



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOBIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

Trabajo de Diploma

*Facultad de Ingeniería Eléctrica
Centro de Estudios Electroenergéticos*

*Título: "Coordinación de Protecciones en la
subestación Tuinucú 110/34,5 KV".*

Autor: Elvis Karel Jacomino Jiménez

*Tutores: Msc. Henry Rivero Quintero
Ing. Roberto Vera Montero*

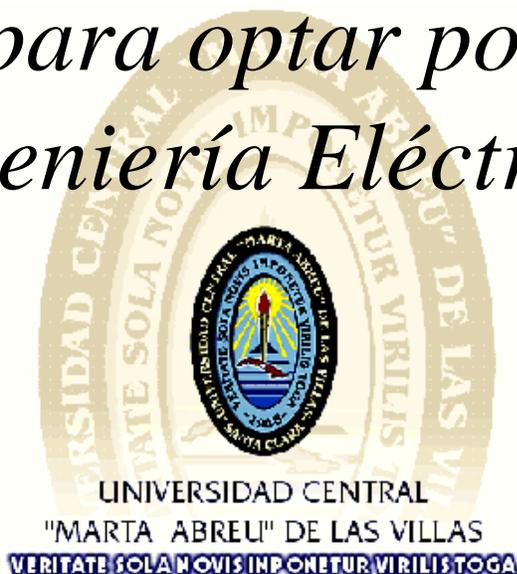
*Santa Clara
"Año 50 de la Revolución"*



2008

"Año 50 de la Revolución"

Trabajo para optar por el título en Ingeniería Eléctrica



*Facultad de Ingeniería Eléctrica
Centro de Estudios Electroenergéticos*

**Título: “Coordinación de Protecciones en la Subestación Tuinucú
110/34,5kV.”**

Autor: Elvis Karel Jacomino Jiménez
E-mail: elvis_karel@uclv.edu.cu

Tutores: Henry Rivero Quintero
E-mail: henry@elecssp.une.cu
Roberto Vera Montero
E-mail: roberto@elecssp.une.cu

Facultad de Ingeniería Eléctrica. UCLV
Santa Clara 2008



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la Maestría en Ingeniería Eléctrica en la Mención de Sistemas, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Autor Firma del Jefe de

Departamento donde se
defiende el trabajo

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

Pensamiento

*Enorgullecerse del conocimiento es estar ciego con luz.
Franklin.*

Dedicatoria

A mi familia.

Agradecimiento

*A todas aquellas personas
que hicieron posible la
realización de esta tesis.*

Tarea técnica

1-Cálculo de niveles de cortocircuito en la subestación de 110KV.

2-Ajuste de fase y tierra de las protecciones.

Firma del Autor

Firma del Tutor

RESUMEN:

Debido a la introducción en nuestro país de grupos electrógenos en el sistema Electroenergético, se vio la necesidad de calcular los nuevos ajustes de las protecciones en las

subestaciones, ya que el nivel de cortocircuito así como las distintas variantes de operación de estos grupos no son las mismas.

En este caso en particular se realiza un estudio de la instalación de una planta fuel de 18.8 MVA conectada a través de dos transformadores de 12.5 MVA en el municipio Sancti Spíritus de la provincia Sancti Spíritus ver (anexo 1.4).

En primer lugar se introdujeron los datos de la red Eléctrica en PSX y posteriormente se realizaron las corridas de flujo correspondiente, en las cuales se analizaron los diferentes regímenes de trabajo:

1. Cargas alimentadas solamente a través de las plantas.
2. Cargas alimentadas sólo a través del sistema.
3. Cargas conectadas a través de las plantas y el sistema.

En cada uno de los regímenes de trabajo anteriores se realizaron las corridas de flujo correspondientes así como los niveles de cortocircuito máximo y mínimo para cada elemento del sistema.

