF(REAL(ZPQPQC(I)).EQ.0..AND.AIMAG(ZPQPQC(I)).EQ.0.) GOTO 169
(0259) IF(REAL(ZPQPQC(I)).GT.99..AND.REAL(ZPQPQD(I)).GT.99.) GOTO 417
(0260) GOTO 1
(0261) 415 IF(REAL(ZPQPQD(I)).GT.99.) GOTO 417
(0262) 1 CONTINUE
(0263) GOTO 154
(0264) 153 WRITE(JW,506) NEL(I)
(0265) 506 FORMAT(/,10X,'ERROR, EL ELEMENTO:',I4,' TIENE EL MISMO NODO INIC
(0266) *IAL Y FINAL*)
(0267) NAUX=1
(0268) GOTO 100
(0269) 154 IAUX=NTELM-1
(0270) DO 2 I=1,IAUX
(0271) JAUX=I+1
(0272) DO 2 J=JAUX,NTELM
(0273) IF(NEL(I).EQ.NEL(J)) GOTO 155
(0274) 2 CONTINUE
(0275) GOTO 100
(0276) 155 IF(P(I).EQ.P(J).AND.Q(I).EQ.Q(J)) GOTO 157
(0277) WRITE(JW,507) P(I),Q(I),P(J),Q(J)
(0278) 507 FORMAT(/,10X,'ERROR, LOS ELEMENTOS QUE VAN DE ',I4,' A ',I4,
(0279) *' Y DE ',I4,' A ',I4,' TIENEN EL MISMO NUMERO DE ELEMENTO')
(0280) NAUX=2
(0281) GOTO 100
(0282) 157 WRITE(JW,508) NEL(I)
(0283) 508 FORMAT(/,10X,'ERROR, EL ELEMENTO:',I4,' SE ENCUENTRA REPETIDO EN
(0284) * LA LISTA DE DATOS*)
(0285) NAUX=2
(0286) GOTO 100
(0287) 158 WRITE(JW,510) NEL(I)
(0288) 510 FORMAT(/,10X,'ERROR, UNO DE LOS NODOS DEL ELEMENTO:',I4,
(0289) *' EXCEDE LA CAPACIDAD DEL PROGRAMA*)
(0290) NAUX=1
(0291) GOTO 100
(0292) 159 WRITE(JW,511) NEL(I)
(0293) 511 FORMAT(/,10X,'ERROR, UNO DE LOS NODOS DEL ELEMENTO:',I4,
(0294) *' ES MENOR QUE CERO*)
(0295) NAUX=1
(0296) GOTO 100
(0297) 160 WRITE(JW,512) P(I),Q(I)
(0298) 512 FORMAT(/,10X,'ERROR, EL NUMERO DEL ELEMENTO QUE VA DE ',I4,' A ',
(0299) *I4,' EXCEDE EL LIMITE MAXIMO DEL PROGRAMA*)
(0300) NAUX=1

```

```

(0301)      GOTO 100
(0302) 161  WRITE(JW,513) P(I),Q(I)
(0303) 513  FORMAT(//,10X,'ERROR, EL NUMERO DEL ELEMENTO QUE VA DE ',I4,
(0304)      *' A ',I4,' ES NEGATIVO O IGUAL A CERO')
(0305)      NAUX=1
(0306)      GOTO 100
(0307) 166  WRITE(JW,521) NEL(I)
(0308) 521  FORMAT(//,10X,'ERROR, EL ELEMENTO:',I4,' TIENE RESISTENCIA NEGAT
(0309)      *IVA')
(0310)      NAUX=1
(0311)      GOTO 100
(0312) 167  WRITE(JW,522) NEL(I)
(0313) 522  FORMAT(//,10X,'ERROR, EL ELEMENTO:',I4,' TIENE IMPEDANCIA DE SECU
(0314)      *ENCIA POSITIVA IGUAL A CERO')
(0315)      NAUX=1
(0316)      GOTO 100
(0317) 417  WRITE(JW,610) NEL(I)
(0318) 610  FOPMAT(//,10X,'ERROR, EL ELEMENTO:',I4,' TIENE IMPEDANCIA INFINITA
(0319)      * EN TODAS SUS SECUENCIAS RESPECTIVAS')
(0320)      NAUX=1
(0321)      GOTO 100
(0322) 169  WRITE(JW,523) NEL(I)
(0323) 523  FORMAT(//,10X,'ERROR, EL ELEMENTO:',I4,' TIENE IMPEDANCIA DE SECU
(0324)      *ENCIA CERO IGUAL A CERO')
(0325)      NAUX=1
(0326)      GOTO 100
(0327)  C
(0328)  C  IMPRESION DE LOS DATOS GENERALES Y DE LOS ELEMENTOS DEL S.E.P. QUE
(0329)  C  SE ANALIZA.
(0330)  C
(0331) 99   WRITE(JW,524) NTBUS,NTELM,NACOP
(0332) 524  FORMAT(//,40X,'NUMERO DE BARRAS DEL SISTEMA:',
(0333)      *,I4,//,40X,'NUMERO DE ELEM. DEL SISTEMA:',
(0334)      *I4,//,40X,'NUMERO TOTAL DE ACOPLS EXISTENTES EN EL SISTEMA:',I4,
(0335)      *////)
(0336)      GOTO 1000
(0337) 100  WRITE(JW,524) NTBUS,NTELM,NACOP
(0338)      IF(NAUX.EQ.1) GOTO 1000
(0339) 188  IF(NUMIN.EQ.0) GOTO 170
(0340)      WRITE(JW,525)
(0341) 525  FORMAT(/,30X,'ELEM.',4X,'NODO P',4X,'NODO Q',4X,'IMP. SEC. POSITIV
(0342)      *A',/)
(0343)      DO 10 I=1,NTELM
(0344) 10   WRITE(JW,526) NEL(I),P(I),Q(I),ZPQPQD(I)
(0345) 526  FORMAT(24X,3(6X,I4),4X,F9.5,'+J',F9.5)
(0346)      GOTO 171
(0347) 170  WRITE(JW,527)
(0348) 527  FORMAT(/,30X,'ELEM.',4X,'NODO P',4X,'NODO Q',4X,'IMP. SEC. POSITIV
(0349)      *A',6X,'IMP. SEC. CERO',/)
(0350)      DO 11 I=1,NTELM
(0351) 11   WRITE(JW,528) NEL(I),P(I),Q(I),ZPQPQD(I),ZPGPQC(I)
(0352) 528  FORMAT(24X,3(6X,I4),2(4X,F9.5,'+J',F9.5))
(0353) 171  WRITE(JW,529)
(0354) 529  FORMAT(//////)
(0355)      IF(NAUX.EQ.2) GOTO 1000
(0356)      IF(NACOP.EQ.0) GOTO 255
(0357)  C
(0358)  C  LECTURA Y DETECCION DE ERRORES DE LOS DATOS DE LOS ACOPLAMIENTOS
(0359)  C  MUTUOS DEL S.E.P. EN ANALISIS.
(0360)  C

```

```

(0361)      WRITE(JW,601)
(0362) 601   FORMAT(40X,'DATOS DE LOS ACOPLAMIENTOS MUTUOS',/40X,34('**'))
(0363)      MY=0
(0364)      DO 164 I=1,NACOP
(0365)      READ(I,530) NEA1(I),NEA2(I),ZACD(I),ZACC(I)
(0366) 530   FORMAT(2I5,4F10.5)
(0367)      IF(NEA1(I).LE.0.OR.NEA2(I).LE.0) GOTO 261
(0368)      IF(NEA1(I).GT.1000.OR.NEA2(I).GT.1000) GOTO 264
(0369)      IF(NEA1(I).EQ.NEA2(I)) GOTO 265
(0370)      IF(REAL(ZACD(I)).EQ.0..AND.AIMAG(ZACD(I)).EQ.0.) GOTO 262
(0371)      IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 260
(0372)      IF(REAL(ZACC(I)).EQ.0..AND.AIMAG(ZACC(I)).EQ.0.) GOTO 263
(0373)      IF(REAL(ZACD(I)).GT.99..AND.REAL(ZACC(I)).GT.99.) GOTO 281
(0374)      GOTO 164
(0375) 260   IF(REAL(ZACD(I)).GT.99.) GOTO 281
(0376) 164   CONTINUE
(0377)      GOTO 266
(0378) 261   WRITE(JW,802) I
(0379) 802   FORMAT(/,10X,'ERROR, EN EL ACOPLA:',I4,' LOS NUMEROS DE LOS ELEME
(0380) *NTOS ACOPLADOS SON CERO O MENORES QUE CERO')
(0381)      GOTO 1000
(0382) 262   WRITE(JW,803) I
(0383) 803   FORMAT(/,10X,'ERROR, EN EL ACOPLA:',I4,' LA IMPED. DE SEC. POSITI
(0384) *VA ES CERO')
(0385)      GOTO 1000
(0386) 263   WRITE(JW,804) I
(0387) 804   FORMAT(/,10X,'ERROR, EN EL ACOPLA:',I4,' LA IMPED. DE SEC. NEGATI
(0388) *VA ES CERO')
(0389)      GOTO 1000
(0390) 264   WRITE(JW,805) I
(0391) 805   FORMAT(/,10X,'ERROR, EN EL ACOPLA:',I4,' LOS NUMEROS DE LOS ELEME
(0392) *NTOS EXCEDEN LA CAPACIDAD DEL PROGRAMA')
(0393)      GOTO 1000
(0394) 265   WRITE(JW,806) I
(0395) 806   FORMAT(/,10X,'ERROR, EN EL ACOPLA:',I4,' LOS NUMEROS DE LOS ELEME
(0396) *NTOS SON IGUALES ENTRE SI')
(0397)      GOTO 1000
(0398) 266   DO 267 I=1,NACOP
(0399)      DO 267 J=1,NACOP
(0400)      IF(I-J) 268,267,268
(0401) 268   IF((NEA1(I).EQ.NEA1(J).AND.NEA2(I).EQ.NEA2(J)).OR.(NEA1(I).EQ.NEA2
(0402) *(J).AND.NEA2(I).EQ.NEA1(J))) GOTO 269
(0403) 267   CONTINUE
(0404)      GOTO 275
(0405) 269   WRITE(JW,810) I,J
(0406) 810   FORMAT(/,10X,'ERROR, LOS ACOPLA:',I4,' Y ',I4,' SON LOS MISMOS')
(0407)      GOTO 300
(0408) 275   IP=0
(0409)      JP=0
(0410)      DO 276 I=1,NACOP
(0411)      DO 277 J=1,NTELM
(0412)      IF(NEA1(I).EQ.NEL(J)) IP=1
(0413)      IF(NEA2(I).EQ.NEL(J)) JP=1
(0414) 277   CONTINUE
(0415)      IF(IP.NE.1.OR.JP.NE.1) GOTO 278
(0416) 276   CONTINUE
(0417)      GOTO 282
(0418) 278   WRITE(JW,811) I
(0419) 811   FORMAT(/,10X,'ERROR, UNO DE LOS ELEMENTOS DEL ACOPLA:',I4,
(0420) *' NO EXISTE EN LA LISTA DE ELEMENTOS DEL S.E.P.')
```

```

(0421)          GOTO 300
(0422) 281     WRITE(JW,812) I
(0423) 812     FORMAT(//,10X,'ERROR,EL ACOUPLE:',I4,' TIENE IMPEDANCIA INFINITA EN
(0424)          * TODAS SUS SECUENCIAS RESPECTIVAS')
(0425)          GOTO 1000
(0426) 300     MX=1
(0427) C
(0428) C      IMPRESION DE LOS DATOS DE LOS ACOPLAMIENTOS MUTUOS DEL S.E.P. EN
(0429) C      ANALISIS.
(0430) C
(0431) 282     IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 296
(0432)          WRITE(JW,813)
(0433) 813     FORMAT(
(0434)          *///30X,'ELEMENTOS ACOPLADOS',5X,'IMPED. DE ACOP. SEC. POST.',5X,
(0435)          *'IMPED. DE ACOP. SEC. CERO',//)
(0436)          DO 301 I=1,NACOP
(0437) 301     WRITE(JW,814) NEA1(I),NEA2(I),ZACD(I),ZACC(I)
(0438) 814     FORMAT(32X,I4,6X,I4,2(11X,F10.5,'+J',F10.5))
(0439)          GOTO 295
(0440) 296     WRITE(JW,820)
(0441) 820     FORMAT(
(0442)          *///30X,'ELEMENTOS ACOPLADOS',5X,'IMPED. DE ACOP. SEC. POST.',//)
(0443)          DO 294 I=1,NACOP
(0444) 294     WRITE(JW,821) NEA1(I),NEA2(I),ZACD(I)
(0445) 821     FORMAT(32X,I4,6X,I4,11X,F10.5,'+J',F10.5)
(0446) 295     WRITE(JW,529)
(0447)          IF(MX.EQ.1) GOTO 1000
(0448) C
(0449) C      ORDENAMIENTO DE LOS DATOS DE LOS ELEMENTOS DEL S.E.P. EN ANALISIS.
(0450) C
(0451) 255     DO 6 I=1,NTELM
(0452)          IF(P(I).EQ.0) GOTO 181
(0453) 6       CONTINUE
(0454) 181     NAUX=P(1)
(0455)          P(1)=P(I)
(0456)          P(I)=NAUX
(0457)          LBUS(1)=Q(I)
(0458)          Q(I)=Q(1)
(0459)          Q(1)=LBUS(1)
(0460)          ZAUX=ZPQPQD(1)
(0461)          ZPQPQD(1)=ZPQPQD(I)
(0462)          ZPQPQD(I)=ZAUX
(0463)          NAUX=NEL(1)
(0464)          NEL(1)=NEL(I)
(0465)          NEL(I)=NAUX
(0466)          IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 182
(0467)          ZAUX=ZPQPQC(1)
(0468)          ZPQPQC(1)=ZPQPQC(I)
(0469)          ZPQPQC(I)=ZAUX
(0470) 182     K=1
(0471)          IAUX=NTBUS-1
(0472)          DO 13 I=1,IAUX
(0473)          DO 13 J=2,NTELM
(0474)          IF(LBUS(I).EQ.P(J)) GOTO 183
(0475)          IF(LBUS(I).EQ.Q(J)) GOTO 184
(0476)          GOTO 13
(0477) 183     DO 15 L=1,K
(0478)          IF(Q(J).EQ.LBUS(L)) GOTO 13
(0479) 15     CONTINUE
(0480)          K=K+1

```

```

(0481)      LBUS(K)=Q(J)
(0482)      GOTO 13
(0483)  184  IF(P(J).EQ.0) GOTO 13
(0484)      DO 16 L=1,K
(0485)      IF(P(J).EQ.LBUS(L)) GOTO 13
(0486)  16   CONTINUE
(0487)      K=K+1
(0488)      LBUS(K)=P(J)
(0489)  13   CONTINUE
(0490)      IF(K.EQ.NTBUS) GOTO 5
(0491)      WRITE(JH,531) NTBUS,K
(0492)  531  FORMAT(//,10X,'ERRGR, EL NUMERO NTBUS:',I4,' NO COINCIDE CON EL NU
(0493)      *MERO DE BARRAS DADAS EN LOS DATOS DE LOS ELEM. DEL S.E.P.,'
(0494)      */,10X,'QUE ES:',I4,'. PROBABLE CAJSA ES QUE EXISTAN BARRAS AISLA
(0495)      *DAS EN EL SISTEMA, REVISAR DATOS DE ELEMENTOS.',//)
(0496)      GOTO 1000
(0497)  5    DO 299 I=1,NTBUS
(0498)  299  LBUSP(I)=LBUS(I)
(0499)      K=1
(0500)      DO 14 I=1,NTBUS
(0501)      JAUX=K+1
(0502)      DO 17 J=JAUX,NTELM
(0503)      IF(LBUS(I).EQ.Q(J).AND.P(J).EQ.0) GOTO 185
(0504)      GOTO 17
(0505)  185  K=K+1
(0506)      NAUX=NEL(J)
(0507)      NEL(J)=NEL(K)
(0508)      NEL(K)=NAUX
(0509)      NAUX=P(J)
(0510)      P(J)=P(K)
(0511)      P(K)=NAUX
(0512)      NAUX=Q(J)
(0513)      Q(J)=Q(K)
(0514)      Q(K)=NAUX
(0515)      ZAUX=ZPQPQD(J)
(0516)      ZPQPQD(J)=ZPQPQD(K)
(0517)      ZPQPQD(K)=ZAUX
(0518)      IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 17
(0519)      ZAUX=ZPQPQC(J)
(0520)      ZPQPQC(J)=ZPQPQC(K)
(0521)      ZPQPQC(K)=ZAUX
(0522)  17   CONTINUE
(0523)      IF(I.EQ.1) GOTO 14
(0524)      JAUX=I-1
(0525)      DO 18 J=1,JAUX
(0526)      LAUX=K+1
(0527)      DO 18 L=LAUX,NTELM
(0528)      IF((LBUS(I).EQ.P(L).AND.LBUS(J).EQ.Q(L)).OR.(LBUS(I).EQ.Q(L).AND.
(0529)      *LBUS(J).EQ.P(L))) GOTO 186
(0530)      GOTO 18
(0531)  186  K=K+1
(0532)      NAUX=NEL(L)
(0533)      NEL(L)=NEL(K)
(0534)      NEL(K)=NAUX
(0535)      NAUX=P(L)
(0536)      P(L)=P(K)
(0537)      P(K)=NAUX
(0538)      NAUX=Q(L)
(0539)      Q(L)=Q(K)
(0540)      Q(K)=NAUX

```



```

(0541)      ZAX=ZPQPQD(L)
(0542)      ZPQPQD(L)=ZPQPQD(K)
(0543)      ZPQPQD(K)=ZAX
(0544)      IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 18
(0545)      ZAX=ZPQPQC(L)
(0546)      ZPQPQC(L)=ZPQPQC(K)
(0547)      ZPQPQC(K)=ZAX
(0548)  18   CONTINUE
(0549)  14   CONTINUE
(0550)      NAX=0
(0551)      C
(0552)      C  INICIALIZACION DE VARIABLES AUXILIARES.
(0553)      C
(0554)      DO 24 I=1,NTBUS
(0555)      NXC(LBUS(I))=I
(0556)  24   NXD(LBUS(I))=I
(0557)      NQ=0
(0558)      ID=0
(0559)      IC=0
(0560)      IP=0
(0561)      L=NTBUS+1
(0562)      C
(0563)      C  CALCULO DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA SIN ACOPLES MUTUOS.
(0564)      C
(0565)  81   IP=IP+1
(0566)      IF(IP.GT.NTELM) GOTO 90
(0567)      IF(IP.EQ.1) GOTO 80
(0568)      IAX=IP-1
(0569)      C
(0570)      C  SE DETERMINA SI UN ELEMENTO ES RAMA O ENLACE.
(0571)      C
(0572)      DO 20 I=1,IAX
(0573)      IF(P(IP).EQ.P(I).OR.P(IP).EQ.Q(I)) GOTO 189
(0574)  20   CONTINUE
(0575)      GOTO 80
(0576)  189  DO 21 J=1,IAX
(0577)      IF(Q(IP).EQ.Q(J).OR.Q(IP).EQ.P(J)) GOTO 85
(0578)  21   CONTINUE
(0579)      C
(0580)      C  CALCULOS PARA EL CASO DE RAMAS.
(0581)      C
(0582)  80   NQ=NQ+1
(0583)      IAX=NQ-1
(0584)      IF(REAL(ZPQPQD(IP)).GT.99.) GOTO 190
(0585)      ZPQAX=ZPQPQD(IP)
(0586)      GOTO 198
(0587)  190  ZPQAX=(0.,0.5)
(0588)      ID=ID+1
(0589)      NELP(ID)=LBUS(NQ)
(0590)      GOTO 197
(0591)  198  IF(P(IP).EQ.0) GOTO 197
(0592)      GOTO 192
(0593)  197  IF(IAX.EQ.0) GOTO 199
(0594)      DO 230 I=1,IAX
(0595)  230  ZBUSD(NQ+(I-1)*(2*L-I)/2)=0.
(0596)  199  ZBUSD(NQ+(NQ-1)*(2*L-NQ)/2)=ZPQAX
(0597)      IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 81
(0598)      GOTO 991
(0599)  192  IF(LBUS(NQ).EQ.P(IP)) GOTO 200
(0600)      NP=NXD(P(IP))

```

```

(0601)      GOTO 201
(0602) 200  NP=NXD(Q(IP))
(0603) 201  DO 297 I=1,IAUX
(0604)      NI=(I-1)*(2*L-I)/2
(0605)      IF(I.GT.NP) GOTO 298
(0606)      K=NP
(0607)      M=NI
(0608)      GOTO 297
(0609) 298  K=I
(0610)      M=(NP-1)*(2*L-NP)/2
(0611) 297  ZBUSD(NQ+NI)=ZBUSD(K+M)
(0612)      NQF=(NQ-1)*(2*L-NQ)/2
(0613)      NPP=(NP-1)*(2*L-NP)/2
(0614)      ZBUSD(NQ+NQP)=ZBUSD(NP+NPP)+ZPQAUX
(0615)      IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 81
(0616) 991  IF(REAL(ZPQPQC(IP)).GT.99.) GOTO 191
(0617)      ZPQAUX=ZPQPQC(IP)
(0618)      GOTO 193
(0619) 191  ZPQAUX=(0.,0.5)
(0620)      IC=IC+1
(0621)      ICP=IC+500
(0622)      NELP(ICF)=LBUS(NQ)
(0623)      GOTO 194
(0624) 193  IF(P(IP).EQ.0) GOTO 194
(0625)      GOTO 195
(0626) 194  IF(IAUX.EQ.0) GOTO 196
(0627)      DO 23 I=1,IAUX
(0628) 23   ZBUSC(NQ+(I-1)*(2*L-I)/2)=0.
(0629) 196  ZBUSC(NQ+(NQ-1)*(2*L-NQ)/2)=ZPQAUX
(0630)      GOTO 81
(0631) 195  IF(LBUS(NQ).EQ.P(IP)) GOTO 992
(0632)      NP=NXD(P(IP))
(0633)      GOTO 993
(0634) 992  NP=NXD(Q(IP))
(0635) 993  DO 995 I=1,IAUX
(0636)      NI=(I-1)*(2*L-I)/2
(0637)      IF(I.GT.NP) GOTO 994
(0638)      K=NP
(0639)      M=NI
(0640)      GOTO 995
(0641) 994  K=I
(0642)      M=(NP-1)*(2*L-NP)/2
(0643) 995  ZBUSC(NQ+NI)=ZBUSC(K+M)
(0644)      NQP=(NQ-1)*(2*L-NQ)/2
(0645)      NPP=(NP-1)*(2*L-NP)/2
(0646)      ZBUSC(NQ+NQP)=ZBUSC(NP+NPP)+ZPQAUX
(0647)      GOTO 81
(0648)  C
(0649)  C  CALCULOS PARA EL CASO DE ENLACES.
(0650)  C
(0651) 85  IF(P(IP).EQ.0) GOTO 202
(0652)      NP=NXD(P(IP))
(0653)      NPP=(NP-1)*(2*L-NP)/2
(0654)      GOTO 203
(0655) 202  ZAUX=0.
(0656)      NP=0
(0657)      NPP=0
(0658) 203  NQU=NXD(Q(IP))
(0659)      NQP=(NQU-1)*(2*L-NQU)/2
(0660)      DO 29 I=1,NQ

```

```

(0661)      NI=(I-1)*(2*L-I)/2
(0662)      IF(I.GT.NP) GOTO 204
(0663)      K1=NP
(0664)      M1=NI
(0665)      GOTO 205
(0666)  204  K1=I
(0667)      M1=NPP
(0668)  205  IF(I.GT.NQU) GOTO 206
(0669)      K2=NQU
(0670)      M2=NI
(0671)      GOTO 207
(0672)  206  K2=I
(0673)      M2=NQP
(0674)  207  IF(REAL(ZPQPQD(IP)).GT.99.) GOTO 208
(0675)      IF(P(IP).EQ.0) GOTO 209
(0676)      ZAUX=ZBUSD(K1+M1)
(0677)  209  ZBUSD(L+NI)=ZAUX-ZBUSD(K2+M2)
(0678)  208  IF(REAL(ZPQPQC(IP)).GT.99..OR.NUMIN.EQ.1) GOTO 29
(0679)      IF(P(IP).EQ.0) GOTO 210
(0680)      ZAUX=ZBUSC(K1+M1)
(0681)  210  ZBUSC(L+NI)=ZAUX-ZBUSC(K2+M2)
(0682)  29   CONTINUE
(0683)      LP=(L-1)*(2*L-L)/2
(0684)      IF(REAL(ZPQPQD(IP)).GT.99.) GOTO 211
(J685)      IF(P(IP).EQ.0) GOTO 212
(0686)      ZAUX=ZBUSD(L+NPP)
(0687)  212  ZBUSD(L+LP)=ZAUX-ZBUSD(L+NQP)+ZPQPQD(IP)
(0688)  211  IF(REAL(ZPQPQC(IP)).GT.99..OR.NUMIN.EQ.1) GOTO 214
(0689)      IF(P(IP).EQ.0) GOTO 213
(0690)      ZAUX=ZBUSC(L+NPP)
(0691)  213  ZBUSC(L+LP)=ZAUX-ZBUSC(L+NQP)+ZPQPQC(IP)
(0692)  214  DO 30 I=1,NQ
(0693)      NI=(I-1)*(2*L-I)/2
(0694)      DO 30 J=1,I
(0695)      NJ=(J-1)*(2*L-J)/2
(0696)      IF(REAL(ZPQPQD(IP)).GT.99.) GOTO 215
(0697)      ZBUSD(I+NJ)=ZBUSD(I+NJ)-ZBUSD(L+NI)*ZBUSD(L+NJ)/ZBUSD(L+LP)
(0698)  215  IF(REAL(ZPQPQC(IP)).GT.99..OR.NUMIN.EQ.1) GOTO 30
(0699)      ZBUSC(I+NJ)=ZBUSC(I+NJ)-ZBUSC(L+NI)*ZBUSC(L+NJ)/ZBUSC(L+LP)
(0700)  30   CONTINUE
(0701)      GOTO 81
(0702)  C
(0703)  C   CORRECCIONES A LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. CERO DEBIDO A LA
(0704)  C   PRESENCIA DE RAMAS DE IMPED. INFINITA.
(0705)  C
(0706)  90   IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 91
(0707)      NBUSC=NTBUS
(0708)      IF(IC.EQ.0) GOTO 91
(0709)      DO 31 JX=1,IC
(0710)      JXP=JX+500
(0711)      JP=NXC(NELP(JXP))
(0712)      NI=JP+(JP-1)*(2*L-JP)/2
(0713)      IF(REAL(ZBUSC(NI)).EQ.0..AND.AIMAG(ZBUSC(NI)).EQ.0.5) GOTO 216
(0714)      CALL ENL(JP,NBUSC,2,L)
(0715)      GOTO 31
(0716)  216  IP=JP-I
(0717)      NBUSC=NBUSC-1
(0718)      DO 302 J=JP,NBUSC
(0719)      JS=J+1
(0720)      IF(IP.EQ.0) GOTO 424

```

```

(0721)      DO 303 I=1,IP
(0722) 303  ZBUSC(J+(I-1)*(2*L-I)/2)=ZBUSC(JS+(I-1)*(2*L-I)/2)
(0723) 424  DO 304 I=JP,J
(0724)      IS=I+1
(0725) 304  ZBUSC(J+(I-1)*(2*L-I)/2)=ZBUSC(JS+(IS-1)*(2*L-IS)/2)
(0726)      LBUSP(J)=LBUSP(JS)
(0727) 302  NXC(LBUSP(J))=J
(0728) 31   CONTINUE
(0729) C
(0730) C     CORRECCIONES A LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. POSITIVA DEBIDO A
(0731) C     LA PRESENCIA DE RAMAS DE IMPED. INFINITA.
(0732) C
(0733) 91   NBUSD=NTBUS
(0734)      IF(ID.EQ.0) GOTO 217
(0735)      DO 32 JX=1,IO
(0736)      JP=NXD(NELP(JX))
(0737)      NI=JP+(JP-1)*(2*L-JP)/2
(0738)      IF(REAL(ZBUSD(NI)).EQ.0..AND.AIMAG(ZBUSD(NI)).EQ.0.5) GOTO 218
(0739)      CALL ENL(JP,NBUSD,1,L)
(0740)      GOTO 32
(0741) 218  I=JP-1
(0742)      NBUSD=NBUSD-1
(0743)      DO 306 J=JP,NBUSD
(0744)      JS=J+1
(0745)      IF(IP.EQ.0) GOTO 425
(0746)      DO 307 I=1,IP
(0747) 307  ZBUSD(J+(I-1)*(2*L-I)/2)=ZBUSD(JS+(I-1)*(2*L-I)/2)
(0748) 425  DO 308 I=JP,J
(0749)      IS=I+1
(0750) 308  ZBUSD(J+(I-1)*(2*L-I)/2)=ZBUSD(JS+(IS-1)*(2*L-IS)/2)
(0751)      LBUS(J)=LBUS(JS)
(0752) 306  NXD(LBUS(J))=J
(0753) 32   CONTINUE
(0754) C
(0755) C     INTRODUCCION DE LOS ACOPLER MUTUOS EN LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA
(0756) C     DE SECUENCIA.
(0757) C
(0758) 217  IF(NACOP.EQ.0) GOTO 900
(0759) C
(0760) C     CONSTRUCCION DEL LISTADO DE ELEMENTOS Y NODOS AFECTADOS POR ACOPLER
(0761) C     MUTUOS. CONSTRUCCION DE LA MATRIZ B(INVERSA) DEL ALGORITMO PARA
(0762) C     INTRODUCIR ACOPLER MUTUOS EN MATRIZ IMPED. DE BARRA.
(0763) C
(0764)      NAUX=1
(0765)      LX=0
(0766) 310  DO 330 I=1,200
(0767)      DO 330 J=1,100
(0768) 330  ZK(I,J)=0.
(0769)      LX=LX+1
(0770)      K=1
(0771)      LEA(1,LX)=0
(0772)      DO 313 I=1,NACOP
(0773)      IF(NAUX-1) 314,315,314
(0774) 314  ZAUX=ZACC(I)
(0775)      GOTO 316
(0776) 315  ZAUX=ZACD(I)
(0777) 316  IF(REAL(ZAUX).GT.99.) GOTO 313
(0778)      DO 701 J=1,K
(0779)      IF(LEA(J,LX).EQ.NEA1(I)) GOTO 317
(0780) 701  CONTINUE

```

```

(0781)      IF (LEA(I,LX).EQ.0) GOTO 323
(0782)      K=K+1
(0783) 323  LEA(K,LX)=NEA1(I)
(0784) 317  DO 318 J=1,K
(0785)      IF (LEA(J,LX).EQ.NEA2(I)) GOTO 313
(0786) 315  CONTINUE
(0787)      K=K+1
(0788)      LEA(K,LX)=NEA2(I)
(0789) 313  CONTINUE
(0790)      NEA=K
(0791)      IF (K.EQ.1) GOTO 901
(0792)      DO 321 I=1,NEA
(0793)      DO 324 J=1,NTELM
(0794)      IF (LEA(I,LX).EQ.NEL(J)) GOTO 322
(0795) 324  CONTINUE
(0796)      GOTO 321
(0797) 322  PA(I,LX)=P(J)
(0798)      QA(I,LX)=Q(J)
(0799)      IF (NAUX-1) 325,326,325
(0800) 325  ZAUX=ZPQPQC(J)
(0801)      GOTO 327
(0802) 326  ZAUX=ZPGPQD(J)
(0803) 327  ZBD(I)=1/ZAUX
(0804)      ZK(I,I)=ZAUX
(0805) 321  CONTINUE
(0806)      LBEA(1)=PA(1,LX)
(0807)      K=2
(0808)      IF (PA(1,LX).EQ.0) K=1
(0809)      LBEA(K)=QA(1,LX)
(0810)      DO 328 I=2,NEA
(0811)      DO 329 J=1,K
(0812)      IF (LBEA(J).EQ.PA(I,LX).OR.PA(I,LX).EQ.0) GOTO 331
(0813) 329  CONTINUE
(0814)      K=K+1
(0815)      IF (K.GT.100) GOTO 333
(0816)      LBEA(K)=PA(I,LX)
(0817) 331  DO 332 J=1,K
(0818)      IF (LBEA(J).EQ.QA(I,LX)) GOTO 328
(0819) 332  CONTINUE
(0820)      K=K+1
(0821)      IF (K.GT.100) GOTO 333
(0822)      LBEA(K)=QA(I,LX)
(0823) 328  CONTINUE
(0824)  C
(0825)  C  CONSTRUCCION DE LA MATRIZ A3 DEL ALGORITMO.
(0826)  C
(0827)      DO 710 I=1,NEA
(0828)      IP=100+I
(0829)      DO 711 J=1,K
(0830)      IF (LBEA(J).EQ.PA(I,LX)) GOTO 712
(0831) 711  CONTINUE
(0832)      GOTO 293
(0833) 712  ZK(IP,J)=1.
(0834) 293  DO 713 J=1,K
(0835)      IF (LBEA(J).EQ.QA(I,LX)) GOTO 714
(0836) 713  CONTINUE
(0837) 714  ZK(IP,J)=-1.
(0838) 710  CONTINUE
(0839)      GOTO 334
(0840) 333  WRITE(5,815)

```

```

(0841) 815  FORMAT(//,10X,'ERROR, EL NUMERO DE BARRAS AFECTADAS POR ACOPLER MU
(0842)      *TUOS',/10X,'EXCEDE LA CAPACIDAD DEL PROGRAMA')
(0843)      GOTO 1000
(0844) 334  NBA=K
(0845)  C
(0846)  C  CONSTRUCCION DE LA MATRIZ D(INVERSA) DEL ALGORITMO.
(0847)  C
(0848)      IP=NEA-1
(0849)      DO 335 I=1,IP
(0850)      JP=I+1
(0851)      DO 335 J=JP,NEA
(0852)      DO 335 K=1,NACOP
(0853)      IF((LEA(I,LX).EQ.NEA1(K).AND.LEA(J,LX).EQ.NEA2(K)).OR.(LEA(I,LX).
(0854)      *EQ.NEA2(K).AND.LEA(J,LX).EQ.NEA1(K))) GOTO 336
(0855)      GOTO 335
(0856) 336  IF(NAUX-1) 337,338,337
(0857) 337  ZAUX=ZACC(K)
(0858)      GOTO 339
(0859) 338  ZAUX=ZACD(K)
(0860) 339  ZK(I,J)=ZAUX
(0861)      ZK(J,I)=ZAUX
(0862) 335  CONTINUE
(0863)      CALL INVER(0,NEA)
(0864)  C
(0865)  C  CONSTRUCCION DE LA MATRIZ PRIMITIVA DE LOS ELEMENTOS ACOPLADOS.
(0866)  C
(0867)      DO 611 I=1,NEA
(0868)      DO 611 J=1,NEA
(0869) 611  YP(I,J,LX)=ZR(I,J)
(0870)  C
(0871)  C  CONSTRUCCION DE LA MATRIZ R DEL ALGORITMO.
(0872)  C
(0873)      DO 340 I=1,NEA
(0874)      DO 340 J=1,NEA
(0875)      IF(I.EQ.J) GOTO 341
(0876)      ZK(I,J)=-ZR(I,J)
(0877)      GOTO 340
(0878) 341  ZK(I,J)=ZBD(I)-ZR(I,J)
(0879) 340  CONTINUE
(0880)      DO 342 I=1,NEA
(0881)      DO 342 J=1,NBA
(0882)      ZR(I,J)=0.
(0883)      DO 342 K=1,NEA
(0884)      KP=100+K
(0885) 342  ZR(I,J)=ZR(I,J)+ZK(I,K)*ZK(KP,J)
(0886)      DO 343 I=1,NBA
(0887)      DO 343 J=1,NBA
(0888)      ZK(I,J)=0.
(0889)      DO 343 K=1,NEA
(0890)      KP=100+K
(0891) 343  ZK(I,J)=ZK(I,J)+ZK(KP,I)*ZR(K,J)
(0892)      IF(NAUX.EQ.1) GOTO 345
(0893)      NTB=NBUSC
(0894)      NEAC=NEA
(0895)      GOTO 346
(0896) 345  NTB=NBUSD
(0897)      NEAD=NEA
(0898)  C
(0899)  C  ORDENAMIENTO DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. DE ACUERDO A LAS
(0900)  C  BARRAS AFECTADAS POR ACOPLAMIENTOS MUTUOS.

```