Con los resultados anteriores se comienza el cálculo del ajuste de la protección de sobrecorriente de fase y de tierra, analizándolas a través de los siguientes criterios:

1. Protección de fase y de tierra vista desde el sistema.
2. Protección de fase y de tierra vista desde las plantas.

	Pág.
Introducción	1
Capítulo # 1	3
Introducción.	3
1.1	
Datos de los transformadores de corriente, asociado a los transformadores de distribución.	4
1.2	
1.2.1 Transformadores de corriente asociados a los interruptores.	4
1.2.2 Transformadores de potencia (TP) instalados en 34,5 KV.	5
1.3	
Datos y características técnicas.	6
1.3.1 Protección eléctrica de los transformadores.	6
1.3.2 Protección de gases.	6
1.3.3 Protección de sobre corriente de fase y de tierra.	6
1.3.4 Protección de sobre corriente de fase y de tierra del 1160.	7
1.4	
Protecciones y automática comunes a todos los elementos.	7
1.5	
Protección diferencial de barra.	8
1.5.1 Protección diferencial de barra no. 1(34,5KV).	8
1.5.2 Protección diferencial de barra no. 2 (34,5KV).	8
Funcionamiento de la protección diferencial de barra.	8
1.5.3	
Capítulo # 2	10
Corridas de PSX.	10
2.1	
Introducción.	10
PSX.	10
2.2	
2.2.1 Datos de Barra.	10
Datos de Líneas.	12
2.2.2	
2.2.3 Datos de Transformadores.	13
2.3	
Corridas del PSX desde el sistema y generadores.	13
Corrida de niveles de cortocircuito desde el sistema y generadores.	14
2.3.1	

	Corrida de PSX para la condición de máxima generación.	14
2.3.2		
	Cálculo de los niveles de cortocircuito para mínima con solo el sistema.	14
2.3.3		
	Corrida del PSX solo con plantas.	15
2.4		
	Corrida de PSX con las plantas Fuel alimentando carga hacia el ramal izquierdo de la red.	15
2.4.1		
	Corrida de PSX con las plantas Fuel alimentando carga hacia el ramal derecho de la red.	15
2.4.2		
	Corrida de PSX con las plantas Fuel trabajando en isla la red de distribución.	16
2.4.3		
	Corrida de PSX con las plantas Fuel trabajando en isla a un ½ de su capacidad la red.	17
2.4.4		
	Corrida de flujo con solo el sistema.	17
2.5		
	Capítulo # 3 Protección de Fase.	19
3.1		
	Introducción.	19
	Protección de fase desde el sistema.	19
3.2		
3.2.1		
	Cálculo de la corriente de arranque.	19
3.2.2		
	Chequeo de sensibilidad.	23
	Subestaciones hasta las cuales esta garantizada la sensibilidad.	24
3.2.3		
	Tiempo de operación.	25
3.2.4		
3.2.5		
	Elemento instantáneo.	28

	Coordinación gráfica.	28
3.2.6	Protección de fase vista desde vista plantas hacia el ramal izquierdo. La carga a través de la línea del 1180.	29
3.3	Cálculo de la corriente de arranque hacia el ramal izquierdo la carga.	29
3.3.1	Chequeo de sensibilidad, la Fuel alimentando hacia el ramal izquierdo la carga.	31
3.3.2	Tiempo de operación.	32
3.3.3	Elemento instantáneo.	33
3.3.4	Protección de fase visto desde las planta, hacia el ramal derecho la carga.	34
3.4	Cálculo de la corriente de arranque hacia la carga del ramal derecho.	34
3.4.1	Chequeo de sensibilidad. La Fuel alimenta la carga del ramal derecho.	35
3.4.2	Tiempo de operación.	35
3.4.3	Elemento instantáneo.	36
3.4.4	Protección de fase vista desde las plantas que trabajan y alimentan la carga en isla.	37
3.5	Cálculo de la corriente de arranque para las plantas fuel que trabajan con la carga en Isla.	37
3.5.1		

	Cheque de sensibilidad para las plantas fuel que trabajan en Isla.	38
3.5.2		
3.5.3	Tiempo de operación.	38
3.5.4	Elemento instantáneo.	39
3.5.5	Chequeo de sensibilidad, la Fuel trabaja a 1/2 de su capacidad.	39
	Ajuste gráfico de las protecciones.	40
3.6		
Capítulo # 4	Protección de tierra.	42
	Introducción.	42
4.1		
4.2	Cálculo de la corriente de arranque.	42
	Cálculo de la sensibilidad.	43
4.2.1		
4.2.2	Tiempo de operación.	44
	Elemento instantáneo.	47
4.2.3		
4.2.4	Gráfica de las protecciones.	48
	Protección de tierra desde las plantas alimentando la carga hacia el ramal izquierdo.	48
4.3		
	Cálculo de las corrientes de arranques.	48
4.3.1		
	Cálculo de la sensibilidad.	49
4.3.2		
	Tiempo de operación.	50
4.3.3		
4.3.4	Elemento instantáneo.	51
	Orientado desde las plantas fuel, alimentando las cargas hacia el ramal derecho.	52
4.4		
4.4.1	Cálculo de las corrientes de arranques.	52