```

(0901) C
(0902) 346 DO 344 I=1,NBA
(0903) DO 344 J=1,NTB
(0904) IF (NAUX.EQ.1) GOTO 367
(0905) LAUX=LBUSP(NTB-J+1)
(0906) GOTO 368
(0907) 367 LAUX=LBUS(NTB-J+1)
(0908) 368 IF (LBEA(NBA-I+1).EQ.LAUX) GOTO 347
(0909) GOTO 344
(0910) 347 K=NTB-J+1
(0911) M=NTB-I+1
(0912) IF (K.EQ.M) GOTO 344
(0913) KP=(K-1)*(2*L-K)/2
(0914) MP=(M-1)*(2*L-M)/2
(0915) IF (NAUX.EQ.1) GOTO 348
(0916) ZAUX=ZBUSC(K+KP)
(0917) ZBUSC(K+KP)=ZBUSC(M+MP)
(0918) ZBUSC(M+MP)=ZAUX
(0919) GOTO 349
(0920) 348 ZAUX=ZBUSD(K+KP)
(0921) ZBUSD(K+KP)=ZBUSD(M+MP)
(0922) ZBUSD(M+MP)=ZAUX
(0923) 349 LP=M-1
(0924) DO 350 IP=1,LP
(0925) IS=(IP-1)*(2*L-IP)/2
(0926) MAUX=M+IS
(0927) IF (K-IP) 351,350,352
(0928) 351 KAUX=K+I
(0929) GOTO 353
(0930) 352 KAUX=K+IS
(0931) 353 IF (NAUX.EQ.1) GOTO 354
(0932) ZAUX=ZBUSC(KAUX)
(0933) ZBUSC(KAUX)=ZBUSC(MAUX)
(0934) ZBUSC(MAUX)=ZAUX
(0935) GOTO 350
(0936) 354 ZAUX=ZBUSD(KAUX)
(0937) ZBUSD(KAUX)=ZBUSD(MAUX)
(0938) ZBUSD(MAUX)=ZAUX
(0939) 350 CONTINUE
(0940) IF (NAUX.EQ.1) GOTO 355
(0941) LAUX=LBUSP(K)
(0942) LBUSP(K)=LBUSP(M)
(0943) LBUSP(M)=LAUX
(0944) GOTO 431
(0945) 355 LAUX=LBUS(K)
(0946) LBUS(K)=LBUS(M)
(0947) LBUS(M)=LAUX
(0948) 431 IF (M.EQ.NTB) GOTO 344
(0949) LP=M+1
(0950) DO 356 JP=LP,NTB
(0951) IF (NAUX.EQ.1) GOTO 432
(0952) ZAUX=ZBUSC(KP+JP)
(0953) ZBUSC(KP+JP)=ZBUSC(MP+JP)
(0954) ZBUSC(MP+JP)=ZAUX
(0955) GOTO 356
(0956) 432 ZAUX=ZBUSD(KP+JP)
(0957) ZBUSD(KP+JP)=ZBUSD(MP+JP)
(0958) ZBUSD(MP+JP)=ZAUX
(0959) 356 CONTINUE
(0960) 344 CONTINUE

```

C

PA

```

(0961) C
(0962) C   OPERACION: M * R , DEL ALGORITMO.
(0963) C
(0964)     DO 357 I=1,NBA
(0965)     IP=NTB-NBA+I
(0966)     IS=I+100
(0967)     DO 357 J=1,NBA
(0968)     ZK(IS,J)=0.
(0969)     DO 357 K=1,NBA
(0970)     KP=NTB-NBA+K
(0971)     IF(IP-KP) 358,359,359
(0972) 359   IF(NAUX.EQ.1) GOTO 360
(0973)     ZK(IS,J)=ZK(IS,J)+ZBUSC(IP+(KP-1)*(2*L-KP)/2)*ZK(K,J)
(0974)     GOTO 357
(0975) 360   ZK(IS,J)=ZK(IS,J)+ZBUSD(IP+(KP-1)*(2*L-KP)/2)*ZK(K,J)
(0976)     GOTO 357
(0977) 358   IF(NAUX.EQ.1) GOTO 361
(0978)     ZK(IS,J)=ZK(IS,J)+ZBUSC(KP+(IP-1)*(2*L-IP)/2)*ZK(K,J)
(0979)     GOTO 357
(0980) 361   ZK(IS,J)=ZK(IS,J)+ZBUSD(KP+(IP-1)*(2*L-IP)/2)*ZK(K,J)
(0981) 357   CONTINUE
(0982) C

```

```

(0983) C   OPERACION: (U^M * R) , DEL ALGORITMO.
(0984) C
(0985)     DO 362 I=1,NBA
(0986)     IS=I+100
(0987)     DO 362 J=1,NBA
(0988)     IF(I.EQ.J) GOTO 363
(0989)     ZK(IS,J)=-ZK(IS,J)
(0990)     GOTO 362
(0991) 363   ZK(IS,J)=1.-ZK(IS,J)
(0992) 362   CONTINUE
(0993) C

```

```

(0994) C   INVERSION DE LA MATRIZ: (U^M * R) , DEL ALGORITMO.
(0995) C
(0996)     CALL INVER(100,NBA)
(0997)     IF(NBA.EQ.NTB) GOTO 292
(0998) C
(0999) C

```

```

(1000) C   T
(1001) C   OPERACION: K * R , DEL ALGORITMO.
(1002) C
(1003)     IP=NTB-NBA
(1004)     DO 364 J=1,NBA
(1005)     DO 365 I=1,IP
(1006)     ZBD(I)=0.
(1007)     DO 365 K=1,NBA
(1008)     KP=NTB-NBA+K
(1009)     IF(NAUX.EQ.1) GOTO 366
(1010)     ZBD(I)=ZBD(I)+ZBUSC(KP+(I-1)*(2*L-I)/2)*ZK(K,J)
(1011) 366   ZBD(I)=ZBD(I)+ZBUSD(KP+(I-1)*(2*L-I)/2)*ZK(K,J)
(1012) 365   CONTINUE
(1013)     DO 369 I=1,IP
(1014) 369   ZK(I,J)=ZBD(I)
(1015) 364   CONTINUE
(1016) C

```

```

(1017) C
(1018) C   -1
(1019) C   OPERACION: (U^M * R) * K , DEL ALGORITMO
(1020) C
(1020)     DO 370 J=1,IP

```



```

(1021)      DO 371 I=1,NBA
(1022)      ZBD(I)=0.
(1023)      DO 371 K=1,NBA
(1024)      KP=NTB-NBA+K
(1025)      IF (NAUX.EQ.1) GOTO 372
(1026)      ZBD(I)=ZBD(I)+ZBUSD(KP+(J-1)*(2*L-J)/2)*ZR(I,K)
(1027)      GOTO 371
(1028) 372  ZBD(I)=ZBD(I)+ZBUSC(KP+(J-1)*(2*L-J)/2)*ZR(I,K)
(1029) 371  CONTINUE
(1030)      DO 373 I=1,NBA
(1031)      IS=NTB-NBA+I
(1032)      IF (NAUX.EQ.1) GOTO 374
(1033)      ZBUSD(IS+(J-1)*(2*L-J)/2)=ZBD(I)
(1034)      GOTO 373
(1035) 374  ZBUSD(IS+(J-1)*(2*L-J)/2)=ZBD(I)
(1036) 373  CONTINUE
(1037) 370  CONTINUE
(1038)      C
(1039)      C
(1040)      C          T          -1
(1040)      C OPERACION: L+K *R*(U*-M*R) *K , DEL ALGORITMO
(1041)      C
(1042)      DO 375 I=1,IP
(1043)      DO 376 J=1,I
(1044)      ZBD(J)=0.
(1045)      DO 376 K=1,NBA
(1046)      KP=NTB-NBA+K
(1047)      IF (NAUX.EQ.1) GOTO 377
(1048)      ZBD(J)=ZBD(J)+ZK(I,K)*ZBUSD(KP+(J-1)*(2*L-J)/2)
(1049)      GOTO 376
(1050) 377  ZBD(J)=ZBD(J)+ZK(I,K)*ZBUSC(KP+(J-1)*(2*L-J)/2)
(1051) 376  CONTINUE
(1052)      DO 378 J=1,I
(1053)      JP=(J-1)*(2*L-J)/2
(1054)      IF (NAUX.EQ.1) GOTO 381
(1055)      ZBUSD(I+JP)=ZBUSD(I+JP)+ZBD(J)
(1056)      GOTO 378
(1057) 381  ZBUSD(I+JP)=ZBUSD(I+JP)+ZBD(J)
(1058) 378  CONTINUE
(1059) 375  CONTINUE
(1060)      C
(1061)      C          -1
(1062)      C OPERACION: (U*-M*R) *M , DEL ALGORITMO.
(1063)      C
(1064) 292  DO 384 J=1,NBA
(1065)      JP=NTB-NBA+J
(1066)      DO 384 I=J,NBA
(1067)      ZK(I,J)=0.
(1068)      DO 384 K=1,NBA
(1069)      KP=NTB-NBA+K
(1070)      IF (KP-JP) 385,386,386
(1071) 385  IF (NAUX.EQ.1) GOTO 387
(1072)      ZK(I,J)=ZK(I,J)+ZBUSD(KP+(JP-1)*(2*L-JP)/2)*ZR(I,K)
(1073)      GOTO 384
(1074) 387  ZK(I,J)=ZK(I,J)+ZBUSC(KP+(JP-1)*(2*L-JP)/2)*ZR(I,K)
(1075)      GOTO 384
(1076) 385  IF (NAUX.EQ.1) GOTO 388
(1077)      ZK(I,J)=ZK(I,J)+ZBUSD(JP+(KP-1)*(2*L-KP)/2)*ZR(I,K)
(1078)      GOTO 384
(1079) 388  ZK(I,J)=ZK(I,J)+ZBUSC(JP+(KP-1)*(2*L-KP)/2)*ZR(I,K)
(1080) 384  CONTINUE

```

```

(1081)      DO 389 I=1,NBA
(1082)      IP=NTB-NBA+I
(1083)      DO 389 J=1,I
(1084)      JP=NTB-NBA+J
(1085)      IF(NAUX.EQ.1) GOTO 392
(1086)      ZBUSC(IP+(JP-1)*(2*L-JP)/2)=ZK(I,J)
(1087)      GOTO 389
(1088) 342  ZBUSD(IP+(JP-1)*(2*L-JP)/2)=ZK(I,J)
(1089) 389  CONTINUE
(1090) 901  IF(NUMIN.EQ.1.OR.LX.EQ.2) GOTO 900
(1091)      NAUX=0
(1092)      GOTO 310
(1093)      C
(1094)      C   CONSTRUCCION DE LA MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE LOS ELEMENTOS NO
(1095)      C   ACOPLADOS.
(1096)      C
(1097) 900  DO 903 I=1,NTELM
(1098)      IF(REAL(ZPQPQD(I)).GT.99.) GOTO 904
(1099)      ZPQPQD(I)=1/ZPQPQD(I)
(1100)      GOTO 905
(1101) 904  ZPQPQD(I)=0.
(1102) 905  IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 903
(1103)      IF(REAL(ZPQPQC(I)).GT.99.) GOTO 906
(1104)      ZPQPQC(I)=1/ZPQPQC(I)
(1105)      GOTO 903
(1106) 906  ZPQPQC(I)=0.
(1107) 903  CONTINUE
(1108)      DO 309 I=1,500
(1109) 309  NXD(I)=0
(1110)      DO 420 I=1,NBUSD
(1111) 420  NXD(LBUS(I))=I
(1112)      IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 907
(1113)      DO 421 I=1,500
(1114) 421  NXC(I)=0
(1115)      DO 305 I=1,NBUSC
(1116) 305  NXC(LBUSP(I))=I
(1117)      IADC=0
(1118)      C
(1119)      C   LECTURA Y DETECCION DE ERRORES DE LOS DATOS DE FALLA Y DE LOS
(1120)      C   INDICADORES DE IMPRESION.
(1121)      C
(1122) 907  READ(IW,908) NBF,N3FT,N3F,N2F,N2FT,N1FT,ZF,ZG
(1123) 908  FORMAT(I5,5(IX,A2),4F10.5)
(1124)      IF(NBF.EQ.10000) GOTO 990
(1125)      IADC=IADC+1
(1126)      WRITE(JW,909) NBF
(1127) 909  FORMAT('1',//40X,'ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA:',I4,/40X,
(1128)      *35('**'),/40X,35('**'))
(1129)      CONT=CONT+4
(1130)      READ(IW,910) IND0,IND1,IND2,IND3,NBAIM
(1131) 910  FORMAT(5I5)
(1132)      IF(IND3.EQ.0) GOTO 915
(1133)      DO 913 MX=1,NBAIM
(1134) 913  READ(IW,914) LBAIM(MX)
(1135) 914  FORMAT(I5)
(1136) 915  IF((IND0.EQ.0.OR.IND0.EQ.1).AND.(IND1.EQ.1.OR.IND1.EQ.11.OR.IND1.
(1137)      *EQ.0).AND.(IND2.EQ.2.OR.IND2.EQ.22.OR.IND2.EQ.0).AND.(IND3.EQ.
(1138)      *3.OR.IND3.EQ.33.OR.IND3.EQ.0)) GOTO 917
(1139)      WRITE(JW,916)
(1140) 916  FORMAT('//10X,'ERROR, POR LO MENOS UN INDICADOR DE IMPRESION NO EST

```

```

(1141) *A SIEN*)
(1142) GOTO 907
(1143) 917 NB=NBUSO
(1144) DO 918 I=1,NB
(1145) IF(NBF.EQ.LBUS(I)) GOTO 919
(1146) 918 CONTINUE
(1147) WRITE(JW,920) NBF
(1148) 920 FORMAT(//10X,*ERROR, LA BARRA:*,I4,* NO EXISTE EN EL CIRCUITO DE S
(1149) *EC. POSIT., POR LO TANTO*,/10X,*NO SE PUEDE SIMULAR NINGUNA FALLA
(1150) *EN ESTA BARRA*)
(1151) GOTO 907
(1152) 919 IF((N3FT.EQ.SI.OR.N3FT.EQ.NO).AND.(N3F.EQ.SI.OR.N3F.EQ.NO).AND.
(1153) *(N2F.EQ.SI.OR.N2F.EQ.NO).AND.(N2FT.EQ.SI.OR.N2FT.EQ.NO).AND.
(1154) *(N1FT.EQ.SI.OR.N1FT.EQ.NO)) GOTO 921
(1155) WRITE(JW,922)
(1156) 922 FORMAT(//10X,*ERROR, UNO DE LOS INDICADORES DE FALLA ESTA MAL*)
(1157) GOTO 907
(1158) 921 IF(N2FT.EQ.NO.AND.N1FT.EQ.NO) GOTO 923
(1159) IF(NUMIN.EQ.0) GOTO 924
(1160) WRITE(JW,925)
(1161) 925 FORMAT(//10X,*ERROR, NUMIN NOS INDICA QUE NO EXISTEN FALLAS A TIER
(1162) *RA SINEMBARGO LOS INDIC. DE FALLA*,/10X,*DICEN LO CONTRARIO*)
(1163) GOTO 907
(1164) 924 NB=NBUSC
(1165) DO 926 I=1,NB
(1166) IF(NBF.EQ.LBUSP(I)) GOTO 923
(1167) 926 CONTINUE
(1168) IF(N2FT.EQ.NO) GOTO 927
(1169) WRITE(JW,928) NBF
(1170) 928 FORMAT(//10X,*EN LA BARRA:*,I4,* NO SE PUEDE SIMULAR UNA FALLA DOS
(1171) * FASES TIERRA*,/10X,*YA QUE ESTA BARRA NO EXISTE EN EL CIRCUITO D
(1172) *E SEC. CERO*,/10X,*POR LO TANTO EL PROGRAMA ANALIZARA UNA FALLA D
(1173) *OS FASES EN REEMPLAZO DE ESTA.*)
(1174) CONT=CONT+4
(1175) N2F=SI
(1176) N2FT=NO
(1177) 927 IF(N1FT.EQ.NO) GOTO 923
(1178) WRITE(JW,929) NBF
(1179) 929 FORMAT(//10X,*EN LA BARRA:*,I4,* NO SE PUEDE ANALIZAR UNA FALLA FA
(1180) *SE-TIERRA*,/10X,*YA QUE NO EXISTE DICHA BARRA EN SEC. CERO.*)
(1181) CONT=CONT+3
(1182) N1FT=NO
(1183) 923 IF(N3FT.EQ.SI.OR.N3F.EQ.SI.OR.N2F.EQ.SI.OR.N2FT.EQ.SI.OR.N1FT.EQ.
(1184) *SI) GOTO 940
(1185) WRITE(JW,930)
(1186) 930 FORMAT(//10X,*ERROR, TODOS LOS INDICADORES DE FALLA SON *NO***)
(1187) GOTO 907
(1188) C
(1189) C CALCULO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO E IMPRESION DE
(1190) C RESULTADOS.
(1191) C
(1192) 940 J=NXD(NBF)
(1193) JP=(J-1)*(2*L-J)/2
(1194) DO 941 I=1,NBUSD
(1195) IP=(I-1)*(2*L-I)/2
(1196) IF(I.LT.J) GOTO 942
(1197) ZBD(I)=ZBUSD(I+JP)
(1198) GOTO 941
(1199) 942 ZBD(I)=ZBUSD(IP+J)
(1200) 941 CONTINUE

```

```

(1201)      IF (N1FT.EQ.NO.AND.N2FT.EQ.NO) GOTO 943
(1202)      J=NXC(NBF)
(1203)      JP=(J-1)*(2+L-J)/2
(1204)      DO 944 IX=1,NBUSD
(1205)      I=NXC(LBUS(IX))
(1206)      IP=(I-1)*(2+L-I)/2
(1207)      IF (I.EQ.0) GOTO 945
(1208)      IF (I.LT.J) GOTO 946
(1209)      ZBC(IX)=ZBUSC(I+JP)
(1210)      GOTO 944
(1211) 946  ZBC(IX)=ZBUSC(IP+J)
(1212)      GOTO 944
(1213) 945  ZBC(IX)=0.
(1214) 944  CONTINUE
(1215) 943  IF (INDG.EQ.0.OR.IADC.GT.1) GOTO 948
(1216) C
(1217) C      IMPRESION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SEC. POSITIVA
(1218) C
(1219)      CALL IMPZB(JW,NBUSD,1,LBUS,L)
(1220)      IF (NUMIN.EQ.1) GOTO 902
(1221) C
(1222) C      IMPRESION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SEC. CERO.
(1223) C
(1224)      CALL IMPZB(JW,NBUSC,2,LBUSP,L)
(1225) 902  INDO=0
(1226)      CONT=0
(1227) 948  IF (N3FT.EQ.NO.AND.N3F.EQ.NO) GOTO 947
(1228) C
(1229) C      CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA
(1230) C      UNA FALLA TRIFASICA.
(1231) C
(1232)      INDF=1
(1233)      CALL F3F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1234) C
(1235) C      CALCULO DE LAS CORRIENTES DE FALLA EN LOS ELEMENTOS.
(1236) C
(1237) 975  CALL CVFS(EFA,EFB,EFC,CE0,CE1,CE2,CEA,CEB,CEC,CPF0,CPF1,CPF2
(1238)      *,CPFA,CPFB,CPFC,NBUSD,NTELM,NEAD,NEAC,INDF,IND1,IND2,IND3,IESP)
(1239)      IF (IESP.EQ.1) GOTO 1000
(1240)      IF (IND1.EQ.0) GOTO 950
(1241) C
(1242) C      IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE FALLA EN LAS BARRAS.
(1243) C
(1244)      CALL IMP1(NBUSD,CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,EFA,EFB,EFC,
(1245)      *NBF,BASE,CONT,JW,INGF,IND1)
(1246) 950  IF (IND2.EQ.0) GOTO 951
(1247)      MX=0
(1248)      IXP=NBUSD
(1249)      IND22=IND2
(1250)      IND33=0
(1251) 964  JQ=0
(1252)      DO 952 IX=1,IXP
(1253)      IP=LBUS(IX)
(1254)      IF (MX.EQ.1) IP=LBAIN(IX)
(1255)      I=NXD(IP)
(1256)      M=0
(1257)      DO 953 J=1,NTELM
(1258)      IF (IP.EQ.P(J)) GOTO 954
(1259)      IF (IP.EQ.Q(J)) GOTO 955
(1260)      GOTO 953

```

```

(1261) 954 JP=0(J)
(1262)      GOTO 956
(1263) 955 JP=P(J)
(1264) 956 NELM=NFL(J)
(1265) C
(1266) C   DETECCION DE LA BARRA DE REFERENCIA PARA IMPRESION DE VOLTAJES DE
(1267) C   BARRA.
(1268) C
(1269)      IF(JP.NE.0) GOTO 967
(1270)      EFDP=0.
(1271)      EF1P=1.
(1272)      EF2P=0.
(1273)      IF(IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 958
(1274)      EFAP=0.577
(1275)      EFBP=(.577,-120.)
(1276)      EFAP=(.577,120.)
(1277)      GOTO 968
(1278) 967 JX=NXD(JP)
(1279)      EFDP=EF0(JX)
(1280)      EF1P=EF1(JX)
(1281)      EF2P=EF2(JX)
(1282)      IF(IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 968
(1283)      EFAP=EFA(JX)
(1284)      EFBP=EFB(JX)
(1285)      EFAP=EFC(JX)
(1286) 968 JQ=JQ+1
(1287) C
(1288) C   DETECCION DE ELEMENTOS PARA LA IMPRESION DE SUS CORRIENTES.
(1289) C
(1290) C
(1291) C   SE HACE CERO LAS CORRIENTES MUY CHICAS.
(1292) C
(1293) C
(1294) C   SE DESPLAZA 180 O 360 GRADOS A LAS CORRIENTES SOLO PARA SU
(1295) C   IMPRESION.
(1296) C
(1297)      IF(IP.EQ.P(J)) GOTO 958
(1298)      CELO=CF0(J)+Z180
(1299)      IF(REAL(CELO).EQ.0.) CELO=0.
(1300)      IF(REAL(CELO).EQ.0.) GOTO 980
(1301)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CELO))).GT.3.) CELO=0.
(1302)      IF(AIMAG(CELO).LT.0.) CELO=CELO+Z360
(1303) 980 CEL1=CE1(J)+Z180
(1304)      IF(REAL(CEL1).EQ.0.) CEL1=0.
(1305)      IF(REAL(CEL1).EQ.0.) GOTO 981
(1306)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CEL1))).GT.3.) CEL1=0.
(1307)      IF(AIMAG(CEL1).LT.0.) CEL1=CEL1+Z360
(1308) 981 CEL2=CE2(J)+Z180
(1309)      IF(REAL(CEL2).EQ.0.) CEL2=0.
(1310)      IF(REAL(CEL2).EQ.0.) GOTO 982
(1311)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CEL2))).GT.3.) CEL2=0.
(1312)      IF(AIMAG(CEL2).LT.0.) CEL2=CEL2+Z360
(1313) 982 IF(IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 957
(1314)      CELA=CEA(J)+Z180
(1315)      IF(REAL(CELA).EQ.0.) CELA=0.
(1316)      IF(REAL(CELA).EQ.0.) GOTO 983
(1317)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CELA))).GT.3.) CELA=0.
(1318)      IF(AIMAG(CELA).LT.0.) CELA=CELA+Z360
(1319) 983 CELB=CEB(J)+Z180
(1320)      IF(REAL(CELB).EQ.0.) CELB=0.

```

```

(1321)      IF (REAL(CELB).EQ.0.) GOTO 964
(1322)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELB))).GT.3.) CELB=0.
(1323)      IF (AIMAG(CELB).LT.0.) CELB=CELB+Z360
(1324) 984   CELC=CEC(J)+Z180
(1325)      IF (REAL(CELC).EQ.0.) CELC=0.
(1326)      IF (REAL(CELC).EQ.0.) GOTO 957
(1327)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELC))).GT.3.) CELC=0.
(1328)      IF (AIMAG(CELC).LT.0.) CELC=CELC+Z360
(1329)      GOTO 957
(1330) 958   CELO=CEO(J)
(1331)      IF (REAL(CELO).EQ.0.) GOTO 985
(1332)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELO))).GT.3.) CELO=0.
(1333)      IF (AIMAG(CELO).LT.0.) CELO=CELO+Z360
(1334) 985   CEL1=CE1(J)
(1335)      IF (REAL(CEL1).EQ.0.) GOTO 986
(1336)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CEL1))).GT.3.) CEL1=0.
(1337)      IF (AIMAG(CEL1).LT.0.) CEL1=CEL1+Z360
(1338) 986   CEL2=CE2(J)
(1339)      IF (REAL(CEL2).EQ.0.) GOTO 987
(1340)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CEL2))).GT.3.) CEL2=0.
(1341)      IF (AIMAG(CEL2).LT.0.) CEL2=CEL2+Z360
(1342) 987   IF (IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 957
(1343)      CELA=CEA(J)
(1344)      IF (REAL(CELA).EQ.0.) GOTO 988
(1345)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELA))).GT.3.) CELA=0.
(1346)      IF (AIMAG(CELA).LT.0.) CELA=CELA+Z360
(1347) 988   CELB=CEB(J)
(1348)      IF (REAL(CELB).EQ.0.) GOTO 989
(1349)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELB))).GT.3.) CELB=0.
(1350)      IF (AIMAG(CELB).LT.0.) CELB=CELB+Z360
(1351) 989   CELC=CEC(J)
(1352)      IF (REAL(CELC).EQ.0.) GOTO 957
(1353)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELC))).GT.3.) CELC=0.
(1354)      IF (AIMAG(CELC).LT.0.) CELC=CELC+Z360
(1355) 957   M=M+1
(1356)      C
(1357)      C IMPRESION DE LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRA Y DE LOS ELEMENTOS
(1358)      C DEL S.E.P..
(1359)      C
(1360)      IF (M.EQ.1) GOTO 960
(1361)      CALL IMPVCE(0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,IP,EFOP,EF1P,EF2P,
(1362)      *CELO,CEL1,CEL2,NELM,JP,INDF,IND22,IND33,CONT,JW,3,0.,0.,0.,0.,0.,
(1363)      *0.,EFAP,EFBP,EFCP,CELA,CELB,CELC,JQ)
(1364)      GOTO 953
(1365) 960   IF (IP.EQ.NBF) GOTO 961
(1366)      CALL IMPVCE(0.,EFO(I),EF1(I),EF2(I),0.,0.,0.,IP,EFOP,
(1367)      *EF1P,EF2P,CELO,CEL1,CEL2,NELM,JP,INDF,IND22,IND33,CONT,JW,2,
(1368)      *0.,0.,0.,EFA(I),EFB(I),EFC(I),EFAP,EFBP,EFCP,CELA,CELB,
(1369)      *CELC,JQ)
(1370)      GOTO 953
(1371) 961   CALL RAP1(1/ZBD(I),ZCC)
(1372)      ZCC=ZCC*BASE
(1373)      CALL IMPVCE(REAL(ZCC),EFO(I),EF1(I),EF2(I),CPF0,CPF1,CPF2,IP,EFOP,
(1374)      *EF1P,EF2P,CELO,CEL1,CEL2,NELM,JP,INDF,IND22,IND33,CONT,
(1375)      *JW,1,CPFA,CPFB,CPFC,EFA(I),EFB(I),EFC(I),EFAP,EFBP,EFCP,
(1376)      *CELA,CELB,CELC,JQ)
(1377) 953   CONTINUE
(1378)      IF (CONT.EQ.0) GOTO 952
(1379)      WRITE(J,966)
(1380) 966   FORMAT(1X,119(‘-’))

```

```

(1381)      CONT=CONT+1
(1382) 952  CONTINUE
(1383)      CONT=0
(1384)      IF(MX.F7.1) GOTO 977
(1385) 951  IF(IND3.EQ.0) GOTO 977
(1386)      MX=1
(1387)      IXF=NBAIM
(1388)      IND22=0
(1389)      IND33=IND3
(1390)      GOTO 964
(1391) 977  GOTO(947,965,962,907),INDF
(1392) 947  IF(N2F.EQ.NO) GOTO 965
(1393) C
(1394) C    CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA
(1395) C    UNA FALLA BIFASICA.
(1396) C
(1397)      INDF=2
(1398)      CALL F2F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1399)      GOTO 975
(1400) 965  IF(N1FT.EQ.NO) GOTO 962
(1401) C
(1402) C    CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA
(1403) C    UNA FALLA FASE-TIERRA.
(1404) C
(1405)      INDF=3
(1406)      CALL F1FT(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1407)      GOTO 975
(1408) 962  IF(N2FT.EQ.NO) GOTO 907
(1409) C
(1410) C    CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA
(1411) C    UNA FALLA DOS FASES-TIERRA.
(1412) C
(1413)      INDF=4
(1414)      CALL F2FT(ZF,ZG,CPF0,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1415)      GOTO 975
(1416) C
(1417) C    CALCULO Y ESCRITURA DEL TIEMPO DE C.P.U. DEL PROGRAMA.
(1418) G
(1419) 1000 TCPU2=CTIMSA(CPUTIM)
(1420)      TCPU=TCPU2-TCPU1
(1421)      WRITE(JW,999) TCPU
(1422) 999  FORMAT(////20X,'EL TIEMPO DE CPU DEL PROGRAMA ES:',E12.5,
(1423)      *'(CENTECIMAS DE SEGUNDO)',/,20X,33('**'),////)
(1424)      CALL EXIT
(1425)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 027256 LINKAGE - 101060 STACK - 000056
0000 ERRORS [(<.MAIN.>)FTN-REV17.2]

```

(1424)      SUBROUTINE IMPZB(JW,NTBUS,IND,LBUS,L)
(1427)      C
(1428)      C  SUBROUTINA DE IMPRESION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA.
(1429)      C
(1430)      IMPLICIT COMPLEX(Z)
(1431)      COMMON/A1/ZBUSD(125751),ZBUSC(125751)
(1432)      DIMENSION ZAUX(5),LBUS(NTBUS)
(1433)      IF(IND.EQ.1) GOTO 10
(1434)      WRITE(JW,100)
(1435) 100   FORMAT('1',40X,'MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA CERO',/,
(1436)      *40X,45(' '),///)
(1437)      GOTO 11
(1438) 10   WRITE(JW,101)
(1439) 101   FORMAT('///,40X,'MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SECUENCIA POSITIVA',
(1440)      */,40X,49(' '),///)
(1441) 11   NAUX=0
(1442)      C
(1443)      C  IMPRESION DE MAXIMO CINCO COLUMNAS DE LA MATRIZ IMP. DE BARRA.
(1444)      C
(1445)      DO 1 K=1,NTBUS,5
(1446)      NAUX=NAUX+5
(1447)      IF(NTBUS.LE.NAUX) GOTO 118
(1448)      JAUX=5
(1449)      KP=NAUX
(1450)      GOTO 12
(1451) 118   JAUX=5-NAUX+NTBUS
(1452)      KP=NTBUS
(1453) 12   DO 2 I=1,NTBUS
(1454)      JP=K
(1455)      C
(1456)      C  SE DEFINE UNA MATRIZ AUXILIAR ZAUX( ), QUE CONTIENE UNA FILA Y
(1457)      C  MAXIMO CINCO COLUMNAS DE LA MATRIZ IMP. DE BARRA.
(1458)      C
(1459)      DO 3 J=1,JAUX
(1460)      IF(JP.GT.I) GOTO 13
(1461)      IF(IND.EQ.1) GOTO 15
(1462)      ZAUX(J)=ZBUSC(I+(JP-1)*(2*L-JP)/2)
(1463)      GOTO 3
(1464) 15   ZAUX(J)=ZBUSD(I+(JP-1)*(2*L-JP)/2)
(1465)      GOTO 3
(1466) 13   IF(IND.EQ.1) GOTO 16
(1467)      ZAUX(J)=ZBUSC(JP+(I-1)*(2*L-I)/2)
(1468)      GOTO 3
(1469) 16   ZAUX(J)=ZBUSD(JP+(I-1)*(2*L-I)/2)
(1470) 3    JP=JP+1
(1471)      C
(1472)      C  IMPRESION DE ZAUX( ).
(1473)      C
(1474)      IF(JAUX.EQ.5) GOTO 20
(1475)      GOTO 21
(1476) 20   IF(I.EQ.1) WRITE(JW,110) (LBUS(J),J=K,KP)
(1477) 110   FORMAT(7X,5(8X,I4,11X),/)
(1478)      WRITE(JW,111) LBUS(I),(ZAUX(J),J=1,5)
(1479) 111   FORMAT(1X,I4,2X,5(F9.5,'+J',F9.5,3X))
(1480)      GOTO 2
(1481) 21   IF(JAUX.EQ.4) GOTO 22
(1482)      GOTO 23
(1483) 22   IF(I.EQ.1) WRITE(JW,112) (LBUS(J),J=K,KP)
(1484) 112   FORMAT(17X,4(8X,I4,11X),/)
(1485)      WRITE(JW,113) LBUS(I),(ZAUX(J),J=1,4)

```


SUBROUTINE IMP7B(JW,NTBUS,IND,LBUS,L)

```

(1486) 113 FORMAT(11X,I4,2X,4(F9.5,'+J',F9.5,3X))
(1487)      GOTO 2
(1488) 23 IF(JAUX.EQ.3) GOTO 24
(1489)      GOTO 25
(1490) 24 IF(I.EQ.1) WRITE(JW,114) (LBUS(J),J=K,KP)
(1491) 114 FORMAT(27X,3(8X,I4,11X),/)
(1492)      WRITE(JW,115) LBUS(I),(ZAU(X(J),J=1,3)
(1493) 115 FORMAT(21X,I4,2X,3(F9.5,'+J',F9.5,3X))
(1494)      GOTO 2
(1495) 25 IF(JAUX.EQ.2) GOTO 26
(1496)      GOTO 27
(1497) 26 IF(I.EQ.1) WRITE(JW,116) (LBUS(J),J=K,KP)
(1498) 116 FORMAT(37X,2(8X,I4,11X),/)
(1499)      WRITE(JW,117) LBUS(I),(ZAU(X(J),J=1,2)
(1500) 117 FORMAT(31X,I4,2X,2(F9.5,'+J',F9.5,3X))
(1501)      GOTO 2
(1502) 27 IF(I.EQ.1) WRITE(JW,120) LBUS(K)
(1503) 120 FORMAT(55X,I4,/)
(1504)      WRITE(JW,121) LBUS(I),ZAU(X(1)
(1505) 121 FORMAT(41X,I4,2X,F9.5,'+J',F9.5)
(1506) 2 CONTINUE
(1507)      WRITE(JW,130)
(1508) 130 FORMAT(///)
(1509) 1 CONTINUE
(1510)      WRITE(JW,151) NTBUS
(1511) 131 FORMAT(30X,'EN ESTA SEC. EL NUMERO DE BARRAS CON CONEXION AL SISTE
(1512)      *MA ES:',I4,///)
(1513)      RETURN
(1514)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 001530 LINKAGE - 000100 STACK - 000052
0000 ERRORS [<IMP7B >FTN-REV17.2]