4.4.2	Comprobando Sensibilidad.	53
	Tiempo de operación.	53
4.4.3		
4.4.4	Elemento instantáneo.	54
	Orientado desde las plantas fuel, alimentando la carga en isla.	55
4.5		
4.5.1	Cálculo de las corrientes de arranques.	55
4.5.2	Comprobando Sensibilidad.	55
	Tiempo de operación.	55
4.5.3		
4.5.4	Elemento instantáneo.	56
4.6	Gráfico de las protecciones.	57
4.7	Ajuste final de las protecciones de fase y de Tierra	57
	Conclusiones.	58
	Recomendaciones.	59
	Bibliografía.	60
	Anexos	61

Capítulo# 1 Introducción.

1.1 Introducción.

En este capítulo se dan algunos datos de la subestación de Tuinucú y conceptos necesarios.

En el monolineal de la fig. 1.1 se puede ver como es la subestación de Tuinucú.

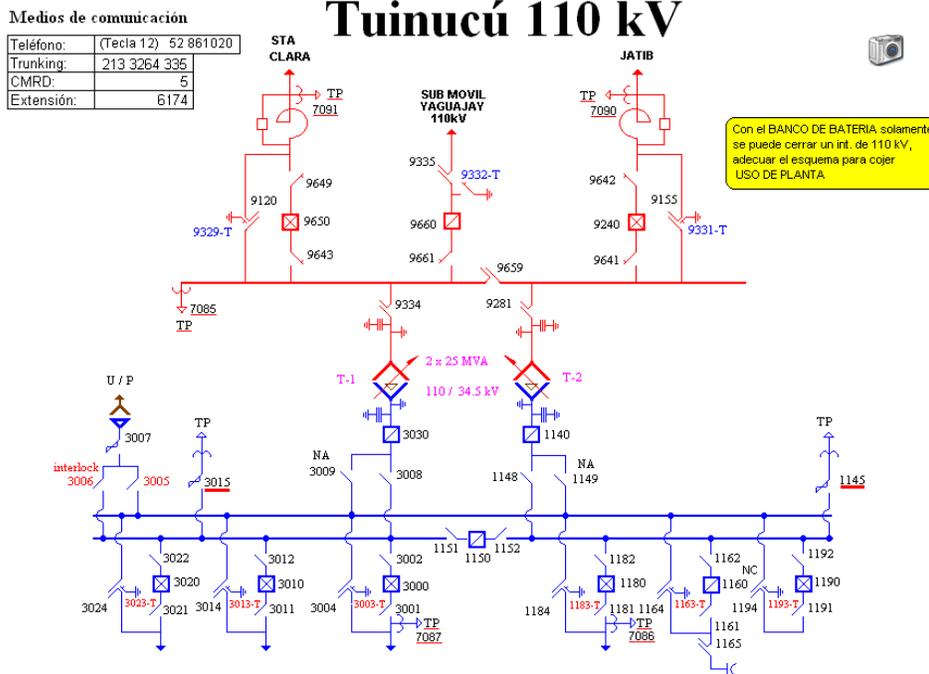


Fig 1.1 Monolineal de Tuinucú.

Como se puede apreciar en el monolineal esta subestación tiene entradas por 110 KV de Santa Clara y Jatibonico, presenta dos transformadores de 25MVA, por la parte de 34.5 KV presenta 4 salidas por los interruptores 3010, 3020, 1180y el 3000 que es un interruptor (int) que une a la subestación, mediante él con la de Jatibonico. Además conectado en la línea del 1180 se encuentra la Fuel que tiene 5 generadores de 4785 KVA los cuales se conectan a 33 KV por dos transformadores de 12,5 MVA, con relación de transformación de 34.5/13.8 KV. Además está el interruptor 1160 que es un banco de capacitores.

Presenta un esquema principal seccionalizador con un int, barra auxiliar, cada transformador (transf) tiene un totalizador y existen 7 int, para línea de salida de tensión de 34,5 KV.