```

(1515) SUBROUTINE ENL(NQ,NTBUS,IND,L)
(1516) C
(1517) C   SUBROUTINA DE CORRECCION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA PARA EL
(1518) C   CASO DE RAMAS CON IMPED. INFINITA.
(1519) C
(1520) C
(1521) C   SE AUMENTA UN ENLACE DE IMPEDANCIA: G.-J0.5, A LA MATRIZ IMP. DE
(1522) C   BARRA.
(1523) C
(1524) C   IMPLICIT COMPLEX(Z)
(1525) C   COMMON/A1/ZBUSD(125751),ZBUSC(125751)
(1526) C   NQP=(NQ-1)*(2*L-NQ)/2
(1527) C
(1528) C   SE CONSTRUYE LOS ELEMENTOS FUERA DE LA DIAGONAL PRINCIPAL Y SE
(1529) C   AUMENTA UNA DIMENSION A LA MATRIZ IMP. DE BARRA.
(1530) C
(1531) C   DO 1 I=1,NTBUS
(1532) C   NI=(I-1)*(2*L-I)/2
(1533) C   IF(I.GT.NQ) GOTO 10
(1534) C   K=NQ
(1535) C   M=NI
(1536) C   GOTO 11
(1537) 10  K=I
(1538) C   M=NQP
(1539) 11  IF(IND.EQ.1) GOTO 12
(1540) C   ZBUSC(L+NI)=-ZBUSC(K+M)
(1541) C   GOTO 1
(1542) 12  ZBUSD(L+NI)=-ZBUSD(K+M)
(1543) C   1   CONTINUE
(1544) C
(1545) C   SE CONSTRUYE EL ELEMENTO DE LA DIAGONAL PRINCIPAL.
(1546) C
(1547) C   LP=(L-1)*(2*L-L)/2
(1548) C   IF(IND.EQ.1) GOTO 20
(1549) C   ZBUSC(L+LP)=-ZBUSC(L+NQP)-(0.,0.5)
(1550) C   GOTO 21
(1551) 20  ZBUSD(L+LP)=-ZBUSD(L+NQP)-(0.,0.5)
(1552) C
(1553) C   SE REDUCE EN UNA DIMENSION LA MATRIZ IMP. DE BARRA.
(1554) C
(1555) C   21  DO 2 I=1,NTBUS
(1556) C   NI=(I-1)*(2*L-I)/2
(1557) C   DO 2 J=1,I
(1558) C   NJ=(J-1)*(2*L-J)/2
(1559) C   IF(IND.EQ.1) GOTO 22
(1560) C   ZBUSC(I+NJ)=ZBUSC(I+NJ)-ZBUSC(L+NI)*ZBUSC(L+NJ)/ZBUSC(L+LP)
(1561) C   GOTO 2
(1562) 22  ZBUSD(I+NJ)=ZBUSD(I+NJ)-ZBUSD(L+NI)*ZBUSD(L+NJ)/ZBUSD(L+LP)
(1563) C   2   CONTINUE
(1564) C   RETURN
(1565) C   END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000536  LINKAGE - 000054  STACK - 000052
0000 ERRORS [ <ENL  >FTN-REV17.2 ]

```

SUBROUTINE INVER(M,N)

PA

```

(1566)      SUBROUTINE INVER(M,N)
(1567)      C
(1568)      C  SUBROUTINA DE INVERSION DE MATRICES UTILIZANDO PIVOTACION.
(1569)      C  ESTA SUBROUTINA LLEVA LA INFORMACION EN LA MATRIZ "A" Y REGRESA DICHA
(1570)      C  MATRIZ INVERTIDA EN LA MATRIZ "B", BORRANDO LA INFORMACION DE LA
(1571)      C  MATRIZ "A".
(1572)      C
(1573)      IMPLICIT COMPLEX(A,B)
(1574)      COMMON/A3/A(498,100),B(100,100)
(1575)      DO 6 I=1,N.
(1576)      DO 5 J=1,N
(1577)      IF (I-J) 4,3,4
(1578)      3  B(I,J)=1.
(1579)      GOTO 5
(1580)      4  B(I,J)=0.
(1581)      5  CONTINUE
(1582)      6  CONTINUE
(1583)      DO 45 K=1,N
(1584)      KP=K+M
(1585)      IF (K-N) 12,30,30
(1586)      12  IMAX=K
(1587)      RMAX=CABS(A(KP,K))
(1588)      KP1=K+1
(1589)      DO 20 I=KP1,N
(1590)      IP=I+M
(1591)      IF (RMAX-CABS(A(IP,K))) 15,20,20
(1592)      15  IMAX=I
(1593)      RMAX=CABS(A(IP,K))
(1594)      20  CONTINUE
(1595)      IF (IMAX-K) 25,30,25
(1596)      25  IMAXP=IMAX+M
(1597)      DO 29 J=1,N
(1598)      ATMP=A(IMAXP,J)
(1599)      A(IMAXP,J)=A(KP,J)
(1600)      A(KP,J)=ATMP
(1601)      BTMP=B(IMAXP,J)
(1602)      B(IMAXP,J)=B(K,J)
(1603)      29  B(K,J)=BTMP
(1604)      30  AIV=A(KP,K)
(1605)      DO 38 J=1,N
(1606)      A(KP,J)=A(KP,J)/AIV
(1607)      38  B(K,J)=B(K,J)/AIV
(1608)      DO 43 I=1,N
(1609)      IP=I+M
(1610)      AMULT=A(IP,K)
(1611)      IF (I-K) 39,43,39
(1612)      39  DO 42 J=1,N
(1613)      A(IP,J)=A(IP,J)-AMULT*A(KP,J)
(1614)      B(I,J)=B(I,J)-AMULT*B(K,J)
(1615)      42  CONTINUE
(1616)      43  CONTINUE
(1617)      RETURN
(1618)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 001034
 0000 ERRORS [<INVER >FTN-REV17.2]

LINKAGE - 000076

STACK - 000040

```

(1614)      SUBROUTINE F3F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(1620)      C
(1621)      C  SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(1622)      C  TRIFASICAS.
(1623)      C
(1624)      IMPLICIT COMPLEX(Z,E,C)
(1625)      COMMON/A4/ZBD(500)/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1626)      ZAUX=ZF+ZBD(NXBF)
(1627)      DO 1 I=1,NB
(1628)      IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(1629)      EF0(I)=0.
(1630)      EF1(I)=1-ZBD(I)/ZAUX
(1631)      EF2(I)=0.
(1632)      GOTO 1
(1633)      C
(1634)      C  VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FALLADA.
(1635)      C
(1636)      2  EF0(I)=0.
(1637)      EF1(I)=ZF/ZAUX
(1638)      EF2(I)=0.
(1639)      CPF0=0.
(1640)      CPF1=1/ZAUX
(1641)      CPF2=0.
(1642)      1  CONTINUE
(1643)      RETURN
(1644)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000256 LINKAGE - 000051 STACK - 000062
0000 ERRORS [<F3F >FTN-REV17.2]

SUBROUTINE F2F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)

PA

```

(1645) SUBROUTINE F2F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(1646) C
(1647) C SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(1648) C BIFASICAS.
(1649) C
(1650) IMPLICIT COMPLEX(Z,E,C)
(1651) COMMON/A4/ZBD(500)/A10/FF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1652) ZAUX=2*(ZF+ZBD(NXBF))
(1653) DO 1 J=1,NB
(1654) IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(1655) EF0(I)=0.
(1656) EF1(I)=1.-ZBD(I)/ZAUX
(1657) EF2(I)=ZBD(I)/ZAUX
(1658) GOTO 1
(1659) C
(1660) C VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FALLADA.
(1661) C
(1662) 2 EF0(I)=0.
(1663) EF1(I)=(2*ZF+ZBD(I))/ZAUX
(1664) EF2(I)=ZBD(I)/ZAUX
(1665) CPF0=0.
(1666) CPF1=1/ZAUX
(1667) CPF2=-1/ZAUX
(1668) 1 CONTINUE
(1669) RETURN
(1670) END
PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000326 LINKAGE - 000060 STACK - 000056
0000 ERRORS [ <F2F >FTN-REV17.2]

```

SUBROUTINE F1FT(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)

PA

```
(1671)      SUBROUTINE F1FT(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(1672)  C
(1673)  C  SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(1674)  C  FASE-TIERRA.
(1675)  C
(1676)      IMPLICIT COMPLX(Z,E,C)
(1677)      COMMON/A4/ZRD(500)/A5/ZBC(500)
(1678)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1679)      ZAUX=2*ZBD(NXBF)+ZBC(NXBF)+3*ZF
(1680)      DO 1 I=1,NB
(1681)      IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(1682)      EF0(I)=-ZBC(I)/ZAUX
(1683)      EF1(I)=1-ZBD(I)/ZAUX
(1684)      EF2(I)=-ZBD(I)/ZAUX
(1685)      GOTO 1
(1686)  C
(1687)  C  VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FALLADA.
(1688)  C
(1689)  2      EF0(I)=-ZBC(I)/ZAUX
(1690)      EF1(I)=(3*ZF+ZBC(I)+ZRD(I))/ZAUX
(1691)      EF2(I)=-ZBD(I)/ZAUX
(1692)      CPF0=1/ZAUX
(1693)      CPF1=1/ZAUX
(1694)      CPF2=1/ZAUX
(1695)  1      CONTINUE
(1696)      RETURN
(1697)      END
```

PROGRAM SIZE: . PROCEDURE - 000361 LINKAGE - 000062 STACK - 000060
0000 ERRORS [<F1FT >FTN-REV17.2]

SUBROUTINE F2FT(ZF,ZG,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)

PA

```
(1698)      SUBROUTINE F2FT(ZF,ZG,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(1699)  C
(1700)  C      SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(1701)  C      DJS FASES-TIFRA.
(1702)  C
(1703)      IMPLICIT COMPLEX(Z,E,C)
(1704)      COMMON/A4/ZBD(500)/A5/ZBC(500)
(1705)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1706)      ZAUX=(ZF+ZBD(NXBF))*(3*ZF+6*ZG+2*ZBC(NXBF)+ZBD(NXBF))
(1707)      DO 1 I=1,NB
(1708)      IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(1709)      EF0(I)=(ZF+ZBD(NXBF))*ZBC(I)/ZAUX
(1710)      EF1(I)=1-(ZBD(NXBF)+ZBC(NXBF)+2*ZF+3*ZG)*ZBD(I)/ZAUX
(1711)      EF2(I)=(ZBC(NXBF)+ZF+3*ZG)*ZBD(I)/ZAUX
(1712)      GOTO 1
(1713)  C
(1714)  C      VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FÁLLADA.
(1715)  C
(1716)  2      EF0(I)=ZBC(I)*(ZF+ZBD(I))/ZAUX
(1717)      EF1(I)=(3*ZF*(ZF+2*ZG)+(2*ZF+3*ZG)*ZBD(I)+ZBC(I)*(2*ZF+ZBD(I)))
(1718)      */ZAUX
(1719)      EF2(I)=ZBD(I)*(ZF+3*ZG+ZBC(I))/ZAUX
(1720)      CPF0=(-ZF-ZBD(I))/ZAUX
(1721)      CPF1=(ZBD(I)+ZBC(I)+2*ZF+3*ZG)/ZAUX
(1722)      CPF2=(-ZBC(I)-ZF-3*ZG)/ZAUX
(1723)  1      CONTINUE
(1724)      RETURN
(1725)      END.
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 001000 LINKAGE - 000062 STACK - 000112
0000 ERRORS [<F2FT >FTN-REV17.2]

SUBROUTINE SEFAS(S0,S1,S2,FA,FB,FC)

PAC

```

(1726)      SUBROUTINE SEFAS(S0,S1,S2,FA,FB,FC)
(1727)      C
(1728)      C  SUBROUTINA PARA PASAR DE SECUENCIAS A FASES.
(1729)      C
(1730)      IMPLICIT COMPLEX(S,F,A)
(1731)      A=(-0.5,0.8660254038)
(1732)      AC=(-0.5,-0.8660254038)
(1733)      R3=1./3.**.5
(1734)      C
(1735)      C  CALCULA LOS VALORES POR FASE.
(1736)      C
(1737)      FA=R3*(S0+S1+S2)
(1738)      FB=R3*(S0+AC*S1+A*S2)
(1739)      FC=R3*(S0+A*S1+AC*S2)
(1740)      RETURN
(1741)      END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000226  LINKAGE - 000046  STACK - 000060
0000 ERRORS [ <SEFAS >FTN-REV17.2]

```


SUBROUTINE RAP1(CR,CP)

PAC

```
(1742)      SUBROUTINE RAP1(CR,CP)
(1743)      C
(1744)      C  SUBROUTINA PARA PASAR DE RECTANGULAR A POLAR UN COMPLEJO.
(1745)      C
(1746)      COMPLEX CR,CP,CMPLX
(1747)      IF (REAL(CR).EQ.0..AND.AIMAG(CR).EQ.0.) GOTO 1
(1748)      ANG=ATAN2(AIMAG(CR),REAL(CR))
(1749)      ANG=ANG*(180./3.141593)
(1750)      AM=CABS(CR)
(1751)      CP=CMPLX(AM,ANG)
(1752)      C
(1753)      C  SI UN COMPLEJO TIENE UN MODULO MUY CHICO SE LO HACE CERO.
(1754)      C
(1755)      A=ALOG10(AM)
(1756)      IF (ABS(A).GT.4.) CP=0.
(1757)      GOTO 2
(1758)      1  CP=CR
(1759)      2  RETURN
(1760)      END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000136  LINKAGE - 000052  STACK - 000040
0000 ERRORS [KRAP1 >FTN-REV17.2]
```

SUBROUTINE RAP(CR1,CR2,CR3)

PAP

```
(1761)          SUBROUTINE RAP(CR1,CR2,CR3)
(1762) C
(1763) C  SUBROUTINA PARA PASAR DE RECTANGULARES A POLARES A TRES NUMEROS
(1764) C  COMPLEJOS.
(1765) C
(1766)          IMPLICIT COMPLEX(C)
(1767)          CALL RAPI(CR1,CP1)
(1768)          CALL RAPI(CR2,CP2)
(1769)          CALL RAPI(CR3,CP3)
(1770)          CR1=CP1
(1771)          CR2=CP2
(1772)          CR3=CP3
(1773)          RETURN
(1774)          END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000054. LINKAGE - 000042 STACK - 000036
0000 ERRORS [<RAP >FTN-REV17.2]

```

(1775)      SUBROUTINE CVFS(EFA,EFB,EFC,CE0,CE1,CE2,CEA,CEB,CEC,CPF0,CPF1,
(1776)      *CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,NBUSD,NTELM,NEAD,NEAC,INOF,IND1,IND2,IND3,
(1777)      *IESP)
(1778)      C
(1779)      C SUBROUTINA PARA EL CALCULO DE CORRIENTES DE FALLA EN ELEMENTOS, Y
(1780)      C PARA PASAR VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORDENADAS RECTANGULARES A
(1781)      C POLARES Y DE SECUENCIAS A FASES.
(1782)      C
(1783)      IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y,Z)
(1784)      IMPLICIT INTEGER(P,G)
(1785)      DIMENSION CE0(1000),CE1(1000),CE2(1000),CEA(1000),CEB(1000)
(1786)      DIMENSION CEC(1000),EFA(500),EFB(500),EFC(500)
(1787)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)/A11/LBUS(500)
(1788)      COMMON/A6/LEA(60,2),YP(60,60,2),PA(50,2),GA(50,2),NXD(500)
(1789)      COMMON/A200/NEL(1000),P(1000),G(1000),ZPQPGD(1000),ZPQPQC(1000)
(1790)      IF (IND2.EQ.22.OR.IND3.EQ.33.OR.IND1.EQ.11) GOTO 1
(1791)      GOTO 2
(1792)      C
(1793)      C CALCULO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRA EN LAS FASES, PARA UNA
(1794)      C FALLA.
(1795)      C
(1796)      1      DO 3 I=1,NRUSD
(1797)      CALL SEFAS(EF0(I),EF1(I),EF2(I),EFA(I),EFB(I),EFC(I))
(1798)      CALL RAP(EFA(I),EFB(I),EFC(I))
(1799)      3      CONTINUE
(1800)      CALL SEFAS(CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC)
(1801)      CALL RAP(CPFA,CPFB,CPFC)
(1802)      2      IF (IND2.EQ.0.AND.IND3.EQ.0) GOTO 20
(1803)      C
(1804)      C CALCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO POR LOS ELEMENTOS.
(1805)      C
(1806)      DO 4 J=1,NTELM
(1807)      IF (P(J).EQ.0) GOTO 31
(1808)      NXP=NXD(P(J))
(1809)      GOTO 30
(1810)      31      NXP=0
(1811)      30      IF (NEAD.EQ.0) GOTO 5
(1812)      DO 6 K=1,NEAD
(1813)      IF (NEL(J).EQ.LEA(K,1)) GOTO 7
(1814)      6      CONTINUE
(1815)      5      CALL CORNAD(CE1(J),CE2(J),NXP,NXD(G(J)),ZPQPQC(J))
(1816)      GOTO 8
(1817)      7      CALL COREAD(CE1(J),CE2(J),K,NEAD)
(1818)      8      IF (INDF.EQ.1.OR.INDF.EQ.2) GOTO 9
(1819)      IF (NEAC.EQ.0) GOTO 10
(1820)      DO 11 K=1,NEAC
(1821)      IF (NEL(J).EQ.LEA(K,2)) GOTO 12
(1822)      11      CONTINUE
(1823)      10      CALL CORNAC(CE0(J),NXP,NXD(G(J)),ZPQPQC(J))
(1824)      GOTO 4
(1825)      12      CALL COREAC(CE0(J),K,NEAC,IESP,JW)
(1826)      IF (IESP.EQ.1) GOTO 200
(1827)      GOTO 4
(1828)      9      CE0(J)=0.
(1829)      4      CONTINUE
(1830)      IF (IND2.EQ.22.OR.IND3.EQ.33) GOTO 13
(1831)      GOTO 14
(1832)      C
(1833)      C CALCULO DE CORRIENTES DE ELEMENTOS EN LAS FASES, PARA UNA FALLA.
(1834)      C

```

```
(1835) 13 DO 15 I=1,NTELM  
(1836) CALL SEFAS(CE0(I),CE1(I),CE2(I),CEA(I),CED(I),CEC(I))  
(1837) 15 CALL RAP(CEA(I),CED(I),CEC(I))  
(1838) C  
(1839) C PASO A COORDENADAS POLARES DE LOS VOLTAJES Y LAS CORRIENTES.  
(1840) C  
(1841) 14 DO 16 I=1,NTELM  
(1842) 15 CALL RAP(CE0(I),CE1(I),CE2(I))  
(1843) 20 DO 17 I=1,NBUSD  
(1844) 17 CALL RAP(EF0(I),EF1(I),EF2(I))  
(1845) CALL RAP(CPF0,CPF1,CPF2)  
(1846) 200 RETURN  
(1847) END
```

```
PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000752 LINKAGE - 000100 STACK - 000154  
0000 ERRORS [ <CVFS >FTN-REV17.2]
```

SUBROUTINE CORNAC(COREQ,NP,NQ,YQ)

PAG

```
(1848)      SUBROUTINE CORNAC(COREQ,NP,NQ,YQ)
(1849) C
(1850) C  SUBROUTINA PARA CALCULAR LAS CORRIENTES POR UN ELEMENTO NO ACOPLADO
(1851) C  EN SEC. CERO.
(1852) C
(1853)      IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y)
(1854)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1855)      IF(NP.EQ.0) GOTO 1
(1856)      EFOP=EF0(NP)
(1857)      GOTO 2
(1858) 1     EFOP=0.
(1859) 2     COREQ=YQ*(EFOP-EF0(NQ))
(1860)      RETURN
(1861)      END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000066 LINKAGE - 000040 STACK - 000042
0000 ERRORS [< CORNAC > FTN-REV17.2]

SUBROUTINE CORNAD(CORE1,CORE2,NP,NQ,Y1)

PA

```
(1862)      SUBROUTINE CORNAD(CORE1,CORE2,NP,NQ,Y1)
(1863) C
(1864) C   SUBROUTINA PARA CALCULAR LAS CORRIENTES POR UN ELEMENTO NO ACOPLADO
(1865) C   EN SEC. POSITIVA Y NEGATIVA.
(1866) C
(1867)      IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y)
(1868)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1869)      IF(NP.EQ.0) GOTO 1
(1870)      EF1P=EF1(NP)
(1871)      EF2P=EF2(NP)
(1872)      GOTO 2
(1873) 1     EF1P=1.
(1874)      EF2P=0.
(1875) 2     CORE1=Y1*(EF1P-EF1(NQ))
(1876)      CORE2=Y1*(EF2P-EF2(NQ))
(1877)      RETURN
(1878)      END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000144 LINKAGE - 000046 STACK - 000046
0000 ERRORS [<CORNAD>FTN-REV17.2]

```

(1879)      SUBROUTINE COREAC(COREO,NELA,NEA,IND,JW)
(1880)      C
(1881)      C  SUBROUTINA PARA CALCULAR LAS CORRIENTES POR UN ELEMENTO ACOPLADO
(1882)      C  EN SEC. CERO.
(1883)      C
(1884)      IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y)
(1885)      IMPLICIT INTEGER(P,Q)
(1886)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1887)      COMMON/A6/LEA(60,2),YP(60,60,2),PA(60,2),QA(60,2),NXD(500)
(1888)      COREO=0.
(1889)      IND=0
(1890)      DO 1 I=1,NEA
(1891)      IF(PA(I,2).EQ.0) GOTO 2
(1892)      NP=NXD(PA(I,2))
(1893)      IF(NP.NE.0) GOTO 3
(1894)      5  WRITE(JW,100) LEA(I,2)
(1895)      130  FORMAT(//10X,'ERROR, EL ELEMENTO:*,I4,* DEL CIRC. DE SEC. CERO, NO
(1896)      * EXISTE EN SEC. POSITIVA POR LO TANTO',/,',NO PUEDE ESTAR ACOPLADO
(1897)      *)
(1898)      IND=1
(1899)      RETURN
(1900)      2  NP=0
(1901)      3  NQ=NXD(QA(I,2))
(1902)      IF(NQ.NE.0) GOTO 4
(1903)      GOTO 5
(1904)      4  IF(NP.EQ.0) GOTO 6
(1905)      EFOP=EF0(NP)
(1906)      GOTO 1
(1907)      5  EFOP=0.
(1908)      C
(1909)      C  CORRIENTE SE SEC. CERO.
(1910)      C
(1911)      1  COREO=COREO+YP(NELA,I,2)*(EFOP-EF0(NQ))
(1912)      RETURN
(1913)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000312 LINKAGE - 000072 STACK - 000050
0000 ERRORS [COREAC>FTN-REV17.2]

```

(1914)      SUBROUTINE COREAD(CORE1,CORE2,NELA,NEA)
(1915)  C
(1916)  C      SUBROUTINA PARA EL CALCULO DE CORRIENTES DE ELEMENTOS ACOPLADOS
(1917)  C      EN SEC. POSITIVA Y NEGATIVA.
(1918)  C
(1919)      IMPLICIT COMPLEX(C,F,Y)
(1920)      IMPLICIT INTEGER(P,Q)
(1921)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1922)      COMMON/A6/LEA(60,2),YP(60,60,2),PA(60,2),QA(60,2),NXD(500)
(1923)      CORE1=0.
(1924)      CORE2=0.
(1925)      DO 1 I=1,NEA
(1926)      IF(PA(I,1).EQ.0) GOTO 2
(1927)      NP=NXD(PA(I,1))
(1928)      GOTO 3
(1929)  2      NP=0
(1930)  3      NQ=NXD(QA(I,1))
(1931)      IF(NP.EQ.0) GOTO 6
(1932)      EF1P=EF1(NP)
(1933)      EF2P=EF2(NP)
(1934)      GOTO 10
(1935)  6      EF1P=1.
(1936)      EF2P=0.
(1937)  C
(1938)  C      CORRIENTES DE SEC. POSITIVA Y NEGATIVA.
(1939)  C
(1940)  10     CORE1=CORE1+YP(NELA,I,1)*(EF1P-EF1(NQ))
(1941)  1      CORE2=CORE2+YP(NELA,I,1)*(EF2P-EF2(NQ))
(1942)      RETURN
(1943)      END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000250  LINKAGE - 000064  STACK - 000044
0000 ERRORS [<COREAD>FTN-REV17.2]

```



```

(1944)      SUBROUTINE IMP1(NB,CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,EFA,EFB,EFC,
(1945)      *NBF,BASE,CONT,JW,IND,IND1)
(1946)      C
(1947)      C  SUBROUTINA PARA LA IMPRESION DE UN CUADRO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE
(1948)      C  FALLA EN LAS BARRAS.
(1949)      C
(1950)      IMPLICIT COMPLEX(C,Z,E)
(1951)      INTEGER*2 CONT
(1952)      INTEGER*4 TPF(4)
(1953)      DIMENSION EFA(500),EFB(500),EFC(500)
(1954)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(1955)      COMMON/A11/LBUS(500)/A4/ZBUSD(500)
(1956)      DATA TPF(1)/%3FAS%/,TPF(2)/%2FAS%/,TPF(3)/%1F-T%/,TPF(4)/%2F-T%/
(1957)      IF(CONT.EQ.0) WRITE(JW,130)
(1958)      130  FORMAT(%1%)
(1959)      C
(1960)      C  IMPRESION DEL ROTULADO DEL CUADRO.
(1961)      C
(1962)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(1963)      100  FORMAT(/30X,%CUADRO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRA PARA UNA FA
(1964)      *LLA:%A4,/30X,60(%*),/25X
(1965)      *,%BARRA I%,2X,%POT.C.C.%,16X,%VOLTAJE%,15X,%CORRIENTE%,
(1966)      */37X,%MVA%,9X,2(5X,%MAG.%,7X,%ANG.%,3X))
(1967)      CONT=CONT+6
(1968)      DO 3 I=1,NB
(1969)      IP=LBUS(I)
(1970)      IF(IP.EQ.NBF) GOTO 40
(1971)      C
(1972)      C  IMPRESION DE LOS VOLTAJES DE SEC. DE LAS BARRAS NO FALLADAS.
(1973)      C
(1974)      WRITE(JW,103) IP,EF0(I)
(1975)      103  FORMAT(/26X,I5,13X,%SEC. 0%,1X,F10.5,1X,F10.5)
(1976)      CONT=CONT+2
(1977)      IF(CONT.LT.60) GOTO 4
(1978)      CONT=4
(1979)      WRITE(JW,130)
(1980)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(1981)      4    WRITE(JW,104) EF1(I)
(1982)      104  FORMAT(44X,%SEC. P%,1X,F10.5,1X,F10.5)
(1983)      CONT=CONT+1
(1984)      IF(CONT.LT.60) GOTO 5
(1985)      CONT=4
(1986)      WRITE(JW,130)
(1987)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(1988)      5    WRITE(JW,105) EF2(I)
(1989)      105  FORMAT(44X,%SEC. N%,1X,F10.5,1X,F10.5)
(1990)      CONT=CONT+1
(1991)      IF(CONT.LT.60) GOTO 6
(1992)      IF(IND1.EQ.1.AND.I.EQ.NB) GOTO 200
(1993)      CONT=4
(1994)      WRITE(JW,130)
(1995)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(1996)      6    IF(IND1.EQ.1) GOTO 3
(1997)      C
(1998)      C  IMPRESION DE LOS VOLTAJES DE FASE DE LAS BARRAS NO FALLADAS.
(1999)      C
(2000)      WRITE(JW,106) EFA(I)
(2001)      106  FORMAT(44X,%FASE A%,1X,F10.5,1X,F10.5)
(2002)      CONT=CONT+1
(2003)      IF(CONT.LT.60) GOTO 7

```

SUBROUTINE IMP1(NB,CPFG,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,EFA,EFB,EFC,

PA

```

(2004)      CONT=4
(2005)      WRITE(JW,130)
(2006)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2007)      / WRITE(JW,107) EFB(I)
(2008)  107  FORMAT(44X,'FASE B',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2009)      CONT=CONT+1
(2010)      IF(CONT.LT.60) GOTO 8
(2011)      WRITE(JW,130)
(2012)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2013)  8    WRITE(JW,108) EFC(I)
(2014)  108  FORMAT(44X,'FASE C',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2015)      CONT=CONT+1
(2016)      IF(CONT.LT.60) GOTO 3
(2017)      IF(I.EQ.NB) GOTO 200
(2018)      WRITE(JW,130)
(2019)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2020)      GOTO 3
(2021)  C
(2022)  C  IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA LA BARRA FALLADA.
(2023)  C
(2024)  40  IF(IND.NE.1) GOTO 20
(2025)  C
(2026)  C  CALCULO DE LA POT. DE CORTOCIRCUITO PARA UNA FALLA TRIFASICA.
(2027)  C
(2028)      CALL RAP1(1/ZBUSD(I),ZAU)
(2029)      PCC=REAL(ZAU*BASE)
(2030)      WRITE(JW,109) IP,PCC,EF0(I),CPF0
(2031)  109  FORMAT(/25X,'F',I5,3X,F8.3,2X,'SEC. 0',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2032)      GOTO 70
(2033)  20  WRITE(JW,121) IP,EF8(I),CPF0
(2034)  121  FORMAT(/25X,'F',I5,13X,'SEC. 0',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2035)      70  CONT=CONT+2
(2036)      IF(CONT.LT.60) GOTO 10
(2037)      CONT=4
(2038)      WRITE(JW,130)
(2039)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2040)  10  WRITE(JW,110) EF1(I),CPF1
(2041)  110  FORMAT(44X,'SEC. P',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2042)      CONT=CONT+1
(2043)      IF(CONT.LT.60) GOTO 11
(2044)      CONT=4
(2045)      WRITE(JW,130)
(2046)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2047)  11  WRITE(JW,111) EF2(I),CPF2
(2048)  111  FORMAT(44X,'SEC. N',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2049)      CONT=CONT+1
(2050)      IF(CONT.LT.60) GOTO 12
(2051)      IF(IND1.EQ.1.AND.I.EQ.NB) GOTO 200
(2052)      CONT=4
(2053)      WRITE(JW,130)
(2054)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2055)  12  IF(IND1.EQ.1) GOTO 3
(2056)  C
(2057)  C  IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE PARA LA BARRA FALLADA.
(2058)  C
(2059)      WRITE(JW,112) EFA(I),CPFA
(2060)  112  FORMAT(44X,'FASE A',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2061)      CONT=CONT+1
(2062)      IF(CONT.LT.60) GOTO 13
(2063)      CONT=4

```

SUBROUTINE IMP1(NB,CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,EFA,EFB,EFC,

PA

```
(2064)      WRITE(JW,130)
(2065)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2066)  15   WRITE(JW,115) EFB(I),CPFB
(2067)  115  FORMAT(44X,'FASE B',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2068)      CONT=CONT+1
(2069)      IF(CONT.LT.60) GOTO 14
(2070)      CONT=4
(2071)      WRITE(JW,130)
(2072)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2073)  14   WRITE(JW,114) EFC(I),CPFC
(2074)  114  FORMAT(44X,'FASE C',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2075)      CONT=CONT+1
(2076)      IF(CONT.LT.60) GOTO 3
(2077)      IF(I.EQ.NB) GOTO 200
(2078)      CONT=4
(2079)      WRITE(JW,130)
(2080)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2081)  3    CONTINUE
(2082)  200  CONT=0
(2083)      RETURN
(2084)      END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 002436 LINKAGE - 000112 STACK - 000114
0000 ERRORS [<IMP1 >FTN-REV17.2]

SUBROUTINE IMPVCE(PCC,EF0,EF1,EF2,CPF0,CPF1,CPF2,I,EF0P,EF1P,EF2P,

PA

```
(2085) SUBROUTINE IMPVCE(PCC,EF0,EF1,EF2,CPF0,CPF1,CPF2,I,EF0P,EF1P,EF2P,
(2086) *CE3,CE1,CE2,NEL,J,INDF,IND2,IND3,CONT,JW,INDA,CPFA,CPFB,CPFC,
(2087) *EFA,EF0,EF1,EF2,EFAP,EFBP,EFCP,CEA,CEB,CEC,NE)
(2088) C
(2089) C SUBROUTINA PARA LA IMPRESION DE UN CUADRO DE CORRIENTES Y VOLTAJES DE
(2090) C FALLA EN ELEMENTOS Y BARRAS.
(2091) C
(2092) C IMPLICIT COMPLEX(C,E)
(2093) C INTEGER*2 CONT
(2094) C INTEGER*4 TPF(4)
(2095) C DATA TPF(1)/3FAS/,TPF(2)/2FAS/,TPF(3)/1F-T/,TPF(4)/2F-T/
(2096) C IF(NE.NE.1.AND.CONT.NE.0) GOTO 70
(2097) C IF(CONT.EQ.0) WRITE(JW,100)
(2098) 130 FORMAT('1')
(2099) C
(2100) C IMPRESION DEL ROTULADO DEL CUADRO.
(2101) C
(2102) C WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2103) 101 FORMAT(/30X,'VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA
(2104) * FALLA:',A4,/30X,63(' '),/22X,
(2105) *'BARRAS (F:FALLADA)',22X,'!',24X,'ELEMENTOS',/6X,'I',2X,'POT.C.C.'
(2106) *,13X,'VOLTAJE',11X,'CORRIENTE',5X,'!',2X,'NUM',3X,'I',3X,'J',12X,
(2107) *'VOLT. EN J',7X,'CORRIENTE I J',/12X,'MVA',6X,2(6X,'MOD.',5X,'ANG.
(2108) *'),3X,'!',17X,2(6X,'MOD.',5X,'ANG.))
(2109) C CONT=CONT+7
(2110) 70 GOTO(30,40,50),INDA
(2111) C
(2112) C IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE LA BARRA FALLADA Y DE UN
(2113) C ELEMENTO CONECTADO A DICHA BARRA.
(2114) C
(2115) 30 IF(CONT.LT.60) GOTO 4
(2116) C CONT=7
(2117) C WRITE(JW,100)
(2118) C WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2119) C
(2120) C VOLTAJES Y CORRIENTES DE SECUENCIA.
(2121) C
(2122) 4 IF(INDF.NE.1) GOTO 5
(2123) C WRITE(JW,103) I,PCC,EF0,CPF0,NEL,I,J,EF0P,CE0
(2124) 103 FORMAT(2X,'F',I4,2X,F8.3,1X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),1X,,2(1X,F8.3),
(2125) *1X,'!',1X,3I4,1X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2126) C GOTO 6
(2127) 5 WRITE(JW,104) I,EF0,CPF0,NEL,I,J,EF0P,CE0
(2128) 104 FORMAT(2X,'F',I4,11X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',1X,
(2129) *3I4,1X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2130) 6 CONT=CONT+1
(2131) C IF(CONT.LT.60) GOTO 7
(2132) C CONT=7
(2133) C WRITE(JW,100)
(2134) C WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2135) 7 WRITE(JW,105) EF1,CPF1,EF1P,CE1
(2136) 105 FORMAT(18X,'SEC. P',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'SEC. P',
(2137) *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2138) C CONT=CONT+1
(2139) C IF(CONT.LT.60) GOTO 8
(2140) C CONT=7
(2141) C WRITE(JW,100)
(2142) C WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2143) 8 WRITE(JW,106) EF2,CPF2,EF2P,CE2
(2144) 106 FORMAT(18X,'SEC. N',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'SEC. N',
```