La subestación cuenta con una casa de control donde se encuentran los equipos secundarios tales como: paneles de medición y control, de protección eléctrica, automática y señalización, sistema de corriente directa y corriente alterna, así como los equipos de comunicación y transformadores de corriente de 110 KV.

Existen dos juegos de transformadores de corriente, uno a cada transformador principal.

1.2 Datos de los transformadores de corriente, asociados a los

transformadores de distribución.

Estos datos se pueden ver en la tabla 1.1.

Devanado secundario	Relación de transformación (RTC)	Capacidad en V:A	Clase
1 S 1	600/5	30	0.5
2 S 1	600/5	30	10P
3 S 1	600/5	30	10P

Tabla 1.1 Datos de los transformadores de corriente.

1.2. 1. Transformadores de corriente asociados a los interruptores.

Cada interruptor posee 4 devanados secundarios en los manguitos, dos a cada lado y las siguientes características se muestran en la tabla 1.2.

Devanado secundario	Relación de transformación (RTC)	Capacidad en V:A	Clase
1 S 1	400/5	30	0.5
2 S 1	400/5	30	10P
3 S 1	400/5	30	10P

Tabla 1.2 Características del transformador de corriente.

Estos transformadores de corriente se usan en mediciones y protecciones con la siguiente distribución.

Interruptores de líneas. (3010, 1180, 3020,3000).

En el interruptor 1160 y los totalizadores, los transformadores de corriente presentan las características mostradas en la (tabla 1.1).

- El que está en la banda línea se utiliza para la protección de barra.
- El que está en la banda barra se utiliza para la protección de sobrecorriente y las mediciones.

En el int. de enlace de barra (1190).

- El que está en la banda barra no. 1 se utiliza para la protección de sobrecorriente y para la protección diferencial de la barra no. 2.
- El que está en la banda no. 2 se utiliza para las mediciones y las protecciones diferenciales de la barra no. 1

En los int. Totalizadores. (3030, 1140).

- El que está en la banda barra se utiliza para la protección diferencial del transf... y los de banda transf... se utiliza en la protección diferencial de la barra correspondiente.

1.2.2. Transformador de potencia (TP) instalados en 34,5 KV.

Existen dos juegos de transf... de potencial, instalados cada uno en ambas barras de 34,5 KV de idénticas características, mostradas en el (anexo 1).

El objetivo de estos es el chequeo de la ausencia de tensión en líneas para el cierre manual remoto y sin automática del int. 1180. Se conectan los dos devanados secundarios en serie y protegidos por baja tensión con un int. de caja plástica.

1.3. Datos y características técnicas.

1.3.1 Protección eléctrica de los transformadores.

Los transf... están protegidos por.

Protección diferencial.

El esquema está confeccionado con relevadores PHT-565 en uno y en el otro BDD en las tres fases.

Posee bloqueo de conexión independiente para cada fase. En los dos casos su zona de operación abarca desde los transf... de corriente conectado a 110 KV hasta las magnitudes aisladoras de lado de barra de los int. totalizadores.

En el circuito de control de la protección diferencial de ambos transf..., se encuentra conectada una lámpara con pantalla blanca, la que permanece en estado de incandescencia.

En caso de interrupción de la alimentación de corriente directa u operación del relevador maestro, se desconecta la lámpara.

1.3.2 Protección de gases.

Se encuentra instalada en ambos transf... una tipo Bushel.

Se encuentra instalado en ambos transf... uno en el tanque principal y otro en el cambio de derivaciones.

1.3.3 Protección de sobrecorriente de fase y de tierra.

Posee protecciones contra cortocircuito entre fases y de fase a tierra, implantado con relevador 7 SJ. 600.

Este tiene implementado esquema de cierre automático.

Condiciones en que se ejecuta el cierre automático.

- Apertura de un totalizador, a excepción de las protecciones de barras.

Que no existe tensión en el sistema de barra. La puesta en servicio de las protecciones automáticas será supervisada por despacho.

Las señalizaciones se pueden ver (anexo 2).

1.3.4 Protección de sobrecorriente de fase y de tierra del 1160.

Posee protecciones contra cortocircuito entre fases y de fase a tierra, implantado con relevador IM 30 DRE.

1.4 Protecciones y automáticas comunes a todos los elementos.

Se encuentran instalados un panel de control automático para la desconexión y otro automático por frecuencia (DAF) y la conexión automática por frecuencia (RAF).