```

(2145)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2146)      CONT=CONT+1
(2147)      IF(IND2.EQ.2.OR.IND3.EQ.3) GOTO 200
(2148)  C
(2149)  C  VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE.
(2150)  C
(2151)      IF(CONT.LT.60) GOTO 9
(2152)      CONT=7
(2153)      WRITE(JW,100)
(2154)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2155)  9    WRITE(JW,107) EFA,CPFA,FFAP,CEA
(2156) 107  FORMAT(18X,'FASE A',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'FASE A',
(2157)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2158)      CONT=CONT+1
(2159)      IF(CONT.LT.60) GOTO 10
(2160)      CONT=7
(2161)      WRITE(JW,100)
(2162)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2163) 10    WRITE(JW,108) EFB,CPFB,EFBP,CEB
(2164) 108  FORMAT(18X,'FASE B',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'FASE B',
(2165)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2166)      CONT=CONT+1
(2167)      IF(CONT.LT.60) GOTO 11
(2168)      CONT=7
(2169)      WRITE(JW,100)
(2170)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2171) 11    WRITE(JW,109) EFC,CPFC,EFCP,CEC
(2172) 109  FORMAT(18X,'FASE C',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'FASE C',
(2173)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2174)      CONT=CONT+1
(2175)      GOTO 200
(2176)  C
(2177)  C  IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE UNA BARRA NO FALLADA Y DE
(2178)  C  UN ELEMENTO CONECTADO A DICHA BARRA.
(2179)  C
(2180) 40    IF(CONT.LT.60) GOTO 12
(2181)      CONT=7
(2182)      WRITE(JW,100)
(2183)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2184)  C
(2185)  C  VOLTAJES Y CORRIENTES DE SECUENCIA.
(2186)  C
(2187) 12    WRITE(JW,111) I,EF0,NEL,I,J,EF0P,CE0
(2188) 111  FORMAT(3X,I4,11X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),20X,'!',1X,3I4,
(2189)      *1X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2190)      CONT=CONT+1
(2191)      IF(CONT.LT.60) GOTO 15
(2192)      CONT=7
(2193)      WRITE(JW,100)
(2194)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2195) 15    WRITE(JW,112) EF1,EF1P,CE1
(2196) 112  FORMAT(18X,'SEC. P',2(1X,F8.3),20X,'!',14X,'SEC. P',
(2197)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2198)      CONT=CONT+1
(2199)      IF(CONT.LT.60) GOTO 16
(2200)      CONT=7
(2201)      WRITE(JW,100)
(2202)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2203) 16    WRITE(JW,113) EF2,EF2P,CE2
(2204) 113  FORMAT(18X,'SEC. N',2(1X,F8.3),20X,'!',14X,'SEC. N',

```

```

(2205)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2206)      CONT=CONT+1
(2207)      IF(IND2.EQ.2.OR.IND3.EQ.3) GOTO 200
(2208)      C
(2209)      C  VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE.
(2210)      C
(2211)      IF(CONT.LT.60) GOTO 17
(2212)      CONT=7
(2213)      WRITE(JW,109)
(2214)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2215)      17  WRITE(JW,114) EFA,EFAP,CEA
(2216)      114  FORMAT(18X,*FASE A*,2(1X,F8.3),20X,*!*,14X,*FASE A*,
(2217)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2218)      CONT=CONT+1
(2219)      IF(CONT.LT.60) GOTO 18
(2220)      CONT=7
(2221)      WRITE(JW,100)
(2222)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2223)      18  WRITE(JW,115) EFB,EFBP,CEB
(2224)      115  FORMAT(18X,*FASE B*,2(1X,F8.3),20X,*!*,14X,*FASE B*,
(2225)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2226)      CONT=CONT+1
(2227)      IF(CONT.LT.60) GOTO 19
(2228)      CONT=7
(2229)      WRITE(JW,100)
(2230)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2231)      19  WRITE(JW,116) EFC,EFCP,CEC
(2232)      116  FORMAT(18X,*FASE C*,2(1X,F8.3),20X,*!*,14X,*FASE C*,
(2233)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2234)      CONT=CONT+1
(2235)      GOTO 200
(2236)      C
(2237)      C  IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE UN ELEMENTO.
(2238)      C
(2239)      50  IF(CONT.LT.60) GOTO 20
(2240)      CONT=7
(2241)      WRITE(JW,100)
(2242)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2243)      C
(2244)      C  VOLTAJES Y CORRIENTES DE SECUENCIA.
(2245)      C
(2246)      20  WRITE(JW,117) NEL,I,J,EF0P,CE0
(2247)      117  FORMAT(62X,*!*,1X,3I4,1X,*SEC. 0*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2248)      CONT=CONT+1
(2249)      IF(CONT.LT.60) GOTO 21
(2250)      CONT=7
(2251)      WRITE(JW,100)
(2252)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2253)      21  WRITE(JW,118) EF1P,CE1
(2254)      118  FORMAT(62X,*!*,14X,*SEC. P*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2255)      CONT=CONT+1
(2256)      IF(CONT.LT.60) GOTO 22
(2257)      CONT=7
(2258)      WRITE(JW,100)
(2259)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2260)      22  WRITE(JW,119) EF2P,CE2
(2261)      119  FORMAT(62X,*!*,14X,*SEC. N*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2262)      CONT=CONT+1
(2263)      IF(IND2.EQ.2.OR.IND3.EQ.3) GOTO 200
(2264)      C

```

```

(2265) C   VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE.
(2266) C
(2267)     IF (CONT.LT.60) GOTO 23
(2268)     CONT=7
(2269)     WRITE(JW,100)
(2270)     WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2271) 23   WRITE(JW,120) EFAP,CEA
(2272) 120  FORMAT(62X,'! ',14X,'FASE A',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2273)     CONT=CONT+1
(2274)     IF (CONT.LT.60) GOTO 24
(2275)     CONT=7
(2276)     WRITE(JW,100)
(2277)     WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2278) 24   WRITE(JW,121) EFAP,CEB
(2279) 121  FORMAT(62X,'! ',14X,'FASE B',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2280)     CONT=CONT+1
(2281)     IF (CONT.LT.60) GOTO 25
(2282)     CONT=7
(2283)     WRITE(JW,100)
(2284)     WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2285) 25   WRITE(JW,122) EFAP,CEC
(2286) 122  FORMAT(62X,'! ',14X,'FASE C',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2287)     CONT=CONT+1
(2288) 200  IF (CONT.GE.60) CONT=0
(2289)     RETURN
(2290)     END

```

```

PROGRAM SIZE:   PROCEDURE - 004347   LINKAGE - 000052   STACK - 000202
0000 ERRORS [ <IMPVCE>FT,-REV17.2 ]

```

```

(0001) C
(0002) C
(0003) C
(0004) C *****
(0005) C *
(0006) C *
(0007) C * ESCUELA POLITECNICA NACIONAL *
(0008) C * FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA *
(0009) C * TESIS DE GRADO *
(0010) C * "NUEVOS ALGORITMOS PARA EL CALCULO DE CORTOCIRCUITOS *
(0011) C * EN GRANDES SISTEMAS DE POTENCIA" *
(0012) C * CLAUDIO A. CANIZARES E. *
(0013) C * DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO MENA P. *
(0014) C * ENERO 1984 *
(0015) C *****
(0016) C
(0017) C
(0018) C

```

```

(0019) C METODO: NUEVO ALGORITMO PARA LA CONSTRUCCION DE LA MATRIZ IMPEDANCIA
(0020) C ***** DE BARRA DE CORTOCIRCUITO CONSIDERANDO: CARGAS, TAPS Y ELEMEN-
(0021) C TOS SHUNT. CALCULO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO
(0022) C SE LO HACE MEDIANTE ECUACIONES.
(0023) C
(0024) C

```

```

(0025) C OBJETIVO: CALCULAR VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN UN S.E.P.
(0026) C ***** DE GRANDES DIMENSIONES, TOMANDO EN CUENTA: CARGAS, TAPS DE
(0027) C TRANSFORMADORES Y ELEMENTOS SHUNT.
(0028) C
(0029) C

```

```

(0030) C DESCRIPCION DEL METODO: EL PROCESO A SEGUIRSE ES EL SIGUIENTE:
(0031) C *****

```

```

(0032) C A) SE CONSTRUYE LA MATRIZ ADMITANCIA DE BARRA CONSIDERANDO LOS ACOPLS
(0033) C MUTUOS, TANTO PARA SEC. POSITIVA COMO PARA SEC. CERO.
(0034) C

```

```

(0035) C B) SE CORRE UN FLUJO DE CARGA POR EL METODO DE NEWTON-RAPSON DESACO-
(0036) C PLADO RAPIDO, EN EL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA Y SE DETERMINA LOS
(0037) C VOLTAJES INICIALES DEL SISTEMA.
(0038) C

```

```

(0039) C C) SE INTRODUCE UNA IMPEDANCIA FICTICIA DE FALLA (ZS) DE VALOR:
(0040) C  $0. + j2. [PU]$ , EN LA BARRA EN QUE SE ANALIZA LA FALLA Y SE CORRE
(0041) C UN FLUJO DE CARGA USANDO NEWTON-RAPSON DESACOPLADO RAPIDO EN EL
(0042) C CIRCUITO DE SEC. POSITIVA. EN ESTE FLUJO LAS CARGAS SON IMPE-
(0043) C DANCIAS CONSTANTES Y LOS VOLTAJES DE LOS GENERADORES ESTAN
(0044) C FIJOS EN SUS VALORES INICIALES.
(0045) C

```

```

(0046) C D) CON LA IMPED. ZS SE SACAN NUEVOS VOLTAJES QUE JUNTO CON LOS
(0047) C INICIALES NOS PERMITEN CALCULAR LA COLUMNA CORRESPONDIENTE A LA
(0048) C BARRA FALLADA DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. POSITIVA.
(0049) C

```

```

(0050) C E) PARA SEC. CERO SOLO SE CALCULAN LOS VOLTAJES DE BARRA UNA SOLA
(0051) C VEZ, PARA LO CUAL USAMOS UN PROCESO DE GAUSS-SEIDEL SIMPLIFICADO
(0052) C UTILIZANDO COMO BARRA SLACK LA BARRA EN LA QUE SE ANALIZARA LA
(0053) C FALLA.
(0054) C

```

```

(0055) C F) ESTOS VOLTAJES DE BARRA DE SEC. CERO NOS PERMITEN CALCULAR
(0056) C LA COLUMNA CORRESPONDIENTE A LA BARRA EN LA QUE SE ANALIZA LA
(0057) C FALLA DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. CERO.
(0058) C

```

```

(0059) C G) CON ESTAS IMPED. DE BARRA SE CALCULAN LOS VOLTAJES Y CORRIENTES
(0060) C DE CORTOCIRCUITO APLICANDO LAS ECUACIONES CORRESPONDIENTES.

```



```

(0061) C
(0062) C H) PARA ANALIZAR UNA FALLA EN OTRA BARRA EL PROCESO SE REPITE NUFVA-
(0063) C MENTE, AUNQUE SIN CALCULAR LOS VOLTAJES INICIALES DE SEC. POSI-
(0064) C TIVA NUEVAMENTE.
(0065) C
(0066) C
(0067) C CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA: EL PROGRAMA ADMITE UN S.E.P. DE 1000
(0068) C ***** ELEMENTOS Y 700 BARRAS (MAXIMO 500
(0069) C BARRAS DE NO GENERACION Y MAXIMO 200
(0070) C DE GENERACION). LA NUMERACION DE LOS ELEMENTOS Y LAS BARRAS PUEDE
(0071) C SER CUALQUIERA, SIN NECESIDAD DE QUE ESTA SEA SECUENCIAL. LOS DATOS
(0072) C DE ENTRADA DE LOS ELEMENTOS Y LOS ACOPLS PUEDEN SER DADOS EN DESOR-
(0073) C DEN. LA BARRA DE REFERENCIA SIEMPRE DEBE SER LA BARRA "0". SE
(0074) C TIENEN VARIAS OPCIONES DE IMPRESION. SE PUEDE CORRER VARIOS CASOS
(0075) C DE UNA SOLA VEZ. EL PROGRAMA TAMBIEN TRABAJA CON SISTEMAS QUE NO
(0076) C TENGAN NI CARGAS, NI SHUNTS, NI TAPS. (VER MANUAL DE USO PARA
(0077) C MAYOR INFORMACION)
(0078) C
(0079) C
(0080) C VARIABLES PRINCIPALES:
(0081) C *****
(0082) C TITULO( ): TITULO DEL CASO A ANALIZARSE
(0083) C NBR( ): NUMERO DE BARRA DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
(0084) C NTELS( ): NUMERO DE ELEMENTOS DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0085) C NACOP: NUMERO DE ACOPLS MUTUOS DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0086) C BASE: POTENCIA BASE DEL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0087) C CON( ): CRITERIO DE CONVERGENCIA DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0088) C NUMIN: INDICADOR DE EXISTENCIA DE SEC. CERO
(0089) C NB: NUMERO DE BARRAS DE LA SEC. EN ANALISIS
(0090) C NE: NUMERO DE ELEMENTOS EN LA SEC. EN ANALISIS
(0091) C CONV: CRITERIO DE CONVERGENCIA DE LA SEC. EN ANALISIS
(0092) C NEL( ): NUMERO DEL ELEMTO EN SEC. POSITIVA Y EN SEC. CERO
(0093) C NP( ): NODO "P" DEL ELEMENTO EN SEC. POSITIVA Y EN SEC. CERO
(0094) C NQ( ): NODO "Q" DEL ELEMENTO EN SEC. POSITIVA Y EN SEC. CERO
(0095) C RR( ): 1)-RESISTENCIA EN P.U. PARA LINEAS DE TRANSMISION Y GENERADORES
(0096) C DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0097) C -REACTANCIA EN % PARA TRANSFORMADORES EN SEC. POSITIVA Y
(0098) C SEC. CERO
(0099) C -MVA PARA CAPACITORES O REACTORES DE SEC. POSITIVA
(0100) C 2)CONDUCTANCIA DE LA MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE LOS ELEMEN-
(0101) C TOS NO ACOPLADOS DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0102) C XX( ): 1)-REACTANCIA EN P.U. PARA LINEAS DE TRANSMISION O GENERADORES
(0103) C DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0104) C -MVA BASE DE LA REACTANCIA DEL TRANSFORMADOR EN SEC. POSIT-
(0105) C Y SEC. CERO
(0106) C 2)SUCEPTANCIA DE LA MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE ELEMENTOS
(0107) C NO ACOPLADOS DE SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0108) C SS( ): 1)-SUCEPTANCIA TOTAL EN P.U. DE LAS LINEAS DE TRANSMISION EN
(0109) C SEC. POSITIVA SOLAMENTE
(0110) C -TAP "P" DE TRANSFORMADORES EN SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0111) C 2)POTENCIA ACTIVA DE GENERACION EN SEC. POSITIVA
(0112) C 3)POTENCIA ACTIVA NETA EN SEC. POSITIVA
(0113) C BK( ): 1)TAP "Q" DE TRANSFORMADORES EN SEC. POSITIVA Y SEC. CERO
(0114) C 2)POTENCIA REACTIVA DE GENERACION EN SEC. POSITIVA
(0115) C 3)POTENCIA REACTIVA NETA EN SEC. POSITIVA
(0116) C LBAR( ): LISTA DE BARRAS DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
(0117) C NEA1( ): ELEMENTO ACOPLADO EN LA SEC. EN ANALISIS
(0118) C NEA2( ): ELEMENTO ACOPLADO CON NEA1( ) EN LA SEC. EN ANALISIS
(0119) C ZAC( ): IMPEDANCIA DE ACOPLS ENTRE NEA1( ) Y NEA2( ) EN LA SEC. EN
(0120) C ANALISIS

```

(0121) C LEEA(): LISTA DE ELEMENTOS ACOPLADOS DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
 (0122) C YFR(): MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE ELEMENTOS ACOPLADOS DE SEC.
 (0123) C POSITIVA Y DE SEC. CERO
 (0124) C NPA(): LISTA DE NODOS "P" DE LOS ELEMENTOS ACOPLADOS DE SEC. POSIT.
 (0125) C Y DE SEC. CERO
 (0126) C NQA(): LISTA DE NODOS "Q" DE LOS ELEMENTOS ACOPLADOS DE SEC. POSIT.
 (0127) C Y DE SEC. CERO
 (0128) C ISEND(): SUBINDICE DE POSICION DE FILA DE LA MATRIZ ADMITANCIA
 (0129) C DE BARRA DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
 (0130) C IRECD(): SUBINDICE DE POSICION DE COLUMNA DE LA MATRIZ ADMITANCIA
 (0131) C DE BARRA DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
 (0132) C G(): CONDUCTANCIAS DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ ADMITANCIA DE
 (0133) C BARRA DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
 (0134) C B(): SUCEPTANCIAS DE LOS ELEMENTOS DE LA MATRIZ ADMITANCIA DE
 (0135) C BARRA DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
 (0136) C SUS(): SUCEPTANCIAS A TIERRA EN SEC. POSITIVA SOLAMENTE
 (0137) C NBUS(): NUMERO DE ELEMENTOS POR FILA EN LA MATRIZ ADMITANCIA DE
 (0138) C BARRA DE SEC. POSITIVA Y DE SEC. CERO
 (0139) C LEA(): LISTA PARCIAL DE ELEMENTOS ACOPLADOS DE LA SEC. AN ANALISIS
 (0140) C YP(): MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA PARCIAL DE ELEMENTOS ACOPLADOS
 (0141) C DE LA SEC. EN ANALISIS
 (0142) C LBA(): LISTA PARCIAL DE NODOS "P" Y "Q" DE LA LISTA DE ELEMENTOS
 (0143) C LEA()
 (0144) C LAD(): 1) LISTA DE BARRAS AFECTADAS POR ACOPLS MUTUOS SACADA DE
 (0145) C LBA()
 (0146) C 2) LISTA DE BARRAS DE GENERACION DE SEC. POSITIVA
 (0147) C IND(): INDICADOR QUE NOS PERMITE DETECTAR SI UN ACOUPLE MUTUO DE
 (0148) C LA SEC. EN ANALISIS YA HA SIDO TOMADO EN CUENTA
 (0149) C NT: NUMERO TOTAL DE ELEMENTOS DE LA MATRIZ ADMITANCIA DE BARRA
 (0150) C DE SEC. POSITIVA O DE SEC. CERO
 (0151) C NEAD: NUMERO DE ELEMENTOS ACOPLADOS EN SEC. POSITIVA
 (0152) C NEAC: NUMERO DE ELEMENTOS ACOPLADOS EN SEC. CERO
 (0153) C NS: NUMERO DE LA BARRA SLACK DEL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA
 (0154) C NXP: NUMERO DE BARRAS DE GENERACION DEL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA
 (0155) C ZBUSD(): 1) POTENCIAS ACTIVA (PARTE REAL) Y REACTIVA (PARTE IMAG.)
 (0156) C DE CARGA DE SEC. POSITIVA
 (0157) C 2) COLUMNA CORRESPONDIENTE A LA BARRA FALLADA DE LA MATRIZ
 (0158) C IMPEDANCIA DE BARRA DE SEC. POSITIVA
 (0159) C ZBUSC(): 1) MATRIZ AUXILIAR EN LA CONSTRUCCION DE LA MATRIZ ADMIT.
 (0160) C PRIMITIVA DE ELEMENTOS NO ACOPLADOS DE SEC. POSITIVA
 (0161) C Y DE SEC. CERO
 (0162) C 2) COLUMNA CORRESPONDIENTE A LA BARRA FALLADA DE LA MATRIZ
 (0163) C IMPEDANCIA DE BARRA DE SEC. CERO
 (0164) C VO(): MODULO DEL VOLTAJE DE BARRA INICIAL DE SEC. POSITIVA
 (0165) C DELTAO(): ANGULO DEL VOLTAJE DE BARRA INICIAL DE SEC. POSITIVA
 (0166) C VC(): 1) MODULO DE VOLTAJE DE LAS BARRAS DE TENSION CONTROLADA DE
 (0167) C SEC. POSITIVA
 (0168) C 2) MODULO DE VOLTAJE DE LAS BARRAS DE GENERACION DE SEC. POSIT.
 (0169) C DELTAC(): ANGULO DEL VOLTAJE DE LAS BARRAS DE GENERACION DE SEC.
 (0170) C POSITIVA
 (0171) C NODE(): INDICADOR DEL TIPO DE BARRA FN SEC. POSITIVA
 (0172) C QMAX(): POTENCIA REACTIVA MAXIMA DE GENERACION EN SEC. POSITIVA
 (0173) C QMIN(): POTENCIA REACTIVA MINIMA DE GENERACION EN SEC. POSITIVA
 (0174) C ITER: NUMERO DE ITERACIONES EN EL PROCESO DE NEWTON-RAPSON DESACO-
 (0175) C PLADO RAPIDO
 (0176) C LBUS(): LISTA DE BARRAS DE SEC. POSITIVA, PERO SIN CONSIDERAR
 (0177) C LAS BARRAS DE GENERACION
 (0178) C NXDI(): INDICADOR DE POSICION DE LA LISTA LBUS()
 (0179) C V(): 1) MODULO DEL VOLTAJE DE BARRA DEL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA
 (0180) C CON LA IMPEDANCIA ZS

```

(0181) C      2)PARTE REAL DEL VOLTAJE DE BARRA EN SEC. CERO
(0182) C DELTA( ): 1)ANGULO DEL VOLTAJE DE BARRA DEL CIRCUITO DE SEC. POSIT.
(0183) C      CON LA IMPEDANCIA ZS
(0184) C      2)PARTE IMAGINARIA DEL VOLTAJE DE BARRA DE SEC. CERO
(0185) C ZS: IMPEDANCIA FICTICIA DE FALLA UTILIZADA PARA ENCONTRAR LA
(0186) C MATRIZ IMPEDANCIA DE BARRA DE SEC. POSITIVA
(0187) C EIN( ): VOLTAJES EN LAS BARRAS DE GENERACION DE SEC. POSITIVA
(0188) C EI( ): VOLTAJES DE BARRA DE SEC. CERO
(0189) C NBF: NUMERO DE LA BARRA FALLADA
(0190) C N3FT: INDICADOR DE FALLA TRES FASES-TIERRA
(0191) C N3F: INDICADOR DE FALLA TRIFASICA
(0192) C N2FT: INDICADOR DE FALLA DOS FASES-TIERRA
(0193) C N2F: INDICADOR DE FALLA BIFASICA
(0194) C N1FT: INDICADOR DE FALLA FASE-TIERRA
(0195) C ZF: IMPEDANCIA DE FALLA (PARA TODAS LAS FALLAS)
(0196) C ZG: IMPEDANCIA DE FALLA A TIERRA (PARA FALLA DOS FASES-TIERRA)
(0197) C INDO: INDICADOR DE IMPRESION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC.
(0198) C POSITIVA Y SEC. CERO
(0199) C IND1: INDICADOR DE IMPRESION DE CUADRO DE VOLTAJES Y CORRIENTES
(0200) C DE BARRA
(0201) C IND2: INDICADOR DE IMPRESION DE CUADRO TOTAL DE VOLT. Y CORR. DE
(0202) C BARRAS Y ELEMENTOS
(0203) C IND3: INDICADOR DE IMPRESION DE CUADRO PARCIAL DE VOLT. Y CORR.
(0204) C DE BARRAS Y ELEMENTOS
(0205) C NBAIM: NUMERO DE BARRAS DE LAS QUE SE DESEA IMPRIMIR RESULTADOS
(0206) C LBAIM( ): LISTA DE BARRAS DE LAS QUE SE DESEA IMPRIMIR RESULTADOS
(0207) C CPF0,CPF1,CPF2: CORRIENTES DE FALLA DE SEC. EN LA BARRA FALLADA
(0208) C CPFA,CPFB,CPFC: CORRIENTES DE FALLA DE FASE EN LA BARRA FALLADA
(0209) C EF0( ),EF1( ),EF2( ): VOLTAJES DE FALLA DE SEC. EN LAS BARRAS
(0210) C EFA( ),EFB( ),EFC( ): VOLTAJES DE FALLA DE FASE EN LAS BARRAS
(0211) C CE0( ),CE1( ),CE2( ): CORRIENTES DE FALLA DE SEC. EN LOS ELEMENTOS
(0212) C CEA( ),CEB( ),CEC( ): CORRIENTES DE FALLA DE FASE EN LOS ELEMENTOS
(0213) C
(0214) C
(0215) C
(0216) C
(0217) C
(0218) C      IMPLICIT COMPLEX(Z,Y,E)
(0219) C      COMPLEX CMPLX,PAR,CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,CE0,CE1,
(0220) C *CEL2,CELA,CELB,CELC,CE1(1000),CE2(1000),CE0(1000),CEA(1000),
(0221) C *CEB(1000),CEC(1000)
(0222) C      REAL ITER
(0223) C      INTEGER*2 SI,NO,CONT,INDIC,SLACK,VAC,N3FT,N3F,N2FT,N2F,N1FT
(0224) C      INTEGER*4 TITULO(40),FIN
(0225) C      DIMENSION NBR(2),NTELS(2),YBP(62,62),LBAIM(500)
(0226) C      DIMENSION CON(2),VD(700),DELTA0(700),V(700),EFA(500),EFB(500)
(0227) C      DIMENSION DELTA(700),NEA1(30),NEA2(30),EI(700),EFC(500)
(0228) C      DIMENSION ZAC(30),IND(30),LEA(31),LBA(62)
(0229) C      COMMON/A200/NEL(1000,2),NP(1000,2),NQ(1000,2),RR(1000,2),
(0230) C *XX(1000,2)
(0231) C      COMMON/A1/G(50000,2),B(50000,2),SUS(50000),ISEND(50000,2)
(0232) C *,IREC(50000,2),NBUS(700,2),SS(1000),BK(1000),QMAX(700),QMIN(700),
(0233) C *VC(700),NODE(700),DELTAC(700)
(0234) C      COMMON/A6/LEEA(60,2),YPR(60,60,2),NPA(60,2),NOA(60,2),NXD(700)
(0235) C      COMMON/A4/ZHUSD(700)/A5/ZBUSC(500)
(0236) C      COMMON/A8/YP(31,31)
(0237) C      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)/A100/EIN(700)
(0238) C      COMMON/A61/LBAR(700,2)
(0239) C      COMMON/A60/LAD(200)/A11/LBUS(700)
(0240) C      DATA SI/*SI*/,NO/*NO*/,SLACK/*SL*/,VAC/* */,FIN/*FIN */

```

```

(0241)      YCPU1=CTIMSA(CPUTIM)
(0242)      IJ=5
(0243)      JW=6
(0244)      Z180=(0.,180.)
(0245)      Z360=(0.,360.)
(0246)      WRITE(JW,2000)
(0247) 2000  FORMAT(*1*,25(/),15X,90('**'),/15X,***,88X,***,/15X,***,30X,
(0248)      *'ESCUELA POLITECNICA NACIONAL',30X,***,
(0249)      */15X,***,28X,'FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA',28X,***,
(0250)      */15X,***,37X,'TESIS DE GRADO',37X,***,
(0251)      */15X,***,18X,'*NUEVOS ALGORITMOS PARA EL CALCULO DE CORTOCIRCUITOS
(0252)      *',18X,***,/15X,***,28X,'EN GRANDES SISTEMAS DE POTENCIA"',28X,***,
(0253)      */15X,***,32X,'CLAUDIO A. CANIZARES E.',32X,***,
(0254)      */15X,***,24X,'DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO MENA P.',25X,***,
(0255)      */15X,***,39X,'ENERO 1984',39X,***,
(0256)      */15X,***,36X,'NUEVO ALGORITMO',37X,***,
(0257)      */15X,***,88X,***,/15X,90('**'))
(0258) 900   LX=0
(0259)      NEAD=0
(0260)      NEAC=0
(0261)      READ(IW,498) (TITULO(I),I=1,20)
(0262) 498   FORMAT(20A4)
(0263)      IF (TITULO(1).EQ.FIN) GOTO 1000
(0264)      READ(IW,498) (TITULO(I),I=21,40)
(0265)      WRITE(JW,499) (TITULO(I),I=1,40)
(0266) 499   FORMAT(*1*,///15X,90('**'),/15X,***,88X,***,/15X,***,4X,20A4,
(0267)      *4X,***,/15X,***,4X,20A4*4X,***,/15X,***,88X,***,/15X,90('**'))
(0268) 115   LX=LX+1
(0269)      CONT=0
(0270)      NAUX=0
(0271)      C
(0272)      C  LECTURA Y DETECCION DE ERRORES EN DATOS GENERALES DE SECUENCIA.
(0273)      C
(0274)      READ(IW,500) NBR(LX),NTELS(LX),NACOP,BASE,CON(LX),NUMIN
(0275) 500   FORMAT(3I5,F10.4,F10.6,I5)
(0276)      NB=NBR(LX)
(0277)      NE=NTELS(LX)
(0278)      CONV=CON(LX)
(0279)      IF (LX.EQ.2) GOTO 9
(0280)      WRITE(JW,509)
(0281) 509   FORMAT(///,40X,'DATOS DEL CIRCUITO DE SEC. POSITIVA',/40X,
(0282)      *,35('**'),/40X,35('**'))
(0283)      GOTO 11
(0284) 9      WRITE(JW,510)
(0285) 510   FORMAT(*1*,//40X,'DATOS DEL CIRCUITO DE SEC. CERO',/40X,31('**'),
(0286)      */40X,31('**'))
(0287) 11     IF (NB.LE.0) GOTO 2
(0288)      IF (NB.GT.700) GOTO 3
(0289)      IF (NE.LE.0) GOTO 4
(0290)      IF (NE.GT.1000) GOTO 5
(0291)      IF (NACOP.LT.0.OR.NACOP.GT.30) GOTO 6
(0292)      IF (NUMIN.NE.0.AND.NUMIN.NE.1) GOTO 7
(0293)      IF (CONV.LT..00001.OR.CONV.GT..01) GOTO 8
(0294)      GOTO 10
(0295) 2      WRITE(JW,501)
(0296) 501   FORMAT(/10X,'ERROR, EL NUMERO DE BARRAS ES MENOR O IGUAL QUE CERO')
(0297)      NAUX=1
(0298)      GOTO 10
(0299) 3      WRITE(JW,502)
(0300) 502   FORMAT(/10X,'ERROR, EL NUMERO DE BARRAS EXCEDE LA CAPACIDAD DEL P

```

```

(0301)      *PROGRAMA*)
(0302)      VAUX=1
(0303)      GOTO 10
(0304)  4    *WRITE(JW,503)
(0305)  503  FORMAT(//10X,*ERROR,EL NUMERO DE ELEMENTOS ES MENOR O IGUAL QUE CE
(0306)      *RO*)
(0307)      VAUX=1
(0308)      GOTO 10
(0309)  5    *WRITE(JW,504)
(0310)  504  FORMAT(//10X,*ERROR, EL NUMERO DE ELEMENTOS EXCEDE LA CAPACIDAD DE
(0311)      *L PROGRAMA*)
(0312)      NAUX=1
(0313)      GOTO 10
(0314)  6    *WRITE(JW,505)
(0315)  505  FORMAT(//10X,*ERROR, EL NUMERO DE ACOPLS ES MENOR QUE CERO O EXCE
(0316)      *DE LA CAPACIDAD DEL PROGRAMA*)
(0317)      NAUX=1
(0318)      GOTO 10
(0319)  7    *WRITE(JW,506) NUMIN
(0320)  506  FOPMAT(//10X,*ERROR, EL INDICADOR DE EXISTENCIA DE FALLAS A TIERRA
(0321)      **I4,* NO ES EL ESPERADO*)
(0322)      NAUX=1
(0323)      GOTO 10
(0324)  8    *WRITE(JW,507)
(0325)  507  FORMAT(//10X,*PROBABLE DIFICULTAD, EL CRITERIO DE CONVERGENCIA ES
(0326)      *MUY GRANDE O MUY PEQUENO.*/10X,*ESTO PUEDE OCACIONAR PROBLEMAS DE
(0327)      * CONVERGENCIA*)
(0328)  C
(0329)  C  IMPRESION DE DATOS GENERALES DE SECUENCIA.
(0330)  C
(0331)  10   *WRITE(JW,508) NB,NE,NACOP,BASE,CONV
(0332)  508  FORMAT(//40X,*NUMERO DE BARRAS:*,I5,//40X,*NUMERO DE ELEMENTOS:*,
(0333)      *I5,//40X,*NUMERO DE ACOPLS:*,I5,//40X,*POTENCIA BASE:*,F10.4,
(0334)      **(MVA)*,//40X,*CRITERIO DE CONVERGENCIA:*,F10.6)
(0335)      IF(NAUX.EQ.1) GOTO 1000
(0336)  C
(0337)  C  LECTURA Y DETECCION DE ERRORES EN DATOS DE ELEMENTOS DE SECUENCIA.
(0338)  6
(0339)      DO 12 I=1,NE
(0340)      READ(IW,511) NEL(I,LX),NP(I,LX),NQ(I,LX),RR(I,LX),XX(I,LX),
(0341)      *SS(I),BK(I)
(0342)  511  FORMAT(3I5,4F10.5)
(0343)      IF(NP(I,LX).NE.0.AND.NQ(I,LX).NE.0) GOTO 27
(0344)      IF(NP(I,LX).LE.NQ(I,LX)) GOTO 27
(0345)      NPX=NP(I,LX)
(0346)      NP(I,LX)=NQ(I,LX)
(0347)      NQ(I,LX)=NPX
(0348)  27   IF(NEL(I,LX).LT.0.OR.NEL(I,LX).GT.1000) GOTO 13
(0349)      IF(NP(I,LX).LT.0.OR.NQ(I,LX).LT.0.OR.NP(I,LX).GT.700.OR.NQ(I,LX).
(0350)      *GT.700) GOTO 14
(0351)      IF(NP(I,LX).EQ.NQ(I,LX)) GOTO 15
(0352)      IF(BK(I).EQ.0..AND.NP(I,LX).NE.0.AND.RR(I,LX).EQ.0..AND.XX(I,LX).
(0353)      *EQ.0.) GOTO 16
(0354)      IF(NP(I,LX).EQ.0.AND.RR(I,LX).EQ.0..AND.LX.EQ.1) GOTO 17
(0355)      IF(BK(I).LT.0.) GOTO 18
(0356)      IF(BK(I).GT.0..AND.(RR(I,LX).LE.0..OR.XX(I,LX).LE.0..OR.SS(I).LE.
(0357)      *0.)) GOTO 19
(0358)  12   CONTINUE
(0359)      GOTO 21
(0360)  13   WRITE(JW,512) I

```

```

(0361) 512  FORMAT(//10X,'ERROR,EL NUM. DE ELEM. DEL DATO:*,I4,* ES MENOR O IG
(0362)      *JAL QUE CERO, O EXCEDE LA CAPAC. DEL PROG.>')
(0363)      GOTO 1000
(0364) 14    WRITE(JW,513) NEL(I,LX)
(0365) 513  FORMAT(//10X,'ERROR, LOS NODOS DEL ELEM.:*,I4,* EXCEDE LA CAPAC. D
(0366)      *EL PROG. O SON MENOR O IGUAL QUE CERO')
(0367)      GOTO 1000
(0368) 15    WRITE(JW,514) NEL(I,LX)
(0369) 514  FORMAT(//10X,'ERROR, EL ELEM.:*,I4,* TIENE EL MISMO NODO INICIAL Y
(0370)      *FINAL')
(0371)      GOTO 1000
(0372) 16    WRITE(JW,515) NEL(I,LX)
(0373) 515  FORMAT(//10X,'ERROR, LA LINEA:*,I4,* TIENE IMPED. CERO')
(0374)      GOTO 1000
(0375) 17    WRITE(JW,516) NEL(I,LX)
(0376) 516  FORMAT(//10X,'ERROR, EL CAPAC. O REAC.:*,I4,* TIENE POTENCIA CERO'
(0377)      *)
(0378)      GOTO 1000
(0379) 18    WRITE(JW,517) NEL(I,LX)
(0380) 517  FORMAT(//10X,'ERROR, EL ELEM.:*,I4,* NO TIENE EL VALOR DE BK(I)')
(0381)      GOTO 1000
(0382) 19    WRITE(JW,518) NEL(I,LX)
(0383) 518  FORMAT(//10X,'ERROR, EL TRANSF.:*,I4,* TIENE EN ALGUNOS DE SUS DAT
(0384)      *OS UN VALOR MENOR O IGUAL QUE CERO')
(0385)      GOTO 1000
(0386) 21    DO 22 I=1,NE
(0387)      DO 22 J=1,NE
(0388)      IF(I.EQ.J) GOTO 22
(0389)      IF(NEL(I,LX).EQ.NEL(J,LX)) GOTO 23
(0390)      GOTO 22
(0391) 23    IF(NP(I,LX).EQ.NP(J,LX).AND.NQ(I,LX).EQ.NQ(J,LX)) GOTO 25
(0392)      GOTO 24
(0393) 22    CONTINUE
(0394)      GOTO 20
(0395) 24    WRITE(JW,519) I,J
(0396) 519  FORMAT(//10X,'ERROR, LOS DATOS:*,I4,* Y *,I4,* TIENEN EL MISMO NUM
(0397)      *ERO DE ELEM.>')
(0398)      NAUX=1
(0399)      GOTO 20
(0400) 25    WRITE(JW,520) NEL(I,LX)
(0401) 520  FORMAT(//10X,'ERROR, EL ELEM.:*,I4,* SE REPITE EN LA LISTA DE DATO
(0402)      *S')
(0403)      NAUX=1
(0404)      C
(0405)      C  IMPRESION DE LOS DATOS DE ELEMENTOS DE SECUENCIA.
(0406)      C
(0407) 20    WRITE(JW,522)
(0408) 522  FORMAT(//15X,'ELEM. NUM.',2X,'NODO P',2X,'NODO Q',10X,'RR',13X,
(0409)      *'XX',13X,'SS',13X,'BK',/)
(0410)      DO 30 I=1,NE
(0411) 30    WRITE(JW,523) NEL(I,LX),NP(I,LX),NQ(I,LX),RR(I,LX),XX(I,LX),SS(I),
(0412)      *BK(I)
(0413) 523  FORMAT(18X,I4,2X,2(4X,I4),1X,4(5X,F10.5))
(0414)      IF(NAUX.EQ.1) GOTO 1000
(0415)      C
(0416)      C  CONSTRUCCION DE LA LISTA DE BARRAS DE SECUENCIA.
(0417)      C
(0418)      IP=1
(0419)      IF(NP(1,LX).EQ.0) GOTO 31
(0420)      LBAR(IP,LX)=NP(1,LX)

```

```

(0421)      IP=IP+1
(0422) 31    LBAR(IP,LX)=NQ(1,LX)
(0423)      DO 32 I=2,NE
(0424)      IF(NP(I,LX).EQ.0) GOTO 33
(0425)      DO 34 J=1,IP
(0426)      IF(LBAR(J,LX).EQ.NP(I,LX)) GOTO 33
(0427) 34    CONTINUE
(0428)      IP=IP+1
(0429)      LBAR(IP,LX)=NP(I,LX)
(0430) 33    DO 35 J=1,IP
(0431)      IF(LBAR(J,LX).EQ.NQ(I,LX)) GOTO 32
(0432) 35    CONTINUE
(0433)      IP=IP+1
(0434)      LBAR(IP,LX)=NQ(I,LX)
(0435) 32    CONTINUE
(0436)      IF(NB.EQ.IP) GOTO 36
(0437)      WRITE(JW,525) NB,IP
(0438) 525   FORMAT(//10X,'ERROR, EL NUMERO DE BARRAS:',I4,' NO COINCIDE CON EL
(0439)      * NUMERO DE BARRAS DE LOS DATOS DE LOS ELEM.,',/10X,' QUE ES:',I4)
(0440)      GOTO 1000
(0441)  C
(0442)  C   ORDENAMIENTO DE LA LISTA DE BARRAS DE SECUENCIA.
(0443)  C
(0444) 36    DO 37 I=1,NB
(0445)      IP=LBAR(I,LX)
(0446) 37    NBUS(IP,LX)=0
(0447)      IP=NB-1
(0448)      DO 38 I=1,IP
(0449)      JP=I+1
(0450)      DO 38 J=JP,NB
(0451)      IF(LBAR(I,LX).LE.LBAR(J,LX)) GOTO 38
(0452)      LAUX=LBAR(I,LX)
(0453)      LBAR(I,LX)=LBAR(J,LX)
(0454)      LBAR(J,LX)=LAUX
(0455) 38    CONTINUE
(0456)      IF(NACOP.EQ.0) GOTO 197
(0457)  C
(0458)  C   LECTURA Y DETECCIÓN DE ERRORES EN LOS DATOS DE LOS ACOPLES MUTUOS
(0459)  C   DE SECUENCIA.
(0460)  C
(0461)      WRITE(JW,533)
(0462) 533   FORMAT(//40X,'DATOS DE LOS ACOPLES MUTUOS',/40X,27('*'))
(0463)      DO 63 I=1,NACOP
(0464)      READ(IW,211) NEA1(I),NEA2(I),ZAC(I)
(0465) 211   FORMAT(2I5,2F10.5)
(0466)      IF(NEA1(I).LE.0.OR.NEA2(I).LE.0) GOTO 64
(0467)      IF(NEA1(I).GT.1000.OR.NEA2(I).GT.1000) GOTO 65
(0468)      IF(NEA1(I).EQ.NEA2(I)) GOTO 66
(0469)      IF(REAL(ZAC(I)).EQ.0..AND.AIMAG(ZAC(I)).EQ.0.) GOTO 67
(0470)      DO 68 J=1,NE
(0471)      IF(NEA1(I).EQ.NEL(J,LX)) GOTO 70
(0472) 68    CONTINUE
(0473)      GOTO 69
(0474) 70    DO 71 J=1,NE
(0475)      IF(NEA2(I).EQ.NEL(J,LX)) GOTO 63
(0476) 71    CONTINUE
(0477)      GOTO 72
(0478) 63    CONTINUE
(0479)      GOTO 73
(0480) 64    WRITE(JW,532) I

```

```

(0481) 532  FOPMAT(//10X,'ERROR, EL ACOPLE:*,I4,* TIENE UN NUMERO DE ELEMENTO
(0482)      *MENOR O IGUAL QUE CERO*)
(0483)      GOTO 1000
(0484) 65   WRITE(JW,633) I
(0485) 533  FOPMAT(//10X,'ERROR, EL ACOPLE:*,I4,* TIENE UN NUMERO DE ELEMENTO
(0486)      *QUE EXCEDE LA CAPAC. DEL PROG.*')
(0487)      GOTO 1000
(0488) 66   WRITE(JW,534) I
(0489) 534  FOPMAT(//10X,'ERROR, EL ACOPLE:*,I4,* TIENE LOS DOS NUMEROS DE ELE
(0490)      *MTOS IGUALES ENTRE SI*)
(0491)      GOTO 1000
(0492) 67   WRITE(JW,535) I
(0493) 535  FOPMAT(//10X,'ERROR, EL ACOPLE:*,I4,* TIENE LA IMPED. DE ACOPLE IG
(0494)      *UAL A CERO*)
(0495)      GOTO 1000
(0496) 69   WRITE(JW,536) I
(0497) 536  FOPMAT(//10X,'ERROR, EN EL ACOPLE:*,I4,* EL PRIMER ELEM. NO ESTA E
(0498)      *N LA LISTA DE ELEM. INICIAL*)
(0499)      GOTO 1000
(0500) 72   WRITE(JW,537) I
(0501) 537  FOPMAT(//10X,'ERROR, EN EL ACOPLE:*,I4,* EL SEGUNDO ELEM. NO ESTA
(0502)      *EN LA LISTA DE ELEM. INICIAL*)
(0503)      GOTO 1000
(0504) 73   IP=NACOP-1
(0505)      DO 75 I=1,IP
(0506)      JP=I+1
(0507)      DO 75 J=JP,NACOP
(0508)      IF((NEA1(I).EQ.NEA2(J).AND.NEA2(I).EQ.NEA1(J)).OR.(NEA1(I).EQ.NEA1
(0509)      *(J).AND.NEA2(I).EQ.NEA2(J))) GOTO 76
(0510) 75   CONTINUE
(0511)      GOTO 74
(0512) 76   WRITE(JW,538) I,J
(0513) 538  FOPMAT(//10X,'ERROR, LOS ACOPLES:*,I4,* Y *,I4,* SON LOS MISMOS*)
(0514)      NAUX=1
(0515)  C
(0516)  C   IMPRESION DE LOS DATOS DE ACOPLES MUTUOS DE SECUENCIA.
(0517)  C
(0518) 74   WRITE(JW,539)
(0519) 539  FOPMAT(//30X,'ELEM. ACOP. 1*,2X,*ELEM. ACOP. 2*,5X,
(0520)      *IMPED. DE ACOPLE*)
(0521)      DO 77 I=1,NACOP
(0522) 77   WRITE(JW,540) NEA1(I),NEA2(I),ZAC(I)
(0523) 540  FOPMAT(35X,I4,11X,I4,6X,F10.5,'*+J*,F10.5)
(0524)      IF(NAUX.EQ.1) GOTO 1000
(0525)  C
(0526)  C   CONSTRUCCION DE UNA LISTA TEMPORAL DE ELEMENTOS ACOPLADOS.
(0527)  C
(0528)      LEEA(1,LX)=NEA1(1)
(0529)      K=1
(0530)      DO 198 I=1,NACOP
(0531)      DO 199 J=1,K
(0532)      IF(LEEA(J,LX).EQ.NEA1(I)) GOTO 202
(0533) 199  CONTINUE
(0534)      K=K+1
(0535)      LEEA(K,LX)=NEA1(I)
(0536) 202  DO 203 J=1,K
(0537)      IF(LEEA(J,LX).EQ.NEA2(I)) GOTO 198
(0538) 203  CONTINUE
(0539)      K=K+1
(0540)      LEEA(K,LX)=NEA2(I)

```


C

```

(0541) 17F CONTINUE
(0542) KXP=K
(0543) DO 1 I=1,KXP
(0544) DO 1 J=1,KXP
(0545) 1 YPR(I,J,LX)=0.
(0546) C
(0547) C CONSTRUCCION DE LA MATRIZ ADMITANCIA DE BARRA DE SECUENCIA SIN
(0548) C ACOPLER MUTUOS.
(0549) C
(0550) 197 NT=0
(0551) DO 39 I=1,NE
(0552) MAUX=0
(0553) IF (NACOP.EQ.0) GOTO 204
(0554) DO 205 K=1,KXP
(0555) IF (LEEA(K,LX).EQ.NEL(I,LX)) GOTO 207
(0556) 205 CONTINUE
(0557) GOTO 204
(0558) 207 MAUX=1
(0559) 204 GL=0.
(0560) BL=0.
(0561) C
(0562) C LINEAS Y GENERADORES.
(0563) C
(0564) IF (BK(I).GT.0) GOTO 40
(0565) IF (NP(I,LX).EQ.0) GOTO 41
(0566) AUX=RR(I,LX)**2+XX(I,LX)**2
(0567) GL=RR(I,LX)/AUX
(0568) BL=-XX(I,LX)/AUX
(0569) SUS1=SS(I)/2
(0570) SJS2=SUS1
(0571) IF (LX.EQ.2) SUS1=0.
(0572) IF (LX.EQ.2) SUS2=0.
(0573) GOTO 42
(0574) C
(0575) C CAPACITORES Y REACTORES.
(0576) C
(0577) 41 SUS1=RR(I,LX)/BASE
(0578) IF (LX.EQ.2) SUS1=-1/XX(I,LX)
(0579) RR(I,LX)=0.
(0580) XX(I,LX)=-1/SUS1
(0581) GOTO 42
(0582) C
(0583) C TRANSFORMADORES.
(0584) C
(0585) 40 TPQ=BK(I)/SS(I)
(0586) AUX=-(100/RR(I,LX))*(BASE/XX(I,LX))
(0587) BL=AUX*TPQ
(0588) RR(I,LX)=0.
(0589) XX(I,LX)=-1/BL
(0590) SUS1=(TPQ-1)*AUX*TPQ
(0591) SUS2=(1-TPQ)*AUX
(0592) IF (LX.EQ.2) SUS1=0.
(0593) IF (LX.EQ.2) SUS2=0.
(0594) 42 IF (MAUX.EQ.0) GOTO 206
(0595) C
(0596) C SE SACA LOS ELEMENTOS ACOPLADOS PARA INCLUIRLOS DESPUES EN LA MATRIZ
(0597) C YBARRA.
(0598) C
(0599) GL=0.
(0600) BL=0.

```

```

(0601)      IF(NP(I,LX).NE.0) GOTO 206
(0602)      SUS1=0.
(0603)      C
(0604)      C  CONSTRUCCION DE LOS ELEMENTOS FUERA DE LA DIAGONAL PRINCIPAL DE
(0605)      C  YBARRA.
(0606)      C
(0607)  206  IF(NP(I,LX).EQ.0) GOTO 43
(0608)      IF(NT.EQ.0) GOTO 53
(0609)      DO 54 J=1,NT
(0610)      IF((NP(I,LX).EQ.ISEND(J,LX).AND.NQ(I,LX).EQ.IREC(J,LX)).OR.
(0611)  * (NQ(I,LX).EQ.ISEND(J,LX).AND.NP(I,LX).EQ.IREC(J,LX))) GOTO 55
(0612)  54  CONTINUE
(0613)      GOTO 53
(0614)  55  G(J,LX)=G(J,LX)+GL
(0615)      B(J,LX)=B(J,LX)+BL
(0616)      SUS(J)=SUS(J)+SUS1
(0617)      J=J+1
(0618)      G(J,LX)=G(J,LX)+GL
(0619)      B(J,LX)=B(J,LX)+BL
(0620)      SUS(J)=SUS(J)+SUS2
(0621)      GOTO 39
(0622)  53  NT=NT+1
(0623)      IF(NT.GT.50000) GOTO 45
(0624)      G(NT,LX)=GL
(0625)      B(NT,LX)=BL
(0626)      SUS(NT)=SUS1
(0627)      IREC(NT,LX)=NQ(I,LX)
(0628)      ISEND(NT,LX)=NP(I,LX)
(0629)      NT=NT+1
(0630)      IF(NT.GT.50000) GOTO 45
(0631)      G(NT,LX)=GL
(0632)      B(NT,LX)=BL
(0633)      SUS(NT)=SUS2
(0634)      ISEND(NT,LX)=NQ(I,LX)
(0635)      IREC(NT,LX)=NP(I,LX)
(0636)      GOTO 39
(0637)  43  NN=NQ(I,LX)
(0638)      IF(NT.EQ.0) GOTO 194
(0639)      DO 195 J=1,NT
(0640)      IF(NN.EQ.ISEND(J,LX).AND.NN.EQ.IREC(J,LX)) GOTO 196
(0641)  195  CONTINUE
(0642)      GOTO 194
(0643)  196  G(J,LX)=G(J,LX)+GL
(0644)      B(J,LX)=B(J,LX)+BL
(0645)      SUS(J)=SUS(J)+SUS1
(0646)      GOTO 39
(0647)  194  NT=NT+1
(0648)      IF(NT.GT.50000) GOTO 45
(0649)      G(NT,LX)=GL
(0650)      B(NT,LX)=BL
(0651)      SUS(NT)=SUS1
(0652)      ISEND(NT,LX)=NN
(0653)      IREC(NT,LX)=NN
(0654)      NBUS(NN,LX)=NN
(0655)  39  CONTINUE
(0656)      C
(0657)      C  CREACION DE MEMORIA EN LA DIAGONAL DE YBARRA PARA LAS BARRAS QUE NO
(0658)      C  SE HAN TOMADO EN CUENTA TODAVIA.
(0659)      C
(0660)      DO 44 I=1,NB

```

```

(0661)      IP=LBAR(I,LX)
(0662)      IF(NBUS(IP,LX).EQ.IP) GOTO 44
(0663)      NT=NT+1
(0664)      IF(NT.GT.50000) GOTO 45
(0665)      ISEND(NT,LX)=IP
(0666)      IREC(NT,LX)=IP
(0667)      G(NT,LX)=0.
(0668)      B(NT,LX)=0.
(0669)      SUS(NT)=0.
(0670)  44  CONTINUE
(0671)      GOTO 46
(0672)  45  WRITE(JW,526)
(0673)  526  FORMAT(//10X,'ERROR, SE EXCEDIO LA CAPACIDAD DE MEMORIA PARA ALMAC
(0674)      *ENAR LA MATRIZ ADMIT. DE BARRA?')
(0675)      GOTO 1000
(0676)  C
(0677)  C  ORDENAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE YBARRA DE ACUERDO A LAS FILAS.
(0678)  C
(0679)  46  IP=NT-1
(0680)      DO 47 I=1,IP
(0681)      JP=I+1
(0682)      DD 47 J=JP,NT
(0683)      IF(ISEND(I,LX).LE.ISEND(J,LX)) GOTO 47
(0684)      L=ISEND(I,LX)
(0685)      M=IREC(I,LX)
(0686)      GL=G(I,LX)
(0687)      BL=B(I,LX)
(0688)      SUS1=SUS(I)
(0689)      ISEND(I,LX)=ISEND(J,LX)
(0690)      IREC(I,LX)=IREC(J,LX)
(0691)      G(I,LX)=G(J,LX)
(0692)      B(I,LX)=B(J,LX)
(0693)      SUS(I)=SUS(J)
(0694)      ISEND(J,LX)=L
(0695)      IREC(J,LX)=M
(0696)      G(J,LX)=GL
(0697)      B(J,LX)=BL
(0698)      SUS(J)=SUS1
(0699)  47  CONTINUE
(0700)  C
(0701)  C  CONSTRUCCION DE LOS ELEMENTOS DE LA DIAGONAL PRINCIPAL DE YBARRA.
(0702)  C
(0703)      J=1
(0704)      DO 48 I=1,NB
(0705)      N=0
(0706)      GL=0.
(0707)      BL=0.
(0708)      DO 49 L=J,NT
(0709)      IF(ISEND(L,LX).NE.LBAR(I,LX)) GOTO 49
(0710)      N=N+1
(0711)      GL=GL+G(L,LX)
(0712)      BL=BL+B(L,LX)+SUS(L)
(0713)      G(L,LX)=-G(L,LX)
(0714)      B(L,LX)=-B(L,LX)
(0715)      IF(ISEND(L,LX).NE.IREC(L,LX)) GOTO 49
(0716)      M=L
(0717)  49  CONTINUE
(0718)      G(M,LX)=GL
(0719)      B(M,LX)=BL
(0720)      NBUS(I,LX)=N

```

```

(0721) 48      J=J+N
(0722) C
(0723) C      ORDENAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE YBARRA DE ACUERDO A LAS COLUMNAS.
(0724) C
(0725)        DO 52 I=1,IP
(0726)        KP=I+1
(0727)        DO 52 K=KP,NT
(0728)        IF (ISEND(I,LX).NE.ISEND(K,LX)) GOTO 52
(0729)        IF (IREC(I,LX).LE.IREC(K,LX)) GOTO 52
(0730)        L=IREC(I,LX)
(0731)        GL=G(I,LX)
(0732)        BL=B(I,LX)
(0733)        SUS1=SUS(I)
(0734)        IREC(I,LX)=IREC(K,LX)
(0735)        G(I,LX)=G(K,LX)
(0736)        B(I,LX)=B(K,LX)
(0737)        SUS(I)=SUS(K)
(0738)        IREC(K,LX)=L
(0739)        G(K,LX)=GL
(0740)        B(K,LX)=BL
(0741)        SUS(K)=SUS1
(0742) 52      CONTINUE
(0743)        IF (NACOP.EQ.0) GOTO 109
(0744) C
(0745) C      INCLUSION DE LOS ACOPLES MUTUOS EN LA MATRIZ YBARRA DE SECUENCIA.
(0746) C
(0747)        DO 78 I=1,NACOP
(0748) 78      IND(I)=0
(0749)        IX=0
(0750)        JX=0
(0751)        L=0
(0752) 108     L=L+1
(0753) C
(0754) C      CONSTRUCCION DE LA LISTA DE ELEMENTOS ACOPLADOS.
(0755) C
(0756)        DO 79 I=1,NACOP
(0757)        IF (IND(I).EQ.0) GOTO 80
(0758) 79      CONTINUE
(0759)        GOTO 109
(0760) 80      LEA(1)=NEA1(I)
(0761)        K=1
(0762)        IP=NACOP+1
(0763)        DO 81 I=2,IP
(0764) 81      LEA(I)=0
(0765)        DO 82 M=1,IP
(0766)        IF (LEA(M).EQ.0) GOTO 83
(0767)        DO 82 I=1,NACOP
(0768)        IF (IND(I).NE.0) GOTO 82
(0769)        IF (LEA(M).NE.NEA1(I)) GOTO 84
(0770)        K=K+1
(0771)        LEA(K)=NEA2(I)
(0772)        IND(I)=L
(0773)        GOTO 82
(0774) 84      IF (LEA(M).NE.NEA2(I)) GOTO 82
(0775)        K=K+1
(0776)        LEA(K)=NEA1(I)
(0777)        IND(I)=L
(0778) 82      CONTINUE
(0779) 83      DO 85 I=1,K
(0780)        DO 85 J=1,K

```

```

(0781) R5    YP(I,J)=0.
(0782) C
(0783) C    CONSTRUCCION DE LA LISTA DE BARRAS AFECTADAS POR ACOPLAMIENTOS MUTUOS.
(0784) C
(0785)      DO 209 I=1,K
(0786)      DO 86 J=1,NE
(0787)      IF(LEA(I).NE.NEL(J,LX)) GOTO 86
(0788)      IF(NP(J,LX).NE.0) GOTO 212
(0789)      DO 147 KPX=1,NT
(0790)      IF(NQ(J,LX).EQ.ISEND(KPX,LX).AND.NQ(J,LX).EQ.IREC(KPX,LX)) GOTO 135
(0791) 147   CONTINUE
(0792) 135   SUS(KPX)=SUS(KPX)-1./XX(J,LX)
(0793) 212   LBA(I*2-1)=NP(J,LX)
(0794)      LBA(I*2)=NQ(J,LX)
(0795)      YP(I,I)=CMPLX(RR(J,LX),XX(J,LX))
(0796)      GOTO 209
(0797) 86    CONTINUE
(0798) 209   CONTINUE
(0799)      MBA=1
(0800)      LAD(1)=LBA(1)
(0801)      IF(LAD(1).EQ.0) LAD(1)=LBA(2)
(0802)      N=K*2
(0803)      DO 87 I=1,N
(0804)      DO 88 J=1,MBA
(0805)      IF(LAD(J).EQ.LBA(I).OR.LBA(I).EQ.0) GOTO 87
(0806) 88    CONTINUE
(0807)      MBA=MBA+1
(0808)      LAD(MBA)=LBA(I)
(0809) 87    CONTINUE
(0810) C
(0811) C    CONSTRUCCION DE LA MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE LOS ELEMENTOS
(0812) C    ACOPLADOS.
(0813) C
(0814)      DO 89 I=1,K
(0815)      DO 89 J=1,K
(0816)      IF(I.EQ.J) GOTO 89
(0817)      DO 91 M=1,NACOP
(0818)      IF(IND(M).NE.L) GOTO 91
(0819)      IF((LEA(I).EQ.NEA1(M).AND.LEA(J).EQ.NEA2(M)).OR.(LEA(I).EQ.NEA2(M)
(0820) *AND.LEA(J).EQ.NEA1(M))) GOTO 90
(0821)      GOTO 91
(0822) 90    YP(I,J)=ZAC(M)
(0823)      GOTO 89
(0824) 91    CONTINUE
(0825) 89    CONTINUE
(0826) C
(0827) C    INVERSION DE LA MATRIZ PRIMITIVA DE ELEMENTOS ACOPLADOS.
(0828) C
(0829)      CALL INVERS(K)
(0830)      JXP=JX
(0831)      DO 92 I=1,K
(0832)      IX=IX+1
(0833)      LEEA(IX,LX)=LEA(I)
(0834)      NPA(IX,LX)=LBA(I*2-1)
(0835)      NQA(IX,LX)=LBA(I*2)
(0836)      JX=JXP
(0837)      DO 92 J=1,K
(0838)      JX=JX+1
(0839) 92    YPR(IX,JX,LX)=YP(I,J)
(0840) C

```

```

(0841) C   CONSTRUCCION DE LA MATRIZ ADMIT. DE BARRA PRIMITIVA.
(0842) C
(0843)     DO 93 I=1,K
(0844)     M=I*2-1
(0845)     N=I*2
(0846)     DO 93 J=1,K
(0847)     MP=J*2-1
(0848)     MQ=J*2
(0849)     YBP(M,MP)=YP(I,J)
(0850)     YBP(M,MQ)=-YP(I,J)
(0851)     YBP(N,MP)=-YP(I,J)
(0852) 43  YBP(N,MQ)=YP(I,J)
(0853) C
(0854) C   INCLUSION DE LOS ACOPLES MUTUOS EN LA MATRIZ YBARRA DE SECUENCIA.
(0855) C
(0856)     DO 95 J=1,MBA
(0857)     IP=0
(0858)     IQ=1
(0859)     DO 96 I=1,NB
(0860)     IP=IP+NBUS(I,LX)
(0861)     IF(LAD(J).EQ.ISEND(IQ,LX)) GOTO 97
(0862) 96  IQ=IQ+NBUS(I,LX)
(0863) 97  DO 98 M=1,MBA
(0864)     DO 99 N=IQ,IP
(0865)     IF(LAD(M).EQ.IREC(N,LX)) GOTO 98
(0866)     IF(LAD(M).LT.IREC(N,LX)) GOTO 100
(0867) 99  CONTINUE
(0868)     N=N+1
(0869) 100 NT=NT+1
(0870)     IF(NT.GT.50000) GOTO 45
(0871)     JP=NT
(0872)     DO 101 KP=N,NT
(0873)     JN=JP
(0874)     JP=JP-1
(0875)     IF(KP.EQ.NT) GOTO 102
(0876)     G(JN,LX)=G(JP,LX)
(0877)     B(JN,LX)=B(JP,LX)
(0878)     SUS(JN)=SUS(JP)
(0879)     ISEND(JN,LX)=ISEND(JP,LX)
(0880)     IREC(JN,LX)=IREC(JP,LX)
(0881)     GOTO 101
(0882) 102 G(JN,LX)=0.
(0883)     B(JN,LX)=0.
(0884)     SUS(JN)=0.
(0885)     ISEND(JN,LX)=LAD(J)
(0886)     IREC(JN,LX)=LAD(M)
(0887) 101 CONTINUE
(0888)     NBUS(I,LX)=NBUS(I,LX)+1
(0889)     IP=IP+1
(0890) 98  CONTINUE
(0891) 95  CONTINUE
(0892)     IP=0
(0893)     IQ=1
(0894)     DO 103 KP=1,NB
(0895)     IP=IP+NBUS(KP,LX)
(0896)     DO 104 I=IQ,IP
(0897)     DO 105 N=1,MQ
(0898)     IF(LBA(N).NE.IREC(I,LX)) GOTO 105
(0899)     DO 107 M=1,MQ
(0900)     IF(LBA(M).NE.ISEND(IQ,LX)) GOTO 107

```

```

(0901)      G(I,LX)=G(I,LX)+REAL(YBP(M,N))
(0902)      B(I,LX)=B(I,LX)+AIMAG(YBP(M,N))
(0903)  177  CONTINUE
(0904)  175  CONTINUE
(0905)  174  CONTINUE
(0906)  103  IQ=IQ+NEUS(KP,LX)
(0907)      GOTO 108
(0908)  109  DO 110 I=1,NE
(0909)      AJX=RR(I,LX)**2+XX(I,LX)**2
(0910)      RR(I,LX)=RR(I,LX)/AUX
(0911)  110  XX(I,LX)=-XX(I,LX)/AUX
(0912)      IF(NACOP.EQ.0) GOTO 116
(0913)      IF(LX.EQ.1) NEAD=IX
(0914)      IF(LX.EQ.2) NEAC=IX
(0915)  C
(0916)  C  IMPRESION DE LA MATRIZ YBARRA DE SEC..
(0917)  C
(0918)  116  IF(LX.EQ.2) GOTO 60
(0919)      WRITE(JW,528)
(0920)  528  FORMAT(/40X,'YBARRA SEC. POSITIVA ',/40X,20('**'))
(0921)      GOTO 61
(0922)  60  WRITE(JW,529)
(0923)  529  FORMAT(/42X,'YBARRA SEC. CERO ',/42X,16('**'))
(0924)  61  WRITE(JW,530)
(0925)  530  FORMAT(30X,'FILA(I)',2X,'COLUMNA(J)',12X,'YBARRA(I,J)')
(0926)      DO 62 I=1,NT
(0927)  62  WRITE(JW,531),ISEND(I,LX),TREC(I,LX),G(I,LX),B(I,LX)
(0928)  531  FORMAT(31X,I4,7X,I4,10X,F10.5,'+J',F10.5)
(0929)      IF(NUMIN.EQ.1.OR.LX.EQ.2) GOTO 117
(0930)      GOTO 115
(0931)  C
(0932)  C  LECTURA Y DETECCION DE ERRORES DE LOS DATOS DE GENERACION Y CARGA
(0933)  C  DE LAS BARRAS DE SECUENCIA POSITIVA.
(0934)  C
(0935)  117  NB=NB*(1)
(0936)      NS=0
(0937)      NXP=0
(0938)      WRITE(JW,560)
(0939)  560  FORMAT('1',/35X,'VOLTAJES INICIALES, GENERACION Y CARGA',/35X,
(0940)  *38('**'),/35X,38('**'))
(0941)  141  DO 119 I=1,NB
(0942)      READ(IW,543) K,INDIC,VC(K),SS(K),BK(K),ZBUSD(K),QMAX(K),QMIN(K)
(0943)  543  FORMAT(I3,A2,7F10.5)
(0944)      IF(INDIC.NE.SLACK.AND.INDIC.NE.VAC) GOTO 140
(0945)      IF(INDIC.EQ.SLACK) NS=K
(0946)      GOTO 139
(0947)  140  WRITE(JW,553)
(0948)  553  FORMAT(/10X,'ERROR, EL INDICADOR DE BARRA SLACK ESTA MAL')
(0949)      GOTO 1000
(0950)  139  PGK=SS(K)
(0951)      QGK=BK(K)
(0952)      PLK=REAL(ZBUSD(K))
(0953)      QLK=AIMAG(ZBUSD(K))
(0954)      DO 122 J=1,NB
(0955)      IF(K.EQ.LBAR(J,1)) GOTO 123
(0956)  122  CONTINUE
(0957)      GOTO 124
(0958)  123  IF(VC(K).LT.0.) GOTO 133
(0959)      IF(VC(K).GT.0..AND.QMAX(K).EQ.0..AND.K.NE.NS) GOTO 138
(0960)      IF(VC(K).EQ.0..AND.(QMAX(K).GT.0..OR.QMIN(K).GT.0.)) GOTO 219

```

C

```

(0961)      NODE(K)=3
(0962)      IF(K.NE.NS.AND.VC(K).GT.0.) NODE(K)=2
(0963)      IF(K.EG.NS) NODE(K)=1
(0964)      VD(K)=VC(K)
(0965)      IF(VC(K).NE.0..OR.PGK.NE.0..OR.QGK.NE.0.) GOTO 340
(0966)      GOTO 119
(0967)  340  NXP=NXP+1
(0968)      IF(NXP.GT.200) GOTO 148
(0969)      LAD(NXP)=K
(0970)  119  CONTINUE
(0971)      GOTO 129
(0972)  124  WRITE(JW,546) K
(0973)  546  FORMAT(/10X,'ERROR, LA BARRA:',I4,' NO EXISTE EN LA LISTA DE BARR
(0974)      *AS DE SEC. POSITIVA')
(0975)      GOTO 1000
(0976)  133  WRITE(JW,554) K
(0977)  554  FORMAT(/10X,'ERROR, LA BARRA:',I4,' TIENE UN VOLTAJE MENOR QUE CE
(0978)      *RO')
(0979)      GOTO 1000
(0980)  158  WRITE(JW,555) K
(0981)  555  FORMAT(/10X,'ERROR, LA BARRA DE VOT. CONTROLADO:',I4,' TIENE EL Q
(0982)      *MAX IGUAL A CERO')
(0983)      GOTO 1000
(0984)  148  WRITE(JW,542)
(0985)  542  FORMAT(/10X,'ERROR, EL NUMERO DE BARRAS DE GENERACION EXCEDE LA C
(0986)      *APACIDAD DEL PROGRAMA')
(0987)      GOTO 1000
(0988)  219  WRITE(JW,544) K
(0989)  544  FORMAT(/10X,'ERROR, LA BARRA DE CARGA O SLACK:',I4,' TIENE CONDIC
(0990)      *ION DE QMAX Y QMIN')
(0991)      GOTO 1000
(0992)  129  DO 130 I=1,NB
(0993)      K=LBAR(I,1)
(0994)      SS(K)=SS(K)/BASE
(0995)      BK(K)=BK(K)/BASE
(0996)      QMAX(K)=QMAX(K)/BASE
(0997)      QMIN(K)=QMIN(K)/BASE
(0998)  130  ZBUSD(K)=ZBUSD(K)/BASE
(0999)      DO 991 I=1,NB
(1000)      IP=LBAR(I,1)
(1001)      IF(REAL(ZBUSD(IP)).NE.0..OR.AIMAG(ZBUSD(IP)).NE.0.) GOTO 992
(1002)  991  CONTINUE
(1003)      DO 993 I=1,NB
(1004)      IP=LBAR(I,1)
(1005)      IF(SS(IP).NE.0..OR.BK(IP).NE.0..OR.QMIN(IP).NE.0.) GOTO 994
(1006)  993  CONTINUE
(1007)      GOTO 992
(1008)  994  WRITE(JW,996)
(1009)  996  FORMAT(/10X,'COMO NO EXISTEN CARGAS LAS POTENCIAS DE GENERACION Y
(1010)      * LOS LIMITES INFERIORES DE GENERACION DE REACTIVOS',/10X,
(1011)      *'DEBEN SER CERO, POR LO TANTO EL PROGRAMA LES ASIGNARA ESE VALOR')
(1012)      DO 995 I=1,NB
(1013)      IP=LBAR(I,1)
(1014)      SS(IP)=0.
(1015)      BK(IP)=0.
(1016)  995  QMIN(IP)=0.
(1017)  C
(1018)  C DETERMINACION DE LAS CONDICIONES INICIALES DE VOLTAJE DEL CIRCUITO
(1019)  C DE SECUENCIA POSITIVA.
(1020)  C

```