Todos los int. alimentados están incorporados a la automática de la desconexión y conexión por frecuencia, los cuales pueden ser conectados o no, por medio de llaves. La conexión para la operación es supervisada por el despacho de carga.

Las llaves de conectar los distintos int. con la automática desconexión o conexión por frecuencia tiene los siguientes regímenes:

- Posición 1 DAF y RAF conectado.
- Posición 2 DAF y RAF desconectado.
- Posición 3 DAF conectado y RAF desconectado.

Cada uno de los int alimentados posee en el panel una llave de control KB que permite controlar el régimen de trabajo.

Se prevé la operación con 2 escalones llamados DAF 1 y DAF 2, el primero instantáneo y el 2 temporizado.

El panel está provisto de señalización propia, incluyendo alarma sonora. Las señalizaciones son las siguientes.

1 PY Operación de la DAF 1.

2 PY Operación de la DAF 2.

3 PY Desconexión de int. de caja plástica.

La lámpara central del panel cuando está iluminada indica la operación de algún relevador de señalizaciones.

1.5 Protección diferencial de barra.

1.5.1 Protección diferencial de barra no. 1 (34,5KV).

La zona de operación abarca desde los transf... de corriente por el lado del transf... nro. 1 del int. 1140 desde los transf... de corriente lado línea de los int. 1190 y 1180. Y los Transf... de corriente lado de la barra nro. 2 del int. 1150.

1.5.2 Protección diferencial de barra nro. 2. (34,5kV).

La zona de operación abarca desde los transf... de corriente lado de transf... nro. 2 del int. 3030 desde los transf... de corriente lado línea de los int. 3020 y 3010 y los transf... de corriente lado barra nro. 1.

1.5.3 Funcionamiento de la protección diferencial de barra.

Esta protección se implementa con relevadores PHT 565.

En cada uno de estos paneles existe una llave rotulada con 87 B que permite bloquear la operación de la diferencial ante operaciones específicas.

En caso de la operación diferencial reciben apertura los siguientes int.

Barra nro. 1 (1140, 1190, 1180 y 1150).

Barra nro. 2 (3010, 3020, 3000 y 1150).

El relevador maestro operado impide el cierre de los int., lo que implica que después de eliminar la causa del fallo hay que llevar a la posición de rearme la llave rotulada como relé maestro.

La puesta en servicio y la presencia de corriente directa de esta protección está determinada por las lámparas que se encuentran en estado de incandescencia, si se detectan apagadas pueden ser provocadas por las siguientes causas:

- Lámpara fundida.
- Relevador maestro operado.
- Falta de CD.

Es necesario que el operador realice una inspección visual para comprobar su estado de funcionamiento.

Capítulo # 2 Corridas de PSX.

2.1 Introducción.

En este capítulo se realizan múltiples corridas de PSX, lo mismo de flujo de carga que para cortocircuito (c.c) con el objetivo de realizar diferentes ajustes a las protecciones. Además se darán a conocer las diferentes variantes para las corridas.

2.2 PSX.

Inicialmente para hacer los flujos de carga en el programa PSX se analizan los datos necesarios a introducir de la forma siguiente:

1. Datos de Barras.
2. Datos de Líneas.
3. Datos de Transformadores.
4. Datos de Generadores.
5. Datos de Capacitores.
6. Datos de Reactores.

2.2.1 Datos de Barra.

Nombre de la barra: fueron asignados en correspondencia al lugar y nivel de voltaje donde se encontraban y en muchos casos ya eran conocidos.

Tipos:

- B: Nodo de Balance.
- PV: Nodo de Voltaje.
- PQ: Nodo de Carga.

Nodo de Balance: Se selecciona para cada corrida el grupo de generadores que están en servicio.

Nodo PV: En el caso de corridas con ambos PV grupos de generadores se toma uno como PV y otro como balance.

PQ: Nodo de carga: Todos los nodos de las subestaciones de distribución y transmisión así como en líneas se declaran PQ.

- Voltaje nominal (KV): Se seleccionan como voltajes nominales 110; 34,5; 13,8; 6,3; 4,16; 0,48 y 0,21 KV.