```

(1021) 992 DO 142 I=1,NB
(1022) IP=LBAR(I,1)
(1023) DELTA0(IP)=0.
(1024) IF(IP.EQ.NS) GOTO 142
(1025) QMAX(IP)=QMAX(IP)-AIMAG(ZBUSD(IP))
(1026) QMIN(IP)=QMIN(IP)-AIMAG(ZBUSD(IP))
(1027) SS(IP)=SS(IP)-REAL(ZBUSD(IP))
(1028) IF(NODE(IP).EQ.2) GOTO 142
(1029) BK(IP)=BK(IP)-AIMAG(ZBUSD(IP))
(1030) V0(IP)=1.
(1031) 142 CONTINUE
(1032) CALL SOLVE(NB,V0,DELTA0,NS,CON(1),NAD,JW,NTELS(1),ITER,0)
(1033) IF(NAD.EQ.0) GOTO 1000
(1034) DO 137 I=1,NB
(1035) IP=LBAR(I,1)
(1036) SS(IP)=SS(IP)+REAL(ZBUSD(IP))
(1037) BK(IP)=BK(IP)+AIMAG(ZBUSD(IP))
(1038) IF(IP.EQ.NS) GOTO 137
(1039) QMAX(IP)=QMAX(IP)+AIMAG(ZBUSD(IP))
(1040) QMIN(IP)=QMIN(IP)+AIMAG(ZBUSD(IP))
(1041) 137 CONTINUE
(1042) C
(1043) C IMPRESION DE LAS CONDICIONES INICIALES DE VOLTAJE, POTENCIAS DE
(1044) C GENERACION Y CARGA.
(1045) C
(1046) 136 WRITE(JW,550)
(1047) 550 FORMAT(/ /32X,'VOLTAJE INICIAL',15X,'GENERACION',20X,'CARGA',
(1048) */16X,'BARRA K',9X,'V0',8X,'DELTA0',11X,
(1049) *'PGK',10X,'QGK',12X,'PLK',10X,'QLK',
(1050) */32X,'PU',9X,'GRAD',2(13X,'MW',9X,'MVAR'))
(1051) DO 57 I=1,NB
(1052) K=LBAR(I,1)
(1053) SS(K)=SS(K)*BASE
(1054) BK(K)=BK(K)*BASE
(1055) ZBUSD(K)=ZBUSD(K)*BASE
(1056) DELTA0(K)=DELTA0(K)*{(180/3.141593)}
(1057) WRITE(JW,551) K,V0(K),DELTA0(K),SS(K),BK(K),ZBUSD(K)
(1058) 551 FORMAT(18X,I4,3(5X,F10.5,3X,F10.5))
(1059) SS(K)=SS(K)/BASE
(1060) BK(K)=BK(K)/BASE
(1061) DELTA0(K)=DELTA0(K)*{(3.141593/180)}
(1062) 57 ZBUSD(K)=ZBUSD(K)/BASE
(1063) WRITE(JW,800) ITER
(1064) 800 FORMAT(/40X,'NUMERO DE ITERACIONES=',F6.2)
(1065) C
(1066) C INCLUSION DE LAS CARGAS EN LA MATRIZ YBARRA DE SECUENCIA POSITIVA.
(1067) C
(1068) J=0
(1069) DO 145 I=1,NB
(1070) IP=LBAR(I,1)
(1071) N=NBUS(I,1)
(1072) NAUX=0
(1073) DO 145 M=1,N
(1074) J=J+1
(1075) IF(NAUX.EQ.1) GOTO 145
(1076) IF(IP.EQ.ISEND(J,1).AND.IP.EQ.IREC(J,1)) GOTO 146
(1077) GOTO 145
(1078) 145 G(J,1)=G(J,1)+REAL(ZBUSD(IP))/(V0(IP)**2)
(1079) B(J,1)=B(J,1)-AIMAG(ZBUSD(IP))/(V0(IP)**2)
(1080) NAUX=1

```

```

(1081) 145 CONTINUE
(1082) C
(1083) C DEFINICION DE LOS GENERADORES COMO FUENTES DE TENSION FIJA PARA
(1084) C LOS FLUJOS DE CARGA CON LA IMPED. FICTICIA ZS.
(1085) C
(1086) DO 208 I=1,NXP
(1087) IP=LAD(I)
(1088) IF(IP.EQ.NS) GOTO 208
(1089) NODE(IP)=2
(1090) VC(IP)=V0(IP)
(1091) DELTAC(IP)=DELTA0(IP)
(1092) 208 CONTINUE
(1093) C
(1094) C CONSTRUCCION DE UNA LISTA DE BARRAS PARA EL CALCULO DE VOLTAJES Y
(1095) C CORRIENTES DE FALLA.
(1096) C
(1097) NBUSS=NR(1)
(1098) DO 300 I=1,NBUSS
(1099) IP=LBAR(I,1)
(1100) EIN(I)=PAR(V0(IP),DELTA0(IP))
(1101) 300 LBUS(I)=IP
(1102) 305 DO 301 I=1,NBUSS
(1103) DO 301 J=1,NXP
(1104) IF(LBUS(I).EQ.LAD(J)) GOTO 302
(1105) 301 CONTINUE
(1106) GOTO 303
(1107) 302 NBUSS=NBUSS-1
(1108) DO 304 J=1,NBUSS
(1109) JP=J+1
(1110) EIN(J)=EIN(JP)
(1111) 304 LBUS(J)=LBUS(JP)
(1112) GOTO 305
(1113) 303 DO 306 I=1,700
(1114) 306 NXD(I)=0
(1115) DO 307 I=1,NBUSS
(1116) 307 NXD(LBUS(I))=I
(1117) C
(1118) C CONSTRUCCION DE LA MATRIZ ADMITANCIA PRIMITIVA DE ELEMENTOS NO ACPLADOS.
(1119) C
(1120) NTELM=NTELS(1)
(1121) IF(NUMIN.EQ.1) GOTO 315
(1122) NE=NTELS(2)
(1123) NB=NR(1)
(1124) DO 330 I=1,NB
(1125) IP=LBAR(I,1)
(1126) 330 ZBUSC(I)=CPLX(SS(IP),BK(IP))
(1127) DO 308 I=1,NE
(1128) SS(I)=RR(I,2)
(1129) 308 BK(I)=XX(I,2)
(1130) DO 310 I=1,NTELM
(1131) DO 311 J=1,NE
(1132) IF(NEL(I,1).EQ.NEL(J,2)) GOTO 312
(1133) 311 CONTINUE
(1134) XX(I,2)=0.
(1135) RR(I,2)=0.
(1136) GOTO 310
(1137) 312 RR(I,2)=SS(J)
(1138) XX(I,2)=BK(J)
(1139) 310 CONTINUE
(1140) DO 314 I=1,NE

```

```

(1141)      DO 313 J=1,NTELM
(1142)      IF (NEL(I,2).EQ.NEL(J,1)) GOTO 314
(1143) 313  CONTINUE
(1144)      NTFLM=NTELM+1
(1145)      K=NTELM
(1146)      NEL(K,1)=NFL(I,2)
(1147)      VP(K,1)=NP(I,2)
(1148)      VQ(K,1)=NQ(I,2)
(1149)      RR(K,1)=0.
(1150)      XX(K,1)=0.
(1151)      RR(K,2)=SS(I)
(1152)      XX(K,2)=BK(I)
(1153) 314  CONTINUE
(1154)      DO 331 I=1,NB
(1155)      IP=LBAR(I,1)
(1156)      SS(IP)=REAL(ZBUSC(I))
(1157) 331  BK(IP)=AIMAG(ZBUSC(I))
(1158)      GOTO 152
(1159) 315  DO 316 I=1,NTELM
(1160)      RR(I,2)=0.
(1161) 315  XX(I,2)=0.
(1162)  C
(1163)  C  LECTURA Y DETECCION DE ERRORES. DE LOS DATOS DE FALLA Y DE LOS
(1164)  C  INDICADORES DE IMPRESION.
(1165)  C
(1166) 152  READ(IW,562) NBF,N3FT,N3F,N2F,N2FT,N1FT,ZF,ZG
(1167) 562  FORMAT(I5.5(1X,A2),4F10.5)
(1168)      IF(NBF.EQ.10000) GOTO 900
(1169)      WRITE(JW,563) NBF
(1170) 563  FORMAT('1',//40X,'*ANALISIS DE FALLA EN LA BARRA:',I4,/,40X,
(1171)  *35('**'),/40X,35('**'))
(1172)      CONT=CONT+4
(1173)      READ(IW,217) INDO,IND1,IND2,IND3,NBAIM
(1174) 217  FORMAT(5I5)
(1175)      IF(IND3.EQ.0) GOTO 114
(1176)      DO 131 MX=1,NBAIM
(1177) 131  READ(IW,118) LBAIM(MX)
(1178) 118  FORMAT(I5)
(1179) 114  IF((IND0.EQ.0.OR.IND0.EQ.1).AND.(IND1.EQ.1.OR.IND1.EQ.11.OR.IND1
(1180)  *.EQ.0).AND.(IND2.EQ.2.OR.IND2.EQ.22.OR.IND2.EQ.0).AND.(IND3.EQ.
(1181)  *3.OR.IND3.EQ.33.OR.IND3.EQ.0)) GOTO 150
(1182)      WRITE(JW,541)
(1183) 541  FORMAT('//10X,'*ERROR, POR LO MENOS UN INDICADOR DE IMPRESION NO EST
(1184)  *A BIEN*)
(1185)      GOTO 152
(1186) 150  DO 220 I=1,NXP
(1187)      IF(NBF.EQ.LAD(I)) GOTO 221
(1188) 220  CONTINUE
(1189)      GOTO 213
(1190) 221  WRITE(JW,599)
(1191) 599  FORMAT('//10X,'*ERROR, EN ESA BARRA NO SE PUEDE SIMULAR UNA FALLA PO
(1192)  *RQUE EN LA REALIDAD NO EXISTE,',/10X,'*YA QUE ESTA DETRAS DE LA IMP
(1193)  *ED. TRANSITORIA DE UN GENERADOR*)
(1194)      GOTO 152
(1195) 213  NB=NBR(1)
(1196)      DO 153 I=1,NB
(1197)      IF(NBF.EQ.LBAR(I,1)) GOTO 154
(1198) 153  CONTINUE
(1199)      WRITE(JW,564) NBF
(1200) 564  FORMAT('//10X,'*ERROR, LA BARRA:',I4,'* NO EXISTE EN EL CIRCUITO DE S

```

```

(1201) *EC. POSIT., POR LO TANTO*,/10X,*NO SE PUEDE SIMULAR NINGUNA FALLA
(1202) *EN ESTA BARRA*)
(1203) GOTO 152
(1204) 154 IF((N3FT.EQ.SI.OR.N3FT.EQ.NO).AND.(N3F.EQ.SI.OR.N3F.EQ.NO).AND.
(1205) *(N2F.EQ.SI.OR.N2F.EQ.NO).AND.(N2FT.EQ.SI.OR.N2FT.EQ.NO).AND.
(1206) *(N1FT.EQ.SI.OR.N1FT.EQ.NO)) GOTO 155
(1207) WRITE(JW,565)
(1208) 565 FORMAT(/10X,*ERROR, UNO DE LOS INDICADORES DE FALLA ESTA MAL*)
(1209) GOTO 152
(1210) 155 IF(N2FT.EQ.NO.AND.N1FT.EQ.NO) GOTO 156
(1211) IF(NUMIN.EQ.0) GOTO 144
(1212) WRITE(JW,561)
(1213) 561 FORMAT(/10X,*ERROR, NUMIN NOS INDICA QUE NO EXISTEN FALLAS A TIER
(1214) *RA SINEMBARGO LOS INDIC. DE FALLA*,/10X,*DICEN LO CONTRARIO*)
(1215) GOTO 152
(1216) 144 NB=NBR(2)
(1217) DO 157 I=1,NB
(1218) IF(NBF.EQ.LBAR(I,2)) GOTO 156
(1219) 157 CONTINUE
(1220) IF(N2FT.EQ.NO) GOTO 56
(1221) WRITE(JW,566) NBF
(1222) 566 FORMAT(/10X,*EN LA BARRA:*,I4,* NO SE PUEDE SIMULAR UNA FALLA DOS
(1223) * FASES TIERRA*,/10X,*YA QUE ESTA BARRA NO EXISTE EN EL CIRCUITO D
(1224) *E SEC. CERO*,/10X,*POR LO TANTO EL PROGRAMA ANALIZARA UNA FALLA D
(1225) *OS FASES EN REEMPLAZO DE ESTA.*)
(1226) CONT=CONT+4
(1227) N2F=SI
(1228) N2FT=NO
(1229) 56 IF(N1FT.EQ.NO) GOTO 156
(1230) WRITE(JW,567) NBF
(1231) 567 FORMAT(/10X,*EN LA BARRA:*,I4,* NO SE PUEDE ANALIZAR UNA FALLA FA
(1232) *SE-TIERRA*,/10X,*YA QUE NO EXISTE DICHA BARRA EN SEC. CERO.*)
(1233) CONT=CONT+3
(1234) N1FT=NO
(1235) 156 IF(N3FT.EQ.SI.OR.N3F.EQ.SI.OR.N2F.EQ.SI.OR.N2FT.EQ.SI.OR.N1FT.EQ.
(1236) *SI) GOTO 160
(1237) WRITE(JW,568)
(1238) 568 FORMAT(/10X,*ERROR, TODOS LOS INDICADORES DE FALLA SON "NO"*)
(1239) GOTO 152
(1240) 160 NB=NBR(1)
(1241) C
(1242) C CONSTRUCCION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. POSITIVA.
(1243) C
(1244) ZS=(0.,2.)
(1245) YS=1/ZS
(1246) J=0
(1247) MX=0
(1248) C
(1249) C DEFINICION DE LOS VOLTAJES INICIALES PARA EL CALCULO DE FLUJOS CON
(1250) C IMPED. ZS.
(1251) C
(1252) DO 167 I=1,NB
(1253) IP=LBAR(I,1)
(1254) N=NBUS(I,1)
(1255) V(IP)=1.
(1256) DELTA(IP)=0.
(1257) IF(NODE(IP).EQ.2) V(IP)=VC(IP)
(1258) IF(NODE(IP).EQ.2) DELTA(IP)=DELTAC(IP)
(1259) IF(IP.EQ.NS) V(IP)=VO(IP)
(1260) IF(MX.EQ.1) GOTO 167

```

C.

PA

```

(1261) C
(1262) C   INTRODUCCION DE ZS EN LA MATRIZ ADMITANCIA DE BARRA DE SEC. POSITIVA.
(1263) C
(1264)     DO 168 M=1,N
(1265)     J=J+1
(1266)     IF (ISEND(J,1).EQ.NBF.AND.IREC(J,1).EQ.NBF) GOTO 169
(1267) 168  CONTINUE
(1268)     GOTO 167
(1269) 169  B(J,1)=B(J,1)+AIMAG(YS)
(1270)     G(J,1)=G(J,1)+REAL(YS)
(1271)     MX=1
(1272) 167  CONTINUE
(1273) C
(1274) C   FLUJO DE CARGA CON IMPEDANCIA ZS INCLUIDA.
(1275) C
(1276)     CALL SOLVE(NB,V,DELTA,NS,CON(1),NAD,JW,NTLS(1),ITER,1)
(1277)     J=0
(1278) C
(1279) C   SE SACA LA IMPED. ZS DE LA MATRIZ ADMIT. DE BARRA.
(1280) C
(1281)     DO 170 I=1,NB
(1282)     N=NBUS(I,1)
(1283)     DO 170 M=1,N
(1284)     J=J+1
(1285)     IF (ISEND(J,1).EQ.NBF.AND.IREC(J,1).EQ.NBF) GOTO 171
(1286) 170  CONTINUE
(1287) 171  G(J,1)=G(J,1)-REAL(YS)
(1288)     B(J,1)=B(J,1)-AIMAG(YS)
(1289)     IF (NAD.EQ.0) GOTO 152
(1290) C
(1291) C   CALCULO DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. POSITIVA.
(1292) C
(1293)     EPS=PAR(V(NBF),DELTA(NBF))
(1294)     DO 164 I=1,NBUSD
(1295)     IP=LBUS(I)
(1296)     EIO=PAR(VO(IP),DELTAO(IP))
(1297)     EIS=PAR(V(IP),DELTA(IP))
(1298)     ZBUSD(I)=(ZS/EPS)*(EIO-EIS)
(1299) 164  CONTINUE
(1300)     IF (N1FT.EQ.NO.AND.N2FT.EQ.NO) GOTO 200
(1301) C
(1302) C   CONSTRUCCION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. CERO.
(1303) C
(1304)     NB=NBR(2)
(1305) C
(1306) C   INICIALIZACION DE VALORES DE VOLTAJE PARA LOS FLUJOS DE CARGA.
(1307) C
(1308)     DO 172 I=1,NB
(1309)     IP=LBAR(I,2)
(1310)     DO 341 J=1,NXP
(1311)     IF (LAD(J).EQ.IP) GOTO 343
(1312) 341  CONTINUE
(1313)     EI(IP)=1.
(1314)     GOTO 172
(1315) 343  EI(IP)=0.
(1316) 172  CONTINUE
(1317) C
(1318) C   PROCESO ITERATIVO DE GAUSS-SEIDEL.
(1319) C
(1320)     MAXIT=500

```

```

(1321)      DO 183 K=1,MAXIT
(1322)      J=0
(1323)      DO 173 I=1,NB
(1324)      IP=LBAR(I,2)
(1325)      EIK=0.
(1326)      V(IP)=REAL(EI(IP))
(1327)      DELTA(IP)=AIMAG(EI(IP))
(1328)      N=NBUS(I,2)
(1329)      IF(IP.EQ.NBF) GOTO 174
(1330)      DO 342 MX=1,NXP
(1331)      IF(LAD(MX).EQ.IP) GOTO 174
(1332) 342  CONTINUE
(1333)      JAUX=J
(1334)      DO 175 M=1,N
(1335)      J=J+1
(1336)      IF(IP.EQ.IREC(J,2)) GOTO 176
(1337) 175  CONTINUE
(1338) 176  YII=CMPLX(G(J,2),B(J,2))
(1339)      J=JAUX
(1340)      LP=1
(1341)      DO 177 M=1,N
(1342)      J=J+1
(1343)      DO 178 L=LP,NB
(1344)      JP=LBAR(L,2)
(1345)      IF(JP.EQ.IREC(J,2)) GOTO 179
(1346) 178  CONTINUE
(1347) 179  LP=L
(1348)      IF(IP.EQ.JP) GOTO 177
(1349)      YIJ=CMPLX(G(J,2),B(J,2))
(1350)      EIK=EIK-YIJ*EI(JP)/YII
(1351) 177  CONTINUE
(1352)      EI(IP)=EIK
(1353)      GOTO 173
(1354) 174  J=J+N
(1355) 173  CONTINUE
(1356)      KX=1
(1357)  C
(1358)  C SE ENCUENTRA LA MAXIMA DIFERENCIA DE LOS VALORES DE VOLTAJE PARA HACER
(1359)  C LA PRUEBA DE CONVERGENCIA.
(1360)  C
(1361)      DO 180 I=1,NB
(1362)      IP=LBAR(I,2)
(1363)      IF(IP.EQ.NBF) GOTO 180
(1364)      EX=CMPLX(V(IP),DELTA(IP))
(1365)      DIF=CABS(EI(IP)-EX)
(1366)      IF(KX.NE.1) GOTO 181
(1367)      DMAX=DIF
(1368)      KX=0
(1369) 181  IF(DMAX.GE.DIF) GOTO 180
(1370)      DMAX=DIF
(1371) 180  CONTINUE
(1372)  C
(1373)  C PRUEBA DE CONVERGENCIA.
(1374)  C
(1375)      IF(DMAX.LE.CON(2)) GOTO 182
(1376) 183  CONTINUE
(1377)      WRITE(JW,571) MAXIT
(1378) 571  FORMAT(//10X,*ERROR, SE EXCEDIO EL NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES QU
(1379) *E ES:*,I4)
(1380)      GOTO 152

```

```

(1381) 142 J=0
(1382) C
(1383) C CALCULO DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. CERO.
(1384) C
(1385) NBD=NBR(1)
(1386) NBC=NBR(2)
(1387) NSX=NXD(NBF)
(1388) ZBUSC(NSX)=0.
(1389) DO 186 I=1,NBC
(1390) N=NBUS(I,2)
(1391) IF(LBAR(I,2).EQ.NBF) GOTO 187
(1392) 186 J=J+N
(1393) 187 IAUX=1
(1394) DO 188 M=1,N
(1395) J=J+1
(1396) DO 189 I=IAUX,NBC
(1397) IF(LBAR(I,2).EQ.IREC(J,2)) GOTO 190
(1398) 189 CONTINUE
(1399) 190 IAUX=I
(1400) YSI=CMPLX(G(J,2),B(J,2))
(1401) 188 ZBUSC(NSX)=ZBUSC(NSX)+YSI*EI(LBAR(I,2))
(1402) ZBUSC(NSX)=1/ZBUSC(NSX)
(1403) DO 191 I=1,NBUSD
(1404) IP=LBUS(I)
(1405) IF(IP.EQ.NBF) GOTO 191
(1406) DO 323 J=1,NBC
(1407) JP=LBAR(J,2)
(1408) IF(JP.EQ.IP) GOTO 324
(1409) 323 CONTINUE
(1410) ZBUSC(I)=0.
(1411) GOTO 191
(1412) 324 ZBUSC(I)=ZBUSC(NSX)*EI(JP)
(1413) 191 CONTINUE
(1414) C
(1415) C CALCULO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO E IMPRESION DE
(1416) C RESULTADOS.
(1417) C
(1418) 200 IF(INDO.EQ.0) GOTO 948
(1419) C
(1420) C IMPRESION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. POSITIVA
(1421) C
(1422) WRITE(JW,317) NBF,NBF
(1423) 317 FORMAT(///40X,'IMPED. DE BARRA DE SEC. POST. ZB(I,*,I3,*)',/40X,
(1424) *39('**'),/46X,'BARRA I',9X,'ZB(I,*,I3,*)')
(1425) DO 318 I=1,NBUSD
(1426) 318 WRITE(JW,319) LBUS(I),ZBUSD(I)
(1427) 319 FORMAT(47X,I5,4X,F10.5,'*J',F10.5)
(1428) CONT=0
(1429) IF(N2FT.EQ.NO.AND.N1FT.EQ.NO) GOTO 948
(1430) C
(1431) C IMPRESION DE LA MATRIZ IMPED. DE BARRA DE SEC. CERO.
(1432) C
(1433) WRITE(JW,320) NBF,NBF
(1434) 320 FOPMAT('1',/40X,'IMPED. DE BARRA DE SEC. CERO ZB(I,*,I3,*)',/40X,
(1435) *38('**'),/46X,'BARRA I',9X,'ZB(I,*,I3,*)')
(1436) DO 321 I=1,NBUSD
(1437) 321 WRITE(JW,319) LBUS(I),ZBUSC(I)
(1438) 948 IF(N3FT.EQ.NO.AND.N3F.EQ.NO) GOTO 947
(1439) C
(1440) C CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA

```

```

(1441) C   UNA FALLA TRIFASICA.
(1442) C
(1443)     INDF=1
(1444)     CALL F3F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1445) C
(1446) C   CALCULO DE LAS CORRIENTES DE FALLA EN LOS ELEMENTOS.
(1447) C
(1448) 975  CALL CVFS(EFA,EFB, EFC,CE0,CE1,CE2,CEA,CES,CEC,CPF0,CPF1,CPF2,
(1449)     *,CPFA,CPFB,CPFC,NBUSD,NTELM,NEAD,NEAC,INDF,IND1,IND2,IND3,IESP,
(1450)     *NXP,V0,DELTA0)
(1451)     IF(IESP.EQ.1) GOTO 1000
(1452)     IF(IND1.EQ.0) GOTO 950
(1453) C
(1454) C   IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE FALLA EN LAS BARRAS.
(1455) C
(1456)     CALL IMP1(NBUSD,CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,EFA,EFB,EFC,
(1457)     *NBF,BASE,CONT,JW,INDF,IND1)
(1458) 950  IF(IND2.EQ.0) GOTO 951
(1459)     MX=0
(1460)     IXP=NBUSD
(1461)     IND2=IND2
(1462)     IND3=0
(1463) 964  JQ=0
(1464)     DO 952 IX=1,IXP
(1465)     IP=LBUS(IX)
(1466)     IF(MX.EQ.1) IP=LBAIN(IX)
(1467)     I=NXD(IP)
(1468)     M=0
(1469)     DO 953 J=1,NTELM
(1470)     IF(IP.EQ.NP(J,1)) GOTO 954
(1471)     IF(IP.EQ.NQ(J,1)) GOTO 955
(1472)     GOTO 953
(1473) 954  JP=NQ(J,1)
(1474)     GOTO 956
(1475) 955  JP=NP(J,1)
(1476) 956  NELM=NEL(J,1)
(1477) C
(1478) C   DETECCION DE LA BARRA DE REFERENCIA Y DE LAS DE GENERACION PARA
(1479) C   IMPRESION DE VOLTAJES DE BARRA.
(1480) C
(1481)     IF(JP.NE.0) JX=NXD(JP)
(1482)     IF(JP.EQ.0) GOTO 979
(1483)     IF(JX.NE.0) GOTO 967
(1484)     EF0P=0.
(1485)     EF1R=CMPLX(V0(JP),DELTA0(JP))
(1486)     CALL RAP1(EF1R,EF1P)
(1487)     EF2P=0.
(1488)     IF(IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 968
(1489)     CALL SEFAS(EF0P,EF1P,EF2P,EFAP,EFBP,EFCP)
(1490)     CALL RAP(EFAP,EFBP,EFCP)
(1491)     GOTO 968
(1492) 979  EF0P=0.
(1493)     EF1P=0.
(1494)     EF2P=0.
(1495)     IF(IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 968
(1496)     EFAP=0.
(1497)     EFBP=0.
(1498)     EFCP=0.
(1499)     GOTO 968
(1500) 967  EF0P=EF0(JX)

```



```

(1501)      EF1P=EF1(JX)
(1502)      EF2P=EF2(JX)
(1503)      IF(IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 958
(1504)      EFAP=EFA(JX)
(1505)      EFBP=EFB(JX)
(1506)      EFCP=EFC(JX)
(1507) 958   JQ=JQ+1
(1508)      C
(1509)      C   DETECCION DE ELEMENTOS PARA LA IMPRESION DE SUS CORRIENTES.
(1510)      C
(1511)      C
(1512)      C   SE HACE CERO LAS CORRIENTES MUY CHICAS.
(1513)      C
(1514)      C
(1515)      C   SE DESPLAZA 180 O 360 GRADOS A LAS CORRIENTES SOLO PARA SU
(1516)      C   IMPRESION.
(1517)      C
(1518)      IF(IP.EQ.NP(J+1)) GOTO 958
(1519)      CEL0=CE0(J)+Z180
(1520)      IF(REAL(CEL0).EQ.0.) CEL0=0.
(1521)      IF(REAL(CEL0).EQ.0.) GOTO 980
(1522)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CEL0))).GT.3.) CEL0=0.
(1523)      IF(AIMAG(CEL0).LT.0.) CEL0=CEL0+Z360
(1524) 980   CEL1=CE1(J)+Z180
(1525)      IF(REAL(CEL1).EQ.0.) CEL1=0.
(1526)      IF(REAL(CEL1).EQ.0.) GOTO 981
(1527)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CEL1))).GT.3.) CEL1=0.
(1528)      IF(AIMAG(CEL1).LT.0.) CEL1=CEL1+Z360
(1529) 981   CEL2=CE2(J)+Z180
(1530)      IF(REAL(CEL2).EQ.0.) CEL2=0.
(1531)      IF(REAL(CEL2).EQ.0.) GOTO 982
(1532)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CEL2))).GT.3.) CEL2=0.
(1533)      IF(AIMAG(CEL2).LT.0.) CEL2=CEL2+Z360
(1534) 982   IF(IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 957
(1535)      CELA=CEA(J)+Z180
(1536)      IF(REAL(CELA).EQ.0.) CELA=0.
(1537)      IF(REAL(CELA).EQ.0.) GOTO 983
(1538)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CELA))).GT.3.) CELA=0.
(1539)      IF(AIMAG(CELA).LT.0.) CELA=CELA+Z360
(1540) 983   CELB=CEB(J)+Z180
(1541)      IF(REAL(CELB).EQ.0.) CELB=0.
(1542)      IF(REAL(CELB).EQ.0.) GOTO 984
(1543)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CELB))).GT.3.) CELB=0.
(1544)      IF(AIMAG(CELB).LT.0.) CELB=CELB+Z360
(1545) 984   CELC=CEC(J)+Z180
(1546)      IF(REAL(CELC).EQ.0.) CELC=0.
(1547)      IF(REAL(CELC).EQ.0.) GOTO 957
(1548)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CELC))).GT.3.) CELC=0.
(1549)      IF(AIMAG(CELC).LT.0.) CELC=CELC+Z360
(1550)      GOTO 957
(1551) 958   CEL0=CE0(J)
(1552)      IF(REAL(CEL0).EQ.0.) GOTO 985
(1553)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CEL0))).GT.3.) CEL0=0.
(1554)      IF(AIMAG(CEL0).LT.0.) CEL0=CEL0+Z360
(1555) 985   CEL1=CE1(J)
(1556)      IF(REAL(CEL1).EQ.0.) GOTO 986
(1557)      IF(ABS(ALOG10(REAL(CEL1))).GT.3.) CEL1=0.
(1558)      IF(AIMAG(CEL1).LT.0.) CEL1=CEL1+Z360
(1559) 986   CEL2=CE2(J)
(1560)      IF(REAL(CEL2).EQ.0.) GOTO 987

```

```

(1561)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CEL2))).GT.3.) CEL2=0.
(1562)      IF (AIMAG(CEL2).LT.0.) CEL2=CEL2+Z360
(1563)  957  IF (IND22.EQ.2.OR.IND33.EQ.3) GOTO 957
(1564)      CELA=CELA(J)
(1565)      IF (REAL(CELA).EQ.0.) GOTO 988
(1566)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELA))).GT.3.) CELA=0.
(1567)      IF (AIMAG(CELA).LT.0.) CELA=CELA+Z360
(1568)  988  CELB=CEB(J)
(1569)      IF (REAL(CELB).EQ.0.) GOTO 989
(1570)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELB))).GT.3.) CELB=0.
(1571)      IF (AIMAG(CELB).LT.0.) CELB=CELB+Z360
(1572)  949  CELC=CEC(J)
(1573)      IF (REAL(CELC).EQ.0.) GOTO 957
(1574)      IF (ABS(ALOG10(REAL(CELC))).GT.3.) CELC=0.
(1575)      IF (AIMAG(CELC).LT.0.) CELC=CELC+Z360
(1576)  957  M=M+1
(1577)      C
(1578)      C  IMPRESION DE LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRA Y DE LOS ELEMENTOS
(1579)      C  DEL S.E.P..
(1580)      C
(1581)      IF (M.EQ.1) GOTO 960
(1582)      CALL IMPVCE(0.,0.,0.,0.,0.,0.,0.,IP,EF0P,EF1P,EF2P,
(1583)      *CELO,CEL1,CEL2,NELM,JP,INDF,IND22,IND33,CONT,JW,3,0.,0.,0.,0.,0.,
(1584)      *0.,EFAP,EFBP,EFCP,CELA,CELB,CELC,JQ)
(1585)      GOTO 953
(1586)  960  IF (IP.EQ.NBF) GOTO 961
(1587)      CALL IMPVCE(0.,EF0(I),EF1(I),EF2(I),0.,0.,0.,IP,EF0P,
(1588)      *EF1P,EF2P,CELO,CEL1,CEL2,NELM,JP,INDF,IND22,IND33,CONT,JW,2,
(1589)      *0.,0.,0.,EFA(I),EFB(I),EFC(I),EFAP,EFBP,EFCP,CELA,CELB,
(1590)      *CELC,JQ)
(1591)      GOTO 953
(1592)  961  CALL RAP1(1/ZBUSD(I),ZCC)
(1593)      ZCC=ZCC*BASE
(1594)      CALL IMPVCE(REAL(ZCC),EF0(I),EF1(I),EF2(I),CPF0,CPF1,CPF2,IP,EF0P
(1595)      *,EF1P,EF2P,CELO,CEL1,CEL2,NELM,JP,INDF,IND22,IND33,CONT,
(1596)      *JW,1,CPFA,CPFB,CPFC,EFA(I),EFB(I),EFC(I),EFAP,EFBP,EFCP,
(1597)      *CELA,CELB,CELC,JQ)
(1598)  953  CONTINUE
(1599)      IF (CONT.EQ.0) GOTO 952
(1600)      WRITE(JW,966)
(1601)  966  FORMAT(1X,119(*-*))
(1602)      CONT=CONT+1
(1603)  952  CONTINUE
(1604)      CONT=0
(1605)      IF (MX.EQ.1) GOTO 977
(1606)  951  IF (IND3.EQ.0) GOTO 977
(1607)      MX=1
(1608)      IXP=NBAIM
(1609)      IND22=0
(1610)      IND33=IND3
(1611)      GOTO 964
(1612)  977  GOTO(947,965,962,152),INDF
(1613)  947  IF (N2F.EQ.NO) GOTO 965
(1614)      C
(1615)      C  CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA
(1616)      C  UNA FALLA BIFASICA.
(1617)      C
(1618)      INDF=2
(1619)      CALL F2F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1620)      GOTO 975

```

C

PA

```

(1621) 965 IF(N1FT.EQ.NO) GOTO 962
(1622) C
(1623) C CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA
(1624) C UNA FALLA FASE-TIERRA.
(1625) C
(1626) INDF=3
(1627) CALL F1FT(ZF,CPFG,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1628) GOTO 975
(1629) 962 IF(N2FT.EQ.NO) GOTO 152
(1630) C
(1631) C CALCULO E IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO PARA
(1632) C UNA FALLA DOS FASES-TIERRA.
(1633) C
(1634) INDF=4
(1635) CALL F2FT(ZF,ZG,CPFG,CPF1,CPF2,NBUSD,NXD(NBF))
(1636) GOTO 975
(1637) C
(1638) C CALCULO Y ESCRITURA DEL TIEMPO DE C.P.U. DEL PROGRAMA.
(1639) C
(1640) 1000 TCPU2=CTIMS4(CPUTIM)
(1641) TCPU=TCPU2-TCPU1
(1642) WRITE(JW,999) TCPU
(1643) 999 FORMAT(///20X,'EL TIEMPO DE CPU DEL PROGRAMA ES:',E12.5,
(1644) *(CENTECIMAS DE SEGUNDO)',/,20X,33(('*')),////)
(1645) CALL EXIT
(1646) END
PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 031136 LINKAGE - 153554 STACK - 000062
0000 ERRORS [<.MAIN.>FTN-REV17.2]

```

SUBROUTINE INVFFS(N)

PA

```

(1647)      SJBROUTINE INVERS(N)
(1648)      C
(1649)      C   SJBROUTINA DE INVERSION DE MATRICES. SE ENVIA LA INFORMACION EN UNA
(1650)      C   MATRIZ "A" Y REGRESA LA MISMA MATRIZ INVERTIDA. SE UTILIZA PIVOTACION.
(1651)      C
(1652)      IMPLICIT COMPLEX(A,Y,P)
(1653)      IMPLICIT INTEGER*2(I,N)
(1654)      COMMON/AB/A(31,31)
(1655)      DIMENSION IROW(31),JCOL(31),Y(31)
(1656)      DO 18 K=1,N
(1657)      KM1=K-1
(1658)      PIVOT=0.
(1659)      DO 11 I=1,N
(1660)      DO 11 J=1,N
(1661)      IF(K.EQ.1) GOTO 9
(1662)      DO 8 ISCAN=1,KM1
(1663)      DO 8 JSCAN=1,KM1
(1664)      IF(I.EQ.IROW(ISCAN)) GOTO 11
(1665)      IF(J.EQ.JCOL(JSCAN)) GOTO 11
(1666)      8 CONTINUE
(1667)      9 IF(CABS(A(I,J)).LE.CABS(PIVOT)) GOTO 11
(1668)      PIVOT=A(I,J)
(1669)      IROW(K)=I
(1670)      JCOL(K)=J
(1671)      11 CONTINUE
(1672)      IROWK=IROW(K)
(1673)      JCOLK=JCOL(K)
(1674)      DO 14 J=1,N
(1675)      14 A(IROWK,J)=A(IROWK,J)/PIVOT
(1676)      A(IROWK,JCOLK)=1./PIVOT
(1677)      DO 18 I=1,N
(1678)      AIJCK=A(I,JCOLK)
(1679)      IF(I.EQ.IROWK) GOTO 18
(1680)      A(I,JCOLK)=-AIJCK/PIVOT
(1681)      DO 17 J=1,N
(1682)      17 IF(J.NE.JCOLK) A(I,J)=A(I,J)-AIJCK*A(IROWK,J)
(1683)      18 CONTINUE
(1684)      DO 28 J=1,N
(1685)      DO 27 I=1,N
(1686)      IROWI=IROW(I)
(1687)      JCOLI=JCOL(I)
(1688)      27 Y(JCOLI)=A(IROWI,J)
(1689)      DO 28 I=1,N
(1690)      28 A(I,J)=Y(I)
(1691)      DO 30 I=1,N
(1692)      DO 29 J=1,N
(1693)      IROWJ=IROW(J)
(1694)      JCOLJ=JCOL(J)
(1695)      29 Y(IROWJ)=A(I,JCOLJ)
(1696)      DO 30 J=1,N
(1697)      30 A(I,J)=Y(J)
(1698)      RETURN
(1699)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000662
 0000 ERRORS [<INVERS>FTN-REV17.2]

LINKAGE - 000364

STACK - 000040

SUBROUTINE SOLVF(NB,V,DELTA,NS,CONV,NAD,JW,NE,ITER,NUM)

PA

```

(1700)      SUBROUTINE SOLVE(NB,V,DELTA,NS,CONV,NAD,JW,NE,ITER,NUM)
(1701)  C
(1702)  C  METODO DE NEWTON-RAPSON DESACOPLAGO RAPIDO PARA SOLUCION DE FLUJOS
(1703)  C  DE CARGA.
(1704)  C
(1705)      IMPLICIT COMPLEX(E,Z)
(1706)      COMPLEX PAR
(1707)      COMMON/A1/G(50000,2),B(50000,2),SUS(50000),ISEND(50000,2),
(1708)      *IREC(50000,2),NBUS(700,2),SS(1000),BK(1000),QMAX(700),QMIN(700),
(1709)      *VC(700),NODE(700),DELTAC(700)
(1710)      COMMON/A2/LCOL(720),NOZF(720),DE(720),NSEQ(720)/A3/VP(720)
(1711)      COMMON/A40/ITAG(4800),LNXT(4800),CE(4800),RE(4800)
(1712)      COMMON/A50/ITAG1(4800),ITAG2(4800)/A51/LBAR(700,2)
(1713)      DIMENSION V(700),DELTA(700)
(1714)      REAL ITER,MAXIT
(1715)  C
(1716)  C  INICIALIZACION DE LAS VARIABLES AUXILIARES.
(1717)  C
(1718)      IP=LBAR(I,1)
(1719)      NW=NB-1
(1720)      N5=4*NE
(1721)      NAD=1
(1722)      MAXIT=200.
(1723)      ITER=0.
(1724)      INDC=0
(1725)  70  IND=0
(1726)      KP=1
(1727)      KQ=1
(1728)  C
(1729)  C  CLACULO DE LA VARIACION DE POTENCIA ACTIVA.
(1730)  C
(1731)  100  J=0
(1732)      L=0
(1733)      M=0
(1734)      DO 1 I=1,NB
(1735)      IP=LBAR(I,1)
(1736)      IF(IP.EQ.NS) GOTO 2
(1737)      L=L+1
(1738)      C=0.
(1739)      N=NBUS(I,1)
(1740)      DO 3 MM=1,N
(1741)      J=J+1
(1742)      K=IREC(J,1)
(1743)  3  C=C+V(K)*(G(J,1)*COS(DELTA(IP)-DELTA(K))+B(J,1)*SIN(DELTA(IP)-
(1744)      *DELTA(K)))
(1745)      IF(NODE(IP).NE.2.OR.NUM.EQ.0) GOTO 81
(1746)      IF(DELTA(IP).EQ.0.) VP(L)=0.
(1747)      IF(DELTA(IP).EQ.0.) GOTO 1
(1748)      VP(L)=DELTAC(IP)**2/DELTA(IP)-DELTA(IP)
(1749)      GOTO 1
(1750)  81  VP(L)=SS(IP)/V(IP)-C
(1751)      M=M+1
(1752)      IF(M.EQ.1) GOTO 4
(1753)      IF(ABS(VP(L)).LE.VPMAX) GOTO 1
(1754)  4  VPMAX=ABS(VP(L))
(1755)      GOTO 1
(1756)  2  J=J+NBUS(I,1)
(1757)  1  CONTINUE
(1758)  C
(1759)  C  PRUEBAS DE CONVERGENCIA DE LA VARIACION DE POTENCIA ACTIVA Y DE LIMITE

```

```

(1760) C   MAXIMO DE ITERACIONES.
(1761) C
(1762)       IF(VPMAX.GT.CONV) GOTO 5
(1763)       KP=0
(1764)       IF(KQ.EQ.0) GOTO 400
(1765)       GOTO 40
(1766) 5   IF(ITER.GT.MAXIT) GOTO 6
(1767)       GOTO 7
(1768) 6   WRITE(J,600) MAXIT
(1769) 600  FORMAT(//10X,'ERROR, SE EXCEDIO EL NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES QU
(1770) *E ES:',F4.0)
(1771)       GOTO 500
(1772) C.
(1773) C   CALCULO DE LOS ELEMENTOS DEL SUBJACOBIANO H PARA POTENCIA ACTIVA.
(1774) C
(1775) C
(1776) 7   CALL ENCERO(NS)
(1777)       L=0
(1778)       J=0
(1779)       LL=1
(1780)       NCN=0
(1781)       DO 8 I=1,NB
(1782)       IF(LBAR(I,1).EQ.NS) GOTO 9
(1783)       L=L+1
(1784)       LLL=0
(1785)       NNN=0
(1786)       LCOL(L)=LL
(1787)       N=N2US(I,1)
(1788)       DO 10 NM=1,N
(1789)       J=J+1
(1790)       K=IREC(J,1)
(1791)       IF(K.EQ.NS) GOTO 10
(1792)       DO 11 KP=1,NB
(1793)       IF(K.EQ.LBAR(KP,1)) GOTO 12
(1794) 11   CONTINUE
(1795) 12   M=KP
(1796)       IF(K.GT.NS) M=M-1
(1797)       IF(LLL.EQ.M) GOTO 15
(1798)       NCN=NCN+1
(1799)       NNN=NNN+1
(1800)       LLL=M
(1801) 15   IF(K.EQ.LBAR(I,1)) GOTO 16
(1802)       ITAG(NCN)=M
(1803)       ITAG1(NCN)=L
(1804)       ITAG2(NCN)=M
(1805)       LNXT(NCN)=NCN+1
(1806)       RE(NCN)=RE(NCN)-B(J,1)
(1807)       CE(NCN)=RE(NCN)
(1808)       IF(NODE(LBAR(I,1)).NE.2.OR.NUM.EQ.0) GOTO 10
(1809)       CE(NCN)=0.
(1810)       RE(NCN)=0.
(1811)       GOTO 10
(1812) 16   JJ=J
(1813)       NCN=NCN-1
(1814) 10   CONTINUE
(1815)       LL=LL+NNN-1
(1816)       LF=NCN+1
(1817)       N2ZE(L)=NNN
(1818)       NSEQ(L)=L
(1819)       LNXT(NCN)=0

```

SUBROUTINE SOLVE(NB,V,DELTA,NS,CONV,NAD,JW,NE,ITER,NUM)

PA

```

(1820)      DE(L)=-B(JJ,1)
(1821)      IF (NODE(LBAR(I,1)).EQ.2.AND.NUM.NE.0) DE(L)=2.
(1822)      GOTO 8
(1823)  4      J=J+NBUS(I,1)
(1824)  6      CONTINUE
(1825)  C
(1826)  C      CALCULOS DE LAS CORRECCIONES DE ANGULO.
(1827)  C
(1828)      CALL ORDEN(LF)
(1829)      CALL SIMORD(V,LF, IDICD,JW)
(1830)      IF (IDICD.EQ.1) GOTO 500
(1831)      CALL REDUC(NW)
(1832)      CALL SOLUC(NW)
(1833)  C
(1834)  C      CORRECCIONES DE ANGULO.
(1835)  C
(1836)      L=0
(1837)      DO 17 I=1,NB
(1838)      IP=LBAR(I,1)
(1839)      IF (IP.EQ.NS) GOTO 17
(1840)      L=L+1
(1841)      DELTA(IP)=DELTA(IP)+VP(L)
(1842)  17      CONTINUE
(1843)      ITER=ITER+0.5
(1844)      KQ=1
(1845)  C
(1846)  C      CALCULO DE LAS VARIACIONES DE POTENCIA REACTIVA.
(1847)  C
(1848)  40      J=0
(1849)      L=0
(1850)      M=0
(1851)      DO 18 I=1,NB
(1852)      IP=LBAR(I,1)
(1853)      IF (IP.EQ.NS) GOTO 19
(1854)      L=L+1
(1855)      N=NBUS(I,1)
(1856)      C=0.
(1857)      DO 20 MM=1,N
(1858)      J=J+1
(1859)      K=IREC(J,1)
(1860)  20      C=C+V(K)*(G(J,1)*SIN(DELTA(IP)-DELTA(K))-B(J,1)*COS(DELTA(IP)-
(1861)      *DELTA(K)))
(1862)      IF (NODE(IP).NE.2) GOTO 69
(1863)      VP(L)=VC(IP)**2/V(IP)-V(IP)
(1864)      BK(IP)=C+V(IP)
(1865)      GOTO 18
(1866)  69      VP(L)=BK(IP)/V(IP)-C
(1867)      M=M+1
(1868)      IF (M.EQ.1) GOTO 21
(1869)      IF (ABS(VP(L)).LE.VQMAX) GOTO 18
(1870)  21      VQMAX=ABS(VP(L))
(1871)      GOTO 18
(1872)  19      J=J+NBUS(I,1)
(1873)  18      CONTINUE
(1874)  C
(1875)  C      PRUEBAS DE CONVERGENCIA DE LAS VARIACIONES DE POTENCIA REACTIVA Y DEL
(1876)  C      LIMITE MAXIMO DE ITERACIONES.
(1877)  C
(1878)      IF (VQMAX.GT.CONV) GOTO 22
(1879)      KQ=0

```

```

(1880)      IF(KP.EQ.0) GOTO 400
(1881)      GOTO 100
(1882)      C
(1883)      C   CALCULO DE LOS ELEMENTOS DEL SUBJACOBIANO B PARA POTENCIA REACTIVA.
(1884)      C
(1885)      22   CALL ENCERO(N5)
(1886)      L=0
(1887)      J=0
(1888)      LL=1
(1889)      NCN=0
(1890)      DO 38 I=1,NB
(1891)      IF(LBAR(I,1).EQ.NS) GOTO 39
(1892)      L=L+1
(1893)      LLL=0
(1894)      NNN=0
(1895)      LCOL(L)=LL
(1896)      N=NBUS(I,1)
(1897)      DO 30 MM=1,N
(1898)      J=J+1
(1899)      K=IREC(J,1)
(1900)      IF(K.EQ.NS) GOTO 30
(1901)      DO 31 KP=1,NB
(1902)      IF(K.EQ.LBAR(KP,1)) GOTO 32
(1903)      31   CONTINUE
(1904)      32   M=KP
(1905)      IF(K.GT.NS) M=M-1
(1906)      IF(LLL.EQ.M) GOTO 35
(1907)      NCN=NCN+1
(1908)      NNN=NNN+1
(1909)      LLL=M
(1910)      35   IF(K.EQ.LBAR(I,1)) GOTO 36
(1911)      ITAG(NCN)=M
(1912)      ITAG1(NCN)=L
(1913)      ITAG2(NCN)=M
(1914)      LNXT(NCN)=NCN+1
(1915)      RE(NCN)=RE(NCN)-B(J,1)
(1916)      CE(NCN)=RE(NCN)
(1917)      IF(NODE(LBAR(I,1)).NE.2) GOTO 30
(1918)      RE(NCN)=0.
(1919)      CE(NCN)=0.
(1920)      GOTO 30
(1921)      36   JJ=J
(1922)      NCN=NCN-1
(1923)      30   CONTINUE
(1924)      LL=LL+NNN-1
(1925)      LF=NCN+1
(1926)      NOZE(L)=NNN
(1927)      NSEQ(L)=L
(1928)      LNXT(NCN)=0
(1929)      DE(L)=-B(JJ,1)
(1930)      IF(NODE(LBAR(I,1)).EQ.2) DE(L)=2.
(1931)      GOTO 38
(1932)      39   J=J+NBUS(I,1)
(1933)      38   CONTINUE
(1934)      C
(1935)      C   CALCULOS DE LAS CORRECCIONES DE VOLTAJE.
(1936)      C
(1937)      CALL ORDEN(LF)
(1938)      CALL SIMORD(NW,LF,IDICD,JW)
(1939)      IF(IDICD.EQ.1) GOTO 500

```


SUBROUTINE SOLVE(NB,V,DELTA,NS,CONV,NAD,JB,VE,ITER,NUM)

PA

```

(1943)      CALL REDUC(NW)
(1941)      CALL SOLUC(NW)
(1942)      C
(1943)      C   CORRECCIONES DE VOLTAJE
(1944)      L=0
(1945)      DO 23 I=1,NB
(1946)      IP=LBAR(I,1)
(1947)      IF(IP.EG.NS) GOTO 23
(1948)      L=L+1
(1949)      V(IP)=V(IP)+VP(L)
(1950)      23  CONTINUE
(1951)      ITER=ITER+0.5
(1952)      KP=1
(1953)      GOTO 100
(1954)      400 IF(NUM.NE.0) GOTO 700
(1955)      IF(INDC.GE.2) GOTO 159
(1956)      C
(1957)      C   PRUEBA DE VIOLACION DE MAXIMA Y MINIMA GENERACION DE REACTIVOS.
(1958)      C
(1959)      DO 64 I=1,NB
(1960)      IP=LBAR(I,1)
(1961)      IF(NODE(IP).NE.2) GOTO 64
(1962)      QNE=QMAX(IP)
(1963)      IF(BK(IP).LE.QNE) GOTO 66
(1964)      BK(IP)=QNE
(1965)      NODE(IP)=4
(1966)      IND=1
(1967)      GOTO 64
(1968)      65  QNE=QMIN(IP)
(1969)      IF(BK(IP).GE.QNE) GOTO 64
(1970)      BK(IP)=QNE
(1971)      NODE(IP)=5
(1972)      IND=1
(1973)      54  CONTINUE
(1974)      IF(IND.EQ.1) INDC=INDC+1
(1975)      IF(IND.EQ.1) GOTO 70
(1976)      C
(1977)      C   CALCULO DE POTENCIA GENERADA EN LA BARRA SLACK.
(1978)      C
(1979)      159 J=0
(1980)      NAUX=1
(1981)      DO 170 I=1,NB
(1982)      IP=LBAR(I,1)
(1983)      N=NBUS(I,1)
(1984)      DO 171 M=1,N
(1985)      J=J+1
(1986)      IF(IP.NE.NS) GOTO 171
(1987)      K=IREC(J,1)
(1988)      FPJ=-(G(J,1)*V(IP)**2)+V(IP)*V(K)*(S(J,1)*COS(DELTA(IP)-
(1989)      +DELTA(K))+B(J,1)*SIN(DELTA(IP)-DELTA(K)))
(1990)      FQJ=(B(J,1)-SUS(J))*V(IP)**2-V(IP)*V(K)*(B(J,1)*COS(DELTA(IP)-
(1991)      +DELTA(K))-G(J,1)*SIN(DELTA(IP)-DELTA(K)))
(1992)      SS(IP)=SS(IP)+FPJ
(1993)      BK(IP)=BK(IP)+FQJ
(1994)      NAUX=0
(1995)      171 CONTINUE
(1996)      IF(NAUX.EQ.0) GOTO 700
(1997)      170 CONTINUE
(1998)      GOTO 700
(1999)      500 NAD=0

```

SUBROUTINE ENCERO(N5)

PA

```
(2002)      SUBROUTINE ENCERO(N5)
(2003)      C
(2004)      C  SUBROUTINA DE ENCFRAMIENTO.
(2005)      C
(2006)      COMMON/A40/ITAG(4800),LNXT(4800),CE(4800),RE(4800)
(2007)      COMMON/A50/ITAG1(4800),ITAG2(4800)
(2008)      DO 10 I=1,N5
(2009)      ITAG(I)=0
(2010)      ITAG1(I)=0
(2011)      ITAG2(I)=0
(2012)      CE(I)=0.
(2013)      RE(I)=0.
(2014)      LNXT(I)=I+1
(2015)  10  CONTINUE
(2016)      LNXT(N5)=0
(2017)      RETURN
(2018)      END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000050  LINKAGE - 000036  STACK - 000030
0000 ERRORS [
```

SUBROUTINE ORDEN(LF)

PA

```

(2019)      SUBROUTINE ORDEN(LF)
(2020)      C
(2021)      C   SUBROUTINA DE ORDENAMIENTO.
(2022)      C
(2023)      COMMON/A40/ITAG(4800),LNXT(4800),CE(4800),RE(4800)
(2024)      COMMON/A50/ITAG1(4800),ITAG2(4800)
(2025)      LFI=LF-1
(2026)      LFII=LF-2
(2027)      DO 11 I=1,LFII
(2028)      J=I+1
(2029)      DO 10 L=J,LFI
(2030)      IF (ITAG2(I).LE.ITAG2(L)) GOTO 10
(2031)      M=ITAG2(I)
(2032)      N=ITAG1(I)
(2033)      CEE=CE(I)
(2034)      ITAG2(I)=ITAG2(L)
(2035)      ITAG1(I)=ITAG1(L)
(2036)      CE(I)=CE(L)
(2037)      ITAG2(L)=M
(2038)      ITAG1(L)=N
(2039)      CF(L)=CEE
(2040)      10  CONTINUE
(2041)      11  CONTINUE
(2042)      DO 21 I=1,LFII
(2043)      J=I+1
(2044)      DO 20 L=J,LFI
(2045)      IF (ITAG2(I).NE.ITAG2(L)) GOTO 20
(2046)      IF (ITAG1(I).LE.ITAG1(L)) GOTO 20
(2047)      M=ITAG1(I)
(2048)      CEE=CE(I)
(2049)      ITAG1(I)=ITAG1(L)
(2050)      CE(I)=CE(L)
(2051)      ITAG1(L)=M
(2052)      CE(L)=CEE
(2053)      20  CONTINUE
(2054)      21  CONTINUE
(2055)      RETURN
(2056)      END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000221  LINKAGE - 000040  STACK - 000030
0000 ERRORS [ <ORDEN >FTN-REV17.2]

```

SUBROUTINE SIMORD(N,LF,IND,JW)

PA

```

(2057) SUBROUTINE SIMORD(N,LF,IND,JW)
(2058)
(2059) SUBROUTINA DE SIMULACION Y ORDENAMIENTO
(2060)
(2061) COMMON/A2/LCOL(720),NOZE(720),DE(720),NSEQ(720)
(2062) COMMON/A40/ITAG(4800),LNXT(4800),CE(4800),RE(4800)
(2063) VI=N-1
(2064) INV=0
(2065) DO 38 J=1,NI
(2066) IF(IND.GE.1) GOTO 38
(2067) K=NSEQ(J)
(2068) MIN=NOZE(K)
(2069) M=J
(2070) JS=J+1
(2071) DO 10 I=JS,N
(2072) K=NSEQ(I)
(2073) IF(NOZE(K).GE.MIN) GOTO 10
(2074) MIN=NOZE(K)
(2075) M=I
(2076) 10 CONTINUE
(2077) KP=NSEQ(M)
(2078) VSEQ(M)=NSEQ(J)
(2079) NSEQ(J)=KP
(2080) LK=LCOL(KP)
(2081) 11 IF(LK.LE.0) GOTO 38
(2082) K=ITAG(LK)
(2083) LA=0
(2084) LI=LCOL(KP)
(2085) IP=ITAG(LI)
(2086) L=LCOL(K)
(2087) I=ITAG(L)
(2088) 12 IF(I-IP) 13,24,31
(2089) 13 IF(I-KP) 14,20,14
(2090) 14 LA=L
(2091) L=LNXT(L)
(2092) 15 IF(L) 16,16,19
(2093) 16 IF(LI) 17,17,18
(2094) 17 LK=LNXT(LK)
(2095) GOTO 11
(2096) 18 I=N+1
(2097) GOTO 12
(2098) 19 I=ITAG(L)
(2099) GOTO 12
(2100) 20 LN=LNXT(L)
(2101) IF(LA) 21,21,22
(2102) 21 LCOL(K)=LN
(2103) GOTO 23
(2104) 22 LNXT(LA)=LN
(2105) 23 LNXT(L)=LF
(2106) LF=L
(2107) CE(L)=0.
(2108) RE(L)=0.
(2109) NOZE(K)=NOZE(K)-1
(2110) L=LN
(2111) GOTO 15
(2112) 24 LA=L
(2113) L=LNXT(L)
(2114) IF(L) 25,25,26
(2115) 25 I=N+1
(2116) GOTO 27

```

SUBROUTINE SIMGRD(N,LF,IND,JW)

PA

```
(2117) 26 I=ITAG(L)
(2118) 27 LI=LNXT(LI)
(2119) IF(LI) 28,28,50
(2120) 28 IF(L) 17,17,29
(2121) 29 IP=N+1
(2122) GOTO 12
(2123) 30 IP=ITAG(LI)
(2124) GOTO 12
(2125) 31 IF(IP-K) 32,27,32
(2126) 32 IF(LF) 33,33,34
(2127) 33 WRITE(JW,100)
(2128) IND=1
(2129) RETURN
(2130) 34 LN=LF
(2131) IF(LA) 35,35,36
(2132) 35 LCOL(K)=LN
(2133) GOTO 37
(2134) 36 LNXT(LA)=LN
(2135) 37 LF=LNXT(LN)
(2136) LNXT(LN)=L
(2137) ITAG(LN)=IP
(2138) NOZE(K)=NOZE(K)+1
(2139) LA=LN
(2140) GOTO 27
(2141) 38 CONTINUE
(2142) RETURN
(2143) 100 FORMAT(//10X,*ERROR, FALTA CAMPO PARA RESOLVER POR NEWTON-RAPSON*)
(2144) END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000452 LINKAGE - 000062 STACK - 000040
0000 ERRORS [

SUBROUTINE REDUC(N)

PA

```

(2145)          SUBROUTINE REDUC(N)
(2146) C
(2147) C      SUBROUTINA DE REDUCCION.
(2148) C
(2149)          COMMON/A2/LCOL(720),N07E(720),DE(720),NSEG(720)
(2150)          COMMON/A4G/ITAG(4800),LNXT(4800),CL(4800),RE(4800)
(2151)          DO 24 J=1,N
(2152)             KP=NSEG(J)
(2153)             D=1./DE(KP)
(2154)             DE(KP)=D
(2155)             LK=LCOL(KP)
(2156)             IF(LK.LE.0) GOTO 24
(2157) 10        RE(LK)=D*RE(LK)
(2158)             LK=LNXT(LK)
(2159)             IF(LK.GT.0) GOTO 10
(2160)             LK=LCOL(KP)
(2161) 11        K=ITAG(LK)
(2162)             CF=RE(LK)
(2163)             RF=CE(LK)
(2164)             LI=LCOL(KP)
(2165)             IP=ITAG(LI)
(2166)             L=LCOL(K)
(2167) 12        IF(L) 13,13,14
(2168) 13        I=N+1
(2169)             GOTO 15
(2170) 14        I=ITAG(L)
(2171) 15        IF(I-IP) 16,17,23
(2172) 16        L=LNXT(L)
(2173)             GOTO 12
(2174) 17        CE(L)=CE(L)-CF*CE(LI)
(2175)             RE(L)=RE(L)-RF*RE(LI)
(2176)             L=LNXT(L)
(2177)             IF(L) 18,18,19
(2178) 18        I=N+1
(2179)             GOTO 20
(2180) 19        I=ITAG(L)
(2181) 20        LI=LNXT(LI)
(2182)             IF(LI) 21,21,22
(2183) 21        LK=LNXT(LK)
(2184)             IF(LK) 24,24,11
(2185) 22        IP=ITAG(LI)
(2186)             GOTO 15
(2187) 23        IF(IP.NE.K) GOTO 20
(2188)             DE(K)=DE(K)-CF*CE(LI)
(2189)             GOTO 20
(2190) 24        CONTINUE
(2191)             RETURN
(2192)             END
PROGRAM SIZE:      PROCEDURE - 000262      LINKAGE - 000054      STACK - 000030
0000 ERRORS [ <REDUC >FTN-REV17.2 ]

```

SUBROUTINE SOLUC(N)

PAGE

```

(2193)      SUBROUTINE SOLUC(N)
(2194)      C
(2195)      C  SUBROUTINA DE RESOLUCION.
(2196)      C
(2197)      COMMON/A2/LCOL(720),NOZE(720),DE(720),NSEQ(720)/A3/VP(720)
(2198)      COMMON/A40/ITAG(4800),LNXT(4800),CE(4800),RE(4800)
(2199)      DO 11 J=1,N
(2200)      K=NSEQ(J)
(2201)      CF=DE(K)*VP(K)
(2202)      VP(K)=CF
(2203)      L=LCOL(K)
(2204)  10   IF(L.LF.0) GOTO 11
(2205)      I=ITAG(L)
(2206)      VP(I)=VP(I)-CE(L)*CF
(2207)      L=LNXT(L)
(2208)      GOTO 10
(2209)  11   CONTINUE
(2210)      NI=N-1
(2211)      DO 15 NN=1,NI
(2212)      J=N-NN
(2213)      K=NSEQ(J)
(2214)      SUM=VP(K)
(2215)      L=LCOL(K)
(2216)  12   IF(L) 13,13,14
(2217)  13   VP(K)=SUM
(2218)      GOTO 15
(2219)  14   I=ITAG(L)
(2220)      SUM=SUM-RE(L)*VP(I)
(2221)      L=LNXT(L)
(2222)      GOTO 12
(2223)  15   CONTINUE
(2224)      RETURN
(2225)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000164
 0000 ERRORS [<SOLUC.>FTN-REV17.2]

LINKAGE - 000052

STACK - 000030

FUNCTION PAR(AM,ANG)

PAC

```
(2226)      FUNCTION PAR(AM,ANG)
(2227)      C
(2228)      C  SUBROUTINA PARA PASAR SE POLAR A RECTANGULAR A UN COMPLEJO.
(2229)      C
(2230)      COMPLEX PAR,CMPLX
(2231)      PAR=CMPLX(AM*COS(ANG),AM*SIN(ANG))
(2232)      RETURN
(2233)      END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000034  LINKAGE - 000034  STACK - 000036
0000 ERRORS [ <PAR  >FTN-REV17.2]
```


SUBROUTINE F3F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)

PA

```

(2234)      SUBROUTINE F3F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(2235)  C
(2236)  C  SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(2237)  C  TRIFASICAS.
(2238)  C
(2239)      IMPLICIT COMPLEX(Z,E,C)
(2240)      COMMON/A4/ZBD(700)/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(2241)      COMMON/A100/EIN(700)
(2242)      ZAUX=(ZF+ZBD(NXBF))/EIN(NXBF)
(2243)      DO 1 I=1,NB
(2244)      IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(2245)      EF0(I)=0.
(2246)      EF1(I)=EIN(I)-ZBD(I)/ZAUX
(2247)      EF2(I)=0.
(2248)      GOTO 1
(2249)  C
(2250)  C  VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FALLADA.
(2251)  C
(2252)  2  EF0(I)=0.
(2253)      EF1(I)=ZF/ZAUX
(2254)      EF2(I)=0.
(2255)      CPF0=0.
(2256)      CPF1=1/ZAUX
(2257)      CPF2=0.
(2258)  1  CONTINUE
(2259)      RETURN
(2260)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000266 LINKAGE - 000060 STACK - 000060
0000 ERRORS [**<F3F >FTN-REV17.2**]

SUBROUTINE F2F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)

PA

```
(2261) SUBROUTINE F2F(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(2262) C
(2263) C SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(2264) C BIFASICAS.
(2265) C
(2266) IMPLICIT COMPLEX(Z,E,C)
(2267) COMMON/A4/ZBD(700)/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(2268) COMMON/A100/EIN(700)
(2269) ZAUX=2*(ZF+ZBD(NXBF))/EIN(NXBF)
(2270) DO 1 I=1,NB
(2271) IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(2272) EF0(I)=0.
(2273) EF1(I)=EIN(I)-ZBD(I)/ZAUX
(2274) EF2(I)=ZBD(I)/ZAUX
(2275) GOTO 1
(2276) C
(2277) C VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FALLADA.
(2278) C
(2279) 2 EF0(I)=0.
(2280) EF1(I)=(2*ZF+ZBD(I))/ZAUX
(2281) EF2(I)=ZBD(I)/ZAUX
(2282) CPF0=0.
(2283) CPF1=1/ZAUX
(2284) CPF2=-1/ZAUX
(2285) 1 CONTINUE
(2286) RETURN
(2287) END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000332 LINKAGE - 000002 STACK - 000060
0000 ERRORS [<F2F >FTN-REV17.2]

SUBROUTINE F1FT(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)

PA

```
(2288)      SUBROUTINE F1FT(ZF,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(2289)      C
(2290)      C  SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(2291)      C  FASE-TIERRA.
(2292)      C
(2293)      IMPLICIT COMPLEX(Z,E,C)
(2294)      COMMON/A4/ZBD(700)/A5/ZBC(500)/A100/EIN(700)
(2295)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(2296)      ZAUX=(2*ZBD(NXBF)+ZBC(NXBF)+3*ZF)/EIN(NXBF)
(2297)      DO 1 I=1,NB
(2298)      IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(2299)      EF0(I)=-ZBC(I)/ZAUX
(2300)      EF1(I)=EIN(I)-ZBD(I)/ZAUX
(2301)      EF2(I)=-ZBD(I)/ZAUX
(2302)      GOTO 1
(2303)      C
(2304)      C  VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FALLADA.
(2305)      C
(2306)      2  EF0(I)=-ZBC(I)/ZAUX
(2307)      EF1(I)=(3*ZF+ZBC(I)+ZBD(I))/ZAUX
(2308)      EF2(I)=-ZBD(I)/ZAUX
(2309)      CPF0=1/ZAUX
(2310)      CPF1=1/ZAUX
(2311)      CPF2=1/ZAUX
(2312)      1  CONTINUE
(2313)      RETURN
(2314)      END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000370 LINKAGE - 000064 STACK - 000060
0000 ERRORS [<F1ET >FTN-REV17.2]

```

(2315)      SUBROUTINE F2FT(ZF,ZG,CPF0,CPF1,CPF2,NB,NXBF)
(2316) C
(2317) C   SUBROUTINA QUE CALCULA LOS VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA FALLAS
(2318) C   DOS FASES-TIERRA.
(2319) C
(2320)      IMPLICIT COMPLEX(Z,E,C)
(2321)      COMMON/A4/ZBD(700)/A5/ZBC(500)/A100/EIN(700)
(2322)      COMMON/A10/LF0(500),EF1(500),EF2(500)
(2323)      ZAUX=(ZF+ZBD(NXBF))*(3*ZF+6*ZG+2*ZBC(NXBF)+ZBD(NXBF))/EIN(NXBF)
(2324)      DO 1 I=1,NB
(2325)      IF(I.EQ.NXBF) GOTO 2
(2326)      EF0(I)=(ZF+ZBD(NXBF))*ZBC(I)/ZAUX
(2327)      EF1(I)=EIN(I)-(ZBD(NXBF)+ZBC(NXBF)+2*ZF+3*ZG)*ZBD(I)/ZAUX
(2328)      EF2(I)=(ZBC(NXBF)+ZF+3*ZG)*ZBD(I)/ZAUX
(2329)      GOTO 1
(2330) C
(2331) C   VOLTAJES Y CORRIENTES EN LA BARRA FALLADA.
(2332) C
(2333) 2      EF0(I)=ZBC(I)*(ZF+ZBD(I))/ZAUX
(2334)      EF1(I)=(3*ZF*(ZF+2*ZG)+(2*ZF+3*ZG)*ZBD(I)+ZBC(I)*(2*ZF+ZBD(I)))
(2335)      */ZAUX
(2336)      EF2(I)=ZBD(I)*(ZF+3*ZG+ZBC(I))/ZAUX
(2337)      CPF0=(-ZF-ZBD(I))/ZAUX
(2338)      CPF1=(ZBD(I)+ZBC(I)+2*ZF+3*ZG)/ZAUX
(2339)      CPF2=(-ZBC(I)-ZF-3*ZG)/ZAUX
(2340) 1      CONTINUE
(2341)      RETURN
(2342)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 001007 LINKAGE - 000064 STACK - 000114
0000 ERRORS [<F2FT >FTN-REV17.2]

SUBROUTINE SEFAS(S0,S1,S2,FA,FB,FC)

PAGE

```
(2343)          SUBROUTINE SEFAS(S0,S1,S2,FA,FB,FC)
(2344) C
(2345) C      SUBROUTINA PARA PASAR DE SECUENCIAS A FASES.
(2346) C
(2347)          IMPLICIT COMPLEX(S,F,A)
(2348)          A=(-0.5,0.8660254038)
(2349)          AC=(-0.5,-0.8660254038)
(2350)          R3=1./3.**.5
(2351) C
(2352) C      CALCULA LOS VALORES POR FASE.
(2353) C
(2354)          FA=R3*(S0+S1+S2)
(2355)          FB=R3*(S0+AC*S1+A*S2)
(2356)          FC=R3*(S0+A*S1+AC*S2)
(2357)          RETURN
(2358)          END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 000226  LINKAGE - 000046  STACK - 000060
0000 ERRORS [ <SEFAS >FTN-REV17.2]
```

SUBROUTINE RAP1(CR,CP)