- Voltaje de operación (KV): Valor de voltaje de operación del Nodo. Se toma como valor de arranque para los Nodos PQ, como valor constante para Nodos B y PV. En los últimos, siempre que no se violen los límites de reactivo, se respeta dicho valor.
- Angulo: No se especifica nada.
- Pg. (MW): No se especifica nada. Informa la suma de las potencias activas entregadas por los generadores conectados al Nodo.
- Qg (MVAr): Igual a Pg., pero para potencia reactiva.
- Pc (MW): Carga activa conectada al Nodo.
- Qc (MVAr): Carga reactiva conectada al Nodo. (Positiva para carga inductiva).
- Qmin (MVAr): No se especifica nada. Informa la suma de las potencias reactivas mínimas que pueden entregar los generadores conectados al Nodo.
- Qmax (MVAr): Igual a Qmin, pero para las potencias reactivas máximas generadas en el Nodo.
- Las columnas Vmin, Vmax, Barra Ctrl y Vctrl no brindan información para el flujo acoplado.
- Z: Zona de la red a la que pertenece el Nodo.
Se declararon varias zonas.
 - Zona 1: Generación del Sistema.
 - Zona 2: Generación de las Plantas.
 - Zona 3: Cargas.
- Col: Se especifica la columna en que debe ser dibujada la barra en el diagrama monolineal.

2.2.2 Datos de Líneas.

- Nombre: En algunos casos hubo que asignarle nombres, en otros fueron ya conocidos.
- Envío: Se seleccionó el Nodo o Barra de envío.

- Recibo: Se seleccionó el nombre de la Barra de recibo.
- Circ: S para simple circuito y D para doble circuito.
- R(pu): Se calculó la resistencia por unidad de las líneas de la forma siguiente:
$$R_{pu} = R_{ohm} / Z_{base} \quad \text{para: } Z_{base} = (kV_{base})^2 / MVA_{base}$$
$$MVA_{base} = 100 \text{ MVA}$$
$$KV_{base} = 110 \text{ KV}$$
$$R_{ohm} = \text{Se calculó a partir de la resistencia específica del tipo de conductor y se multiplicó por la longitud de la línea.}$$
- Xpu = Se calculó la reactancia inductiva serie de la línea de la forma siguiente:
$$X_{pu} = X_{ohm} / Z_{base} \quad \text{para: } Z_{base} = (kV_{base})^2 / MVA_{base}$$
$$MVA_{base} = 100 \text{ MVA.}$$
$$KV_{base} = 110 \text{ y } 34.5; 13.8; 4.16; 0.48; 0.22 \text{ KV}$$
- BC (p.u.)- Susceptancia capacitiva shunt total de la línea. Bases: Igual a R.
- MVAmax (MVA).- Valor límite de MVA que se transfieren por la línea. Se utiliza como filtro para indicar sobrecargas en las transferencias.
- Estado.- Aparece por defecto On (conectada). Se puede desconectar o conectar por ambos extremos mediante un pick lista.
- Fila.- Se especifica el número de la fila en que debe ser dibujada la línea en el diagrama monolineal.

2.2.3 Datos de Transformadores.

- Nombre del transformador: En muchos casos se le asignó el nombre de la subestación de distribución asociada a ella; además hubo que introducir nuevos nombres.
- Envío: Igual al Envío de líneas.
- Recibo: Igual al Recibo de líneas.
- Tipo: Se puede seleccionar como: Fijo o Variable, en nuestro caso todos los transformadores presentan Taps variables y de ellos los únicos que se les puede

variar los Taps bajo carga son los de 110/34.5 KV ubicado en la subestación Tuinucú 110/34.5 KV.

- R (p.u.): Resistencia serie por unidad del transformador. Bases: Igual a los parámetros de las líneas.

$$R_{pu} = 0.5\% Z_{pu} \quad \text{para: } Z_{pu} = Z (\text{ohm}) / Z_{base}$$

$$Z (\text{ohm}) = \% Z_{pu} (\text{kVn})^2 / \text{MVAn}$$

- X (p.u.): Se asumió igual a Z_{pu} .
- Tap. E (%): Valor del tap por el lado de envío.
- Tap. R (%): Valor del tap por el lado de recibo.
- MVAm: MVA máximo que pueden transferirse por el transformador. Se utiliza como filtro para indicar sobrecargas en las transferencias.
- Estado: Aparece por defecto On (conectado). En nuestro caso todos los transformadores están en servicio.
- Fila: Se especifica el número de la fila en que debe ser dibujado el transformador en el diagrama monolineal.