PAGE

```
(2359)      SUBROUTINE RAP1(CR,CP)
(2360) C
(2361) C      SUBROUTINA PARA PASAR DE RECTANGULAR A POLAR UN COMPLEJO.
(2362) C
(2363)      COMPLEX CR,CP,CPLX
(2364)      IF (REAL(CR).EQ.0..AND.AIMAG(CR).EQ.0.) GOTO 1
(2365)      ANG=ATAN2(AIMAG(CR),REAL(CR))
(2366)      ANG=ANG*(180./3.141593)
(2367)      AM=CABS(CR)
(2368)      CP=CPLX(AM,ANG)
(2369) C
(2370) C      SI UN COMPLEJO TIENE UN MODULO MUY CHICO SE LO HACE CERO.
(2371) C
(2372)      A=ALOG10(AM)
(2373)      IF (ABS(A).GT.4.) CP=0.
(2374)      GOTO 2
(2375) 1      CP=CR
(2376) 2      RETURN
(2377)      END
PROGRAM SIZE:   PROCEDURE - 000136   LINKAGE - 000052   STACK - 000040
0000 ERRORS [ <RAP1 >FTN-REV17.2]
```

SUBROUTINE RAP(CR1,CR2,CR3)

```
(2378)      SUBROUTINE RAP(CR1,CR2,CR3)
(2379)  C
(2380)  C   SUBROUTINA PARA PASAR DE RECTANGULARES A POLARES A TRES NUMEROS
(2381)  C   COMPLEJOS.
(2382)  C
(2383)      IMPLICIT COMPLEX(C)
(2384)      CALL RAPI(CR1,CP1)
(2385)      CALL RAPI(CR2,CP2)
(2386)      CALL RAPI(CR3,CP3)
(2387)      CR1=CP1
(2388)      CR2=CP2
(2389)      CR3=CP3
(2390)      RETURN
(2391)      END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000054 LINKAGE - 000042 STACK - 000036
0000 ERRORS [CRAP >FTN-REV17.2]

```

(2392) SUBROUTINE CVFS(EFA,EFB,EFC,CE0,CE1,CE2,CEA,CES,CEC,CPF0,CPF1,
(2393) *CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,NBUSD,NTELM,NEAD,NEAC,INDF,IND1,IND2,IND3,
(2394) *IESP,NBAC,VO,DELTA0)
(2395) C
(2396) C SUBROUTINA PARA EL CALCULO DE CORRIENTES DE FALLA EN ELEMENTOS, Y
(2397) C PARA PASAR VOLTAJES Y CORRIENTES DE COORDENADAS RECTANGULARES A
(2398) C POLARES Y DE SECUENCIAS A FASES.
(2399) C
(2400) IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y,7)
(2401) IMPLICIT INTEGER(P,Q)
(2402) DIMENSION CE0(1000),CE1(1000),CE2(1000),CEA(1000),CES(1000)
(2403) DIMENSION CEC(1000),EFA(500),EFB(500),EFC(500),VO(700)
(2404) DIMENSION DELTA0(700)
(2405) COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)/A11/LBUS(700)
(2406) COMMON/A6/LEA(60,2),YP(60,60,2),PA(50,2),QA(60,2),NXD(700)
(2407) COMMON/A200/NEL(1000,2),NP(1000,2),NQ(1000,2),RR(1000,2),
(2408) *XX(1000,2)/A60/LAD(200)
(2409) IF(IND2.EQ.22.OR.IND3.EQ.33.OR.IND1.EQ.11) GOTO 1
(2410) GOTO 2
(2411) C
(2412) C CALCULO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRA EN LAS FASES, PARA UNA
(2413) C FALLA.
(2414) C
(2415) 1 DO 3 I=1,NBUSD
(2416) CALL SEFAS(EF0(I),EF1(I),EF2(I),EFA(I),EFB(I),EFC(I))
(2417) CALL RAP(EFA(I),EFB(I),EFC(I))
(2418) 3 CONTINUE
(2419) CALL SEFAS(CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC)
(2420) CALL RAP(CPFA,CPFB,CPFC)
(2421) 2 IF(IND2.EQ.0.AND.IND3.EQ.0) GOTO 20
(2422) C
(2423) C CALCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO POR LOS ELEMENTOS.
(2424) C
(2425) DO 4 J=1,NTELM
(2426) IF(NP(J,1).EQ.0) GOTO 31
(2427) NXP=NXD(NP(J,1))
(2428) DO 33 I=1,NBAC
(2429) IF(NP(J,1).EQ.LAD(I)) EIN=CMPLX(VO(NP(J,1)),DELTA0(NP(J,1)))
(2430) 33 CONTINUE
(2431) GOTO 30
(2432) 31 NXP=0
(2433) 30 DO 34 I=1,NBAC
(2434) IF(NQ(J,1).EQ.LAD(I)) EIN=CMPLX(VO(NQ(J,1)),DELTA0(NQ(J,1)))
(2435) 34 CONTINUE
(2436) IF(NEAD.EQ.0) GOTO 5
(2437) DO 6 K=1,NEAD
(2438) IF(NEL(J,1).EQ.LEA(K,1)) GOTO 7
(2439) 6 CONTINUE
(2440) 5 ZPQPQD=CMPLX(RR(J,1),XX(J,1))
(2441) CALL CORNAD(CE1(J),CE2(J),NP(J,1),NXP,NXD(NQ(J,1)),ZPQPQD,EIN)
(2442) GOTO 8
(2443) 7 CALL COREAD(CE1(J),CE2(J),K,NEAD,VO,DELTA0)
(2444) 8 IF(INDF.EQ.1.JR.INDF.EQ.2) GOTO 9
(2445) IF(NEAC.EQ.0) GOTO 10
(2446) DO 11 K=1,NEAC
(2447) IF(NEL(J,1).EQ.LEA(K,2)) GOTO 12
(2448) 11 CONTINUE
(2449) 10 ZPQPQC=CMPLX(RR(J,2),XX(J,2))
(2450) CALL CORNAC(CE0(J),NXP,NXD(NQ(J,1)),ZPQPQC)
(2451) GOTO 4

```



```
(2452) 12 CALL COREAC(CE0(J),K,NEAC,IESP,JW,NBAC)
(2453) IF(IESP.EG.1) GOTO 200
(2454) GOTO 4
(2455) 7 CE0(J)=0.
(2456) 4 CONTINUE
(2457) IF(IND2.EG.22.OR.IND3.EG.33) GOTO 13
(2458) GOTO 14
(2459) C
(2460) C CALCULO DE CORRIENTES DE ELEMENTOS EN LAS FASES, PARA UNA FALLA.
(2461) C
(2462) 13 DO 15 I=1,NTELM
(2463) CALL SEFAS(CE0(I),CE1(I),CE2(I),CEA(I),CEB(I),CEC(I))
(2464) CALL RAP(CEA(I),CEB(I),CEC(I))
(2465) C
(2466) C PASO A COORDENADAS POLARES DE LOS VOLTAJES Y LAS CORRIENTES.
(2467) C
(2468) 14 DO 16 I=1,NTELM
(2469) 16 CALL RAP(CE0(I),CE1(I),CE2(I))
(2470) 20 DO 17 I=1,NBUSD
(2471) 17 CALL RAP(EF0(I),EF1(I),EF2(I))
(2472) CALL RAP(CPF0,CPF1,CPF2)
(2473) 200 RETURN
(2474) END
```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 001142 LINKAGE - 000124 STACK - 000164
0000 ERRORS [<CVFS >FTN-REV17.2]

SUBROUTINE CORNAC(COREO, NP, NQ, Y0)

PAGE

```

(2475)      SUBROUTINE CORNAC(COREO, NP, NQ, Y0)
(2476)      C
(2477)      C  SUBROUTINA PARA CALCULAR LAS CORRIENTES POR UN ELEMENTO NO ACOPLADO
(2478)      C  EN SEC. CERO.
(2479)      C
(2480)      IMPLICIT COMPLEX(C, E, Y)
(2481)      COMMON/A10/LF0(500), EF1(500), EF2(500)
(2482)      IF(NP.EQ.0) GOTO 1
(2483)      EFOP=EF0(NP)
(2484)      GOTO 20
(2485)      1  EFOP=0.
(2486)      20 IF(NQ.EQ.0) GOTO 5
(2487)      EFQQ=EF0(NQ)
(2488)      GOTO 2
(2489)      5  EFQQ=0.
(2490)      2  COREO=Y0*(EFOP-EFQQ)
(2491)      RETURN
(2492)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000112 LINKAGE - 000044 STACK - 000042
0000 ERRORS [< CORNAC > FTN-REV17.2]

```

(2493)      SUBROUTINE CORNAD(CORE1,CORE2,IP,NP,NQ,Y1,EIN)
(2494)      C
(2495)      C  SUBROUTINA PARA CALCULAR LAS CORRIENTES POR UN ELEMENTO NO ACOPLADO
(2496)      C  EN SEC. POSITIVA Y NEGATIVA.
(2497)      C
(2498)      IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y)
(2499)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(2500)      IF(IP.EQ.0) GOTO 1
(2501)      IF(NP.EQ.0) GOTO 6
(2502)      EF1P=EF1(NP)
(2503)      EF2P=EF2(NP)
(2504)      GOTO 20
(2505)      1  EF1P=0.
(2506)      EF2P=0.
(2507)      GOTO 20
(2508)      6  EF1P=EIN
(2509)      EF2P=0.
(2510)      20 IF(NQ.EQ.0) GOTO 5
(2511)      EF1Q=EF1(NQ)
(2512)      EF2Q=EF2(NQ)
(2513)      GOTO 2
(2514)      5  EF1Q=EIN
(2515)      EF2Q=0.
(2516)      2  CORE1=Y1*(EF1P-EF1Q)
(2517)      CORE2=Y1*(EF2P-EF2Q)
(2518)      RETURN
(2519)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000230
 0000 ERRORS [<CORNAD>FTN-REV17.2]

LINKAGE - 000056 STACK - 000054

SUBROUTINE COREAC(CORFO,NELA,NEA,IND,JW,NXP)

PA

```

(2520)      SUBROUTINE COREAC(COREQ,NELA,NEA,IND,JW,NXP)
(2521)  C
(2522)  C  SUBROUTINA PARA CALCULAR LAS CORRIENTES POR UN ELEMENTO ACOPLADO
(2523)  C  FN SEC. CERO.
(2524)  C
(2525)      IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y)
(2526)      IMPLICIT INTEGER(P,Q)
(2527)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)/A60/LAD(200)
(2528)      COMMON/A6/LEA(60,2),YP(60,50,2),PA(60,2),QA(60,2),NXD(700)
(2529)      COREQ=0.
(2530)      IND=0
(2531)      DO 1 I=1,NEA
(2532)      IF(PA(I,2).EQ.0) GOTO 2
(2533)      DO 10 K=1,NXP
(2534)      IF(LAD(K).EQ.PA(I,2)) GOTO 2
(2535)  10  CONTINUE
(2536)      NP=NXD(PA(I,2))
(2537)      IF(NP.NE.0) GOTO 3
(2538)  5  WRITE(JW,100) LEA(I,2)
(2539)  100 FORMAT(/10X,'ERROR, EL ELEMENTO:',I4,' DEL CIRC. DE SEC. CERO, NO
(2540)  * EXISTE EN SEC. POSITIVA POR LO TANTO',/, 'NO PUEDE ESTAR ACOPLADO
(2541)  **)
(2542)      IND=1
(2543)      RETURN
(2544)  2  NP=0
(2545)  3  DO 11 K=1,NXP
(2546)      IF(LAD(K).EQ.QA(I,2)) GOTO 12
(2547)  11  CONTINUE
(2548)      NQ=NXD(QA(I,2))
(2549)      IF(NQ.NE.0) GOTO 4
(2550)      GOTO 5
(2551)  12  NQ=0
(2552)  4  IF(NP.EQ.0) GOTO 6
(2553)      EFOF=EF0(NP)
(2554)      GOTO 13
(2555)  6  EFOF=0.
(2556)  13  IF(NQ.EQ.0) GOTO 14
(2557)      EFOQ=EF0(NQ)
(2558)      GOTO 1
(2559)  14  EFOQ=0.
(2560)  C
(2561)  C  CORRIENTE SE SEC. CERO.
(2562)  C
(2563)  1  COREQ=COREQ+YP(NELA,I,2)*(EFOF-EFOQ)
(2564)      RETURN
(2565)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000406 LINKAGE - 000100 STACK - 000050
0000 ERRORS [<COREAC>FTN-REV17.2]

SUBROUTINE COREAD(CORE1,COPE2,NELA,NEA,VO,DELTA0)

```

(2566)      SUBROUTINE COREAD(CORE1,CORE2,NELA,NEA,VO,DELTA0)
(2567)      C
(2568)      C  SUBROUTINA PARA EL CALCULO DE CORRIENTES DE ELEMENTOS ACOPLADOS
(2569)      C  EN SEC. POSITIVA Y NEGATIVA.
(2570)      C
(2571)      IMPLICIT COMPLEX(C,E,Y)
(2572)      IMPLICIT INTEGER(P,Q)
(2573)      DIMENSION VO(700),DELTA0(700)
(2574)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(2575)      COMMON/A6/LEA(60,2),YP(60,60,2),PA(60,2),QA(60,2),NXD(700)
(2576)      CORE1=0.
(2577)      CORE2=0.
(2578)      DO 1 I=1,NEA
(2579)      IF(PA(I,1).EQ.0) GOTO 2
(2580)      NP=NXD(PA(I,1))
(2581)      IF(NP.EQ.0) GOTO 4
(2582)      GOTO 3
(2583)  2      EF1P=0.
(2584)      EF2P=0.
(2585)      GOTO 5
(2586)  4      EF1P=CMPLX(VO(PA(I,1)),DELTA0(PA(I,1)))
(2587)      EF2P=0.
(2588)      GOTO 5
(2589)  3      EF1P=EF1(NP)
(2590)      EF2P=EF2(NP)
(2591)  5      NQ=NXD(QA(I,1))
(2592)      IF(NQ.EQ.0) GOTO 6
(2593)      EF1Q=EF1(NQ)
(2594)      EF2Q=EF2(NQ)
(2595)      GOTO 10
(2596)  6      EF1Q=CMPLX(VO(QA(I,1)),DELTA0(QA(I,1)))
(2597)      EF2Q=0.
(2598)      C
(2599)      C  CORRIENTES DE SEC. POSITIVA Y NEGATIVA.
(2600)      C
(2601)  10      CORE1=CORE1+YP(NELA,I,1)*(EF1P-EF1Q)
(2602)  1      CORE2=CORE2+YP(NELA,I,1)*(EF2P-EF2Q)
(2603)      RETURN
(2604)      END

```

PROGRAM SIZE: PROCEDURE - 000364 LINKAGE - 000076 STACK - 000052
0000 ERRORS [<COREAD>FTN-REV17.2]

```

(2605)      SUBROUTINE IMP1(NB,CPF0,CPF1,CPF2,CPFA,CPFB,CPFC,EFA,EFB,EFC,
(2606)      *NBF,BASE,CONT,JW,IND,IND1)
(2607)      C
(2608)      C SUBROUTINA PARA LA IMPRESION DE UN CUADRO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE
(2609)      C FALLA EN LAS BARRAS.
(2610)      C
(2611)      IMPLICIT COMPLEX(C,Z,E)
(2612)      INTEGER*2 CONT
(2613)      INTEGER*4 TPF(4)
(2614)      DIMENSION EFA(500),EFB(500),EFC(500)
(2615)      COMMON/A10/EF0(500),EF1(500),EF2(500)
(2616)      COMMON/A11/LBUS(500)/A4/ZBUSD(700)
(2617)      DATA TPF(1)/3FAS/,TPF(2)/2FAS/,TPF(3)/1F-T/,TPF(4)/2F-T/
(2618)      IF(CONT.EQ.0) WRITE(JW,130)
(2619)      130 FORMAT('1')
(2620)      C
(2621)      C IMPRESION DEL ROTULADO DEL CUADRO.
(2622)      C
(2623)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2624)      100 FORMAT(/30X,'CUADRO DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRA PARA UNA FA
(2625)      *LLA:',A4,/30X,60(' '),/25X
(2626)      *, 'BARRA I',2X,'POT.C.C.',16X,'VOLTAJE',15X,'CORRIENTE',
(2627)      */37X,'MVA',9X,2(5X,'MAG.',7X,'ANG.',3X))
(2628)      CONT=CONT+6
(2629)      DO 3 I=1,NB
(2630)      IP=LBUS(I)
(2631)      IF(IP.EQ.NBF) GOTO 40
(2632)      C
(2633)      C IMPRESION DE LOS VOLTAJES DE SEC. DE LAS BARRAS NO FALLADAS.
(2634)      C
(2635)      WRITE(JW,103) IP,EF0(I)
(2636)      103 FORMAT(/26X,I5,13X,'SEC. 0',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2637)      CONT=CONT+2
(2638)      IF(CONT.LT.60) GOTO 4
(2639)      CONT=4
(2640)      WRITE(JW,130)
(2641)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2642)      4 WRITE(JW,104) EF1(I)
(2643)      104 FORMAT(44X,'SEC. P',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2644)      CONT=CONT+1
(2645)      IF(CONT.LT.60) GOTO 5
(2646)      CONT=4
(2647)      WRITE(JW,130)
(2648)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2649)      5 WRITE(JW,105) EF2(I)
(2650)      105 FORMAT(44X,'SEC. N',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2651)      CONT=CONT+1
(2652)      IF(CONT.LT.60) GOTO 6
(2653)      IF(IND1.EQ.1.AND.I.EQ.NB) GOTO 200
(2654)      CONT=4
(2655)      WRITE(JW,130)
(2656)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2657)      6 IF(IND1.EQ.1) GOTO 3
(2658)      C
(2659)      C IMPRESION DE LOS VOLTAJES DE FASE DE LAS BARRAS NO FALLADAS.
(2660)      C
(2661)      WRITE(JW,106) EFA(I)
(2662)      106 FORMAT(44X,'FASE A',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2663)      CONT=CONT+1
(2664)      IF(CONT.LT.60) GOTO 7

```

```

(2665)      CONT=4
(2666)      WRITE(JW,130)
(2667)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2668)  7     WRITE(JW,107) EFB(I)
(2669)  107  FORMAT(44X,'FASE B',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2670)      CONT=CONT+1
(2671)      IF (CONT.LT.60) GOTO 8
(2672)      WRITE(JW,130)
(2673)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2674)  9     WRITE(JW,108) EFC(I)
(2675)  108  FORMAT(44X,'FASE C',1X,F10.5,1X,F10.5)
(2676)      CONT=CONT+1
(2677)      IF (CONT.LT.60) GOTO 3
(2678)      IF (I.EQ.NB) GOTO 200
(2679)      WRITE(JW,130)
(2680)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2681)      GOTO 3
(2682)  C
(2683)  C   IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE SEC. PARA LA BARRA FALLADA.
(2684)  C
(2685)  40   IF (IND.NE.1) GOTO 20
(2686)  C
(2687)  C   CALCULO DE LA POT. DE CORTOCIRCUITO PARA UNA FALLA TRIFASICA.
(2688)  C
(2689)      CALL RAP1(1/ZBUSD(I),ZAUX)
(2690)      PCC=REAL(ZAUX*BASE)
(2691)      WRITE(JW,109) IP,PCC,EF0(I),CPF0
(2692)  109  FORMAT(/25X,'F',I5,3X,F8.3,2X,'SEC. 0',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2693)      GOTO 70
(2694)  20   WRITE(JW,121) IP,EF0(I),CPF0
(2695)  121  FORMAT(/25X,'F',I5,13X,'SEC. 0',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2696)  70   CONT=CONT+2
(2697)      IF (CONT.LT.60) GOTO 10
(2698)      CONT=4
(2699)      WRITE(JW,130)
(2700)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2701)  10   WRITE(JW,110) EF1(I),CPF1
(2702)  110  FORMAT(44X,'SEC. P',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2703)      CONT=CONT+1
(2704)      IF (CONT.LT.60) GOTO 11
(2705)      CONT=4
(2706)      WRITE(JW,130)
(2707)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2708)  11   WRITE(JW,111) EF2(I),CPF2
(2709)  111  FORMAT(44X,'SEC. N',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2710)      CONT=CONT+1
(2711)      IF (CONT.LT.60) GOTO 12
(2712)      IF (IND1.EQ.1.AND.I.EQ.NB) GOTO 200
(2713)      CONT=4
(2714)      WRITE(JW,130)
(2715)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2716)  12   IF (IND1.EQ.1) GOTO 3
(2717)  C
(2718)  C   IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE PARA LA BARRA FALLADA.
(2719)  C
(2720)      WRITE(JW,112) EFA(I),CPFA
(2721)  112  FORMAT(44X,'FASE A',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2722)      CONT=CONT+1
(2723)      IF (CONT.LT.60) GOTO 13
(2724)      CONT=4

```

```
(2725)      WRITE(JW,130)
(2726)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2727)  15   WRITE(JW,113) EFB(1),CPFB
(2728)  113  FORMAT(44X,'FASE B',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2729)      CONT=CONT+1
(2730)      IF(CONT.LT.60) GOTO 14
(2731)      CONT=4
(2732)      WRITE(JW,130)
(2733)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2734)  14   WRITE(JW,114) EFC(1),CPFC
(2735)  114  FORMAT(44X,'FASE C',1X,2(F10.5,1X,F10.5,2X))
(2736)      CONT=CONT+1
(2737)      IF(CONT.LT.60) GOTO 3
(2738)      IF(I.EQ.NB) GOTO 200
(2739)      CONT=4
(2740)      WRITE(JW,130)
(2741)      WRITE(JW,100) TPF(IND)
(2742)  3    CONTINUE
(2743)  200  CONT=0
(2744)      RETURN
(2745)      END
PROGRAM SIZE:  .PROCEDURE - 002436  LINKAGE - 000112  STACK - 000114
0000 ERRORS [ <IMP1 >FTN-REV17.2]
```



```

(2746)      SJROUTINE IMPVCE(PCC,EF0,EF1,EF2,CPF0,CPF1,CPF2,I,EF0P,EF1P,EF2P,
(2747)      *CE0,CE1,CE2,NEL,J,INDF,IND2,IND3,CONT,JW,INDA,CPFA,CPFB,CPFC,
(2748)      *EFA,EFB,EFCA,EFAP,EFBP,EFCA,CEB,SEC,NE)
(2749)      C
(2750)      C  SUBROUTINA PARA LA IMPRESION DE UN CUADRO DE CORRIENTES Y VOLTAJES DE
(2751)      C  FALLA EN ELEMENTOS Y BARRAS.
(2752)      C
(2753)      IMPLICIT COMPLEX(C,E)
(2754)      INTEGER*2 CONT
(2755)      INTEGER*4 TPF(4)
(2756)      DATA TPF(1)/3FAS*/,TPF(2)/2FAS*/,TPF(3)/1F-T*/,TPF(4)/2F-T*/
(2757)      IF(NE.NE.1.AND.CONT.NE.0) GOTO 70
(2758)      IF(CONT.EQ.0) WRITE(JW,100)
(2759)      130  FORMAT(*1*)
(2760)      C
(2761)      C  IMPRESION DEL ROTULADO DEL CUADRO.
(2762)      C
(2763)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2764)      101  FORMAT(/30X,*VOLTAJES Y CORRIENTES DE BARRAS Y ELEMENTOS PARA UNA
(2765)      * FALLA:*,A4,/30X,*3(**)/,/22X,
(2766)      *BARRAS (F:FALLADA)*,22X,*!*,24X,*ELEMENTOS*/6X,*I*,2X,*POT.C.C.*
(2767)      *,3X,*VOLTAJE*,11X,*CORRIENTE*,5X,*!*,2X,*NUM*/3X,*I*,3X,*J*,12X,
(2768)      *VOLT. EN J*,7X,*CORRIENTE I J*/12X,*MVA*/6X,2(6X,*MOD.*5X,*ANG.
(2769)      *)3X,*!*,17X,2(6X,*MOD.*5X,*ANG.*)
(2770)      CONT=CONT+7
(2771)      70  GOTO(30,40,50),INDA
(2772)      C
(2773)      C  IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE LA BARRA FALLADA Y DE UN
(2774)      C  ELEMENTO CONECTADO A DICHA BARRA.
(2775)      C
(2776)      30  IF(CONT.LT.60) GOTO 4
(2777)      CONT=7
(2778)      WRITE(JW,100)
(2779)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2780)      C
(2781)      C  VOLTAJES Y CORRIENTES DE SECUENCIA.
(2782)      C
(2783)      4  IF(INDF.NE.1) GOTO 5
(2784)      WRITE(JW,103) I,PCC,EF0,CPF0,NEL,I,J,EF0P,CE0
(2785)      103  FORMAT(2X,*F*,I4,2X,F8.3,1X,*SEC. 0*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),
(2786)      *1X,*!*,1X,3I4,1X,*SEC. 0*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2787)      GOTO 6
(2788)      5  WRITE(JW,104) I,EF0,CPF0,NEL,I,J,EF0P,CE0
(2789)      104  FORMAT(2X,*F*,I4,11X,*SEC. 0*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,*!*,1X,
(2790)      *3I4,1X,*SEC. 0*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2791)      6  CONT=CONT+1
(2792)      IF(CONT.LT.60) GOTO 7
(2793)      CONT=7
(2794)      WRITE(JW,100)
(2795)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2796)      7  WRITE(JW,105) EF1,CPF1,EF1P,CE1
(2797)      105  FORMAT(18X,*SEC. P*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,*!*,14X,*SEC. P*,
(2798)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2799)      CONT=CONT+1
(2800)      IF(CONT.LT.60) GOTO 8
(2801)      CONT=7
(2802)      WRITE(JW,100)
(2803)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2804)      8  WRITE(JW,106) EF2,CPF2,EF2P,CE2
(2805)      106  FORMAT(18X,*SEC. N*,2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,*!*,14X,*SEC. N*,

```

```

(2806)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2807)      CONT=CONT+1
(2808)      IF(IND2.EQ.2.OR.IND3.EQ.3) GOTO 200
(2809)      C
(2810)      C   VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE.
(2811)      C
(2812)      IF(CONT.LT.60) GOTO 9
(2813)      CONT=7
(2814)      WRITE(JW,100)
(2815)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2816)      9   WRITE(JW,107) EFA,CPFA,EFAP,CEA
(2817)      107 FORMAT(18X,'FASE A',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'FASE A',
(2818)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2819)      CONT=CONT+1
(2820)      IF(CONT.LT.60) GOTO 10
(2821)      CONT=7
(2822)      WRITE(JW,100)
(2823)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2824)      10  WRITE(JW,108) EFB,CPFB,EFBP,CEB
(2825)      108 FORMAT(18X,'FASE B',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'FASE B',
(2826)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2827)      CONT=CONT+1
(2828)      IF(CONT.LT.60) GOTO 11
(2829)      CONT=7
(2830)      WRITE(JW,100)
(2831)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2832)      11  WRITE(JW,109) EFC,CPFC,EFCP,CEC
(2833)      109 FORMAT(18X,'FASE C',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3),1X,'!',14X,'FASE C',
(2834)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2835)      CONT=CONT+1
(2836)      GOTO 200
(2837)      C
(2838)      C   IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE UNA BARRA NO FALLADA Y DE
(2839)      C   UN ELEMENTO CONECTADO A DICHA BARRA.
(2840)      C
(2841)      40  IF(CONT.LT.60) GOTO 12
(2842)      CONT=7
(2843)      WRITE(JW,100)
(2844)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2845)      C
(2846)      C   VOLTAJES Y CORRIENTES DE SECUENCIA.
(2847)      C
(2848)      12  WRITE(JW,111) I,EF0,NEL,I,J,EF0P,CE0
(2849)      111 FORMAT(3X,I4,11X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),20X,'!',1X,I4,
(2850)      *1X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2851)      CONT=CONT+1
(2852)      IF(CONT.LT.60) GOTO 15
(2853)      CONT=7
(2854)      WRITE(JW,100)
(2855)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2856)      15  WRITE(JW,112) EF1,EF1P,CE1
(2857)      112 FORMAT(18X,'SEC. P',2(1X,F8.3),20X,'!',14X,'SEC. P',
(2858)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2859)      CONT=CONT+1
(2860)      IF(CONT.LT.60) GOTO 16
(2861)      CONT=7
(2862)      WRITE(JW,100)
(2863)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2864)      16  WRITE(JW,113) EF2,EF2P,CE2
(2865)      113 FORMAT(18X,'SEC. N',2(1X,F8.3),20X,'!',14X,'SEC. N',

```

SUBROUTINE IMPVCE(PCC,EF0,EF1,EF2,CPF0,CPF1,CPF2,I,EF0P,EF1P,EF2P,

PA

```
(2866)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2867)      CONT=CONT+1
(2868)      IF(IND2.EQ.2.OR.IND3.EQ.3) GOTO 200
(2869)      C
(2870)      C  VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE.
(2871)      C
(2872)      IF(CONT.LT.60) GOTO 17
(2873)      CONT=7
(2874)      WRITE(JW,100)
(2875)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2876)      17  WRITE(JW,114) EFA,EFAP,CEA
(2877)      114  FORMAT(18X,'FASE A',2(1X,F8.3),20X,'!',14X,'FASE A',
(2878)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2879)      CONT=CONT+1
(2880)      IF(CONT.LT.60) GOTO 18
(2881)      CONT=7
(2882)      WRITE(JW,100)
(2883)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2884)      18  WRITE(JW,115) EFB,EFBP,CEB
(2885)      115  FORMAT(18X,'FASE B',2(1X,F8.3),20X,'!',14X,'FASE B',
(2886)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2887)      CONT=CONT+1
(2888)      IF(CONT.LT.60) GOTO 19
(2889)      CONT=7
(2890)      WRITE(JW,100)
(2891)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2892)      19  WRITE(JW,116) EFC,EFCP,CEC
(2893)      116  FORMAT(18X,'FASE C',2(1X,F8.3),20X,'!',14X,'FASE C',
(2894)      *2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2895)      CONT=CONT+1
(2896)      GOTO 200
(2897)      C
(2898)      C  IMPRESION DE VOLTAJES Y CORRIENTES DE UN ELEMENTO.
(2899)      C
(2900)      50  IF(CONT.LT.60) GOTO 20
(2901)      CONT=7
(2902)      WRITE(JW,100)
(2903)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2904)      C
(2905)      C  VOLTAJES Y CORRIENTES DE SECUENCIA.
(2906)      C
(2907)      20  WRITE(JW,117) NEL,I,J,EF0P,CE0
(2908)      117  FORMAT(62X,'!',1X,3I4,1X,'SEC. 0',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2909)      CONT=CONT+1
(2910)      IF(CONT.LT.60) GOTO 21
(2911)      CONT=7
(2912)      WRITE(JW,100)
(2913)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2914)      21  WRITE(JW,118) EF1P,CE1
(2915)      118  FORMAT(62X,'!',14X,'SEC. P',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2916)      CONT=CONT+1
(2917)      IF(CONT.LT.60) GOTO 22
(2918)      CONT=7
(2919)      WRITE(JW,100)
(2920)      WRITE(JW,101) TPF(INDF)
(2921)      22  WRITE(JW,119) EF2P,CE2
(2922)      119  FORMAT(62X,'!',14X,'SEC. N',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2923)      CONT=CONT+1
(2924)      IF(IND2.EQ.2.OR.IND3.EQ.3) GOTO 200
(2925)      C
```

```

(2926) C   VOLTAJES Y CORRIENTES DE FASE.
(2927) C
(2928)     IF (CONT.LT.50) GOTO 23
(2929)     CONT=7
(2930)     WRITE (JW,100)
(2931)     WRITE (J.,101) TPF (INDF)
(2932) 23   WRITE (JW,120) EFAP,CEA
(2933) 120  FORMAT (62X,'!',14X,'FASE A',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2934)     CONT=CONT+1
(2935)     IF (CONT.LT.60) GOTO 24
(2936)     CONT=7
(2937)     WRITE (JW,100)
(2938)     WRITE (J.,101) TPF (INDF)
(2939) 24   WRITE (JW,121) EFBP,CEB
(2940) 121  FORMAT (62X,'!',14X,'FASE B',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2941)     CONT=CONT+1
(2942)     IF (CONT.LT.60) GOTO 25
(2943)     CONT=7
(2944)     WRITE (JW,100)
(2945)     WRITE (J.,101) TPF (INDF)
(2946) 25   WRITE (JW,122) EFCP,CEC
(2947) 122  FORMAT (62X,'!',14X,'FASE C',2(1X,F8.3),1X,2(1X,F8.3))
(2948)     CONT=CONT+1
(2949) 200  IF (CONT.GE.60) CCMT=0
(2950)     RETURN
(2951)     END
PROGRAM SIZE:  PROCEDURE - 004347  LINKAGE - 000052  STACK - 000202
0380 ERRORS [IMPVCE>FTN-REV17.2]

```

BIBLIOGRAFIA

- 1.- G. W. Stagg, A. H. El-Abiad, **Computer Methods in Power System Analysis**, Mc Graw-Hill Book Company, U.S.A., 1968.
- 2.- O. I. Elger, **Electric Energy Systems Theory**, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company LTD, Nueva Delhi, 1971.
- 3.- H. E. Brown, **Solution of Large Networks by Matrix Methods**, John Willey & Sons, U.S.A., 1975.
- 4.- W. D. Stevenson, **Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia**, Mc Graw-Hill, Bogotá, 1979.
- 5.- **Electrical Transmission and Distribution Reference Book**, Westinghouse, U.S.A..
- 6.- H. A. Daniels, M. Chen, "Compensation of Mutual Coupling in the Formation of the Bus Impedance Matrix", IEE PAS-90, pp. 1007-1016, 3, 1974.

- 7.- R. Proulx, D. Crevier, "New Iterative Short-Circuit Calculation Algorithm", IEE PAS-101, pp. 2681-2685, 6, 1982.
- 8.- F. L. Alvarado, "Formation of Y-Node Using the Primitive Y-Node Concept", IEE PAS-101, pp. 4563-4571, 12, 1982.
- 9.- E. Marmol, Estudios de Flujos de Carga Mediante los Métodos de Newton-Raphson, Tesis de Grado EPN, Junio 1983.
- 10.- B. Stott, D. Alsac, "Fast Decoupled Load Flow", IEE PAS-93, pp. 859-869, 3, 1974.
- 11.- B. Stott, "Review of Load-Flow Calculation Methods", IEE Proceedings-62, pp. 916-929, 7, 1974.
- 12.- K. Zollenkopf, "Bi-Factorisation, Basic Computational Algorithm and Programming Techniques", Large Sparse Sets of Linear Equations, Academic Press, U.S.A., 1971, pp. 75-96.
- 13.- T. R. Mc Calla, Introduction to Numerical Methods and FORTRAN Programming, John Wiley & Sons, U.S.A., 1967.
- 14.- B. Carnahan, H. A. Luther, J. O. Wilkes, Cálculos Numéricos, Métodos, Aplicaciones, Editorial Rueda,

Madrid, 1979.

- 15.- F. Cress, P. Dirksen, J. W. Graham, **Fortran IV con Watfor y Warfiv**, Prentice/Hall International, New Jersey, 1973.
- 16.- M. V. Erazo, **Cálculo Digital de Cortocircuitos en Sistemas Eléctricos de Potencia**, Tesis de Grado EPN, Marzo 1976.
- 17.- **Network Fault Analysis Program: User's Guide**, Philadelphia Electric Company, U.S.A., 1973.
- 18.- E. Vass, **Circuitos Eléctricos I**, EPN, Quito, 1979.
- 19.- J. R. Neuenswander, **Modern Power Systems**, International Textbook Company, U.S.A., 1971.