2.3 Corridas del PSX desde el sistema y generadores.

2.3.1 Corrida de niveles de cortocircuito (cc) desde el sistema y generadores.

Para esta corrida, el sistema fue sustituido por generadores en lugar de las líneas que alimentaban la subestación y se tomaron como datos para estos generadores los MVA de cortocircuito máximo y mínimo de entrada a la subestación ver (anexo 8 y 9).

Esta corrida se realizó con el sistema y los generadores para dos condiciones de máxima y de mínima con la cual se pudieron determinar los MVA de cc de las diferentes subestaciones.

2.3.2 Corrida de PSX para la condición de máxima generación.

Para esta condición se tomaron los MVA de cc max de la subestación de Tuinucú 110 a 33 KV con estos MVA se calcularon la X1, X2y la X0 para condiciones de

máxima. Los niveles de cc se muestran en (anexo 8).

Con las reactancias calculadas se procedió a la corrida de niveles de cc en el PSX para régimen de máxima.

Los resultados se muestran en (anexo 5).

Se calcularon los MVA de cortocircuito máximo con generadores así como con el sistema al ser este el de mayor nivel de cc que puede existir en la red y para el cálculo de las protecciones se hace necesario la máxima corriente de cortocircuito ya que su ajuste se da en función de la mayor corriente de cc.

Como conclusión de la tabla anterior se puede decir que los MVA de cc bifásico a tierra son mayores que los MVA de cc monofásico por lo que $Z_0 < Z_1$.

2.3.3 Cálculo de los niveles de cc para mínima con sólo el sistema.

Para este cálculo se realiza la corrida de PSX sólo con el sistema y con los niveles de cortocircuito calculados se puede ver si las protecciones son sensibles.

Para esta corrida en el programa se calcularon la X_0 , X_2 y la X_1 con los MVA de cortocircuito mínimo de la subestación.

Los resultados de esta corrida se pueden ver en (anexo 4).

2.4 Corridas del PSX solo con plantas.

En estas corridas solo se hicieron con las plantas para diferentes variantes y acomodando la red para estas variantes.

2.4.1 Corrida de PSX con las plantas Fuel alimentando carga hacia el ramal izquierdo de la red.

En esta corrida de PSX se acondiciona la red hasta donde llega la capacidad de los generadores, alimentando ese ramal al máximo de su carga para determinar los niveles de cortocircuito de las diferentes subestaciones, esta variante es en caso de que las plantas tengan que alimentar esta parte de la red, sólo se realizó corrida de máxima.

Los resultados de la corrida en (anexo 6).

Como conclusión se puede observar en el (anexo 6) que aquellas subestaciones que están cerca de las plantas, los MVA de cc monofásico son mayores que los bifásicos a tierra ya que la Z_0 es mayor que la Z_2 .

2.4.2 Corrida de PSX con las plantas Fuel alimentando carga hacia el ramal derecho de la red.

Se alimenta con las plantas hacia el ramal derecho hasta el máximo de su capacidad para determinar los MVA de cc para condiciones de máxima de la fuel.

Los resultados en la tabla 2.2.

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f
Tuinucu33	0.00	0.00	0.00	0.00
BATTuin13kV	120.24	170.07	117.32	183.93
1180	0.00	0.00	0.00	0.00
TapMHdez	0.00	0.00	0.00	0.00
CAIMelanio	0.00	0.00	0.00	0.00
1585	0.00	0.00	0.00	0.00
1586A	0.00	0.00	0.00	0.00
TapMINFAR	0.00	0.00	0.00	0.00
Industrias	0.00	0.00	0.00	0.00
TapHielo	0.00	0.00	0.00	0.00
1899A	96.21	122.33	91.28	131.31
TapHospital	96.18	122.25	91.24	131.23
Estadio	92.94	110.98	87.86	121.02
6818A	90.64	104.51	85.46	114.35
6818B	90.21	103.43	85.01	113.30
SS13kV	87.26	96.54	81.97	105.31
1901A	86.70	95.37	81.39	103.90
1901B	86.27	94.54	80.95	102.98
TapAgram	83.21	89.30	77.83	95.63
TapColon	77.23	80.57	71.78	82.90
Colon	73.54	76.31	68.14	76.23
Colon13kV	73.09	75.79	67.69	75.63
6866A	72.70	75.36	67.31	75.08
6866B	0.00	0.00	0.00	0.00
6867A	0.00	0.00	0.00	0.00
6867B	0.00	0.00	0.00	0.00
TapH.Lig	0.00	0.00	0.00	0.00
C.Habana	0.00	0.00	0.00	0.00
SS4kV	76.10	79.06	70.66	80.73
3812A	76.72	79.87	71.28	81.93
Agamonte	82.45	88.24	77.06	94.01
FcaHielo	0.00	0.00	0.00	0.00
Hospital	72.38	75.84	67.11	76.38
UMilitar	94.55	116.14	89.57	126.64

Tabla 2.2 Niveles de cortocircuito.

Aquí se evidencian las conclusiones que se dieron en el caso anterior, que las subestaciones que están próximas a las plantas, los MVA de cc monofásico son mayores que los bifásicos a tierra.

2.4.3 Corrida de PSX con las plantas Fuel trabajando en isla la red de distribución.

Esta corrida en PSX se realiza para condiciones de máxima hasta donde llega la capacidad de las plantas y se determinan los MVA de cc que se muestran en la tabla 2.3.

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f
Industrias	91.12	105.86	85.92	116.71
1899A	96.48	122.70	91.41	131.22
Estadio	90.46	103.49	85.14	112.86
SS13kV	84.94	91.65	79.46	98.68
Colon	71.60	73.22	66.11	72.18
Colon13kV	71.15	72.72	65.68	71.62
SS4kV	74.10	75.86	68.57	76.33
Agamonte	80.27	84.37	74.73	88.44
FcaHielo	92.09	109.59	86.90	119.20
Hospital	70.48	72.83	65.13	72.39
UMilitar	92.01	107.44	86.78	117.88

Tabla 2.3 Niveles de cortocircuito máximo para cada subestación.

En esta tabla se demuestra lo mismo que en las anteriores.

2.4.4 Corrida de PSX con las plantas Fuel trabajando en isla a un ½ de su capacidad de la red.

En este caso se realiza esta corrida para comprobar si las protecciones son sensibles y se ajusta la red de alimentación hasta la capacidad de las plantas. Los resultados son mostrados en la tabla 2.4.

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f
BATUin13kV	113.34	160.20	111.13	174.77
Industrias	87.62	104.03	83.28	116.30
TapHielo	89.55	110.82	85.29	121.80
1899A	90.69	114.85	86.48	125.18
1899B	90.26	113.27	86.03	124.01
TapHospital	87.61	103.85	83.24	115.80
Estadio	84.67	97.28	80.17	107.50
6818A	82.58	93.62	78.01	102.05
6818B	82.18	93.09	77.60	101.19
SS13kV	79.51	88.57	74.85	94.62
1901A	79.00	86.80	74.32	90.71
1901B	78.61	86.30	73.92	89.99
TapAgram	75.84	82.17	71.10	84.22
TapColon	0.00	0.00	0.00	0.00
Colon	0.00	0.00	0.00	0.00
Colon13kV	0.00	0.00	0.00	0.00
Agamonte	75.23	81.29	70.48	82.98
FcaHielo	88.42	107.15	84.11	118.55
Hospital	67.45	71.34	62.69	70.65
UMilitar	86.28	100.99	81.86	112.19

Tabla 2.4 Niveles de cortocircuito.

2.5 Corrida de flujo con solo el sistema.

Esta corrida es para determinar la potencia activa y reactiva de los interruptores de salida de las subestaciones para poder calcular la corriente de carga máxima. Esta corrida en PSX se realiza para régimen de máxima generación desde el sistema. Los

resultados se muestran en la tabla 2.5.

Estado	Flujo de Carga (A)	Generación total de P(MW)	41.5
Iteraciones	4	Generación total de Q(MVAr)	23.1
Tiempo de corrida	0	Carga activa total (MW)	39.9
MVA Base	100	Carga reactiva total (MVAr)	18.3
Barra	112	Pérdidas de P total (MW)	1.6
Máquinas	4	Pérdidas de Q total (MVAr)	4.8
Líneas	107	Consumo (Ton/h)	
Transformadores	6	Consumo esp. (g/kWh)	
R total (pu)	3.66280	Reserva(%)	
X total (pu)	13.75169	Reserva real(%)(+pérdidas)	
Bc total (pu)	0.00000	Error(MVA)	0.01

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11	Totales
Generación total de P(MW)	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3	0.0	0.0	41.5
Generación total de Q(MVAr)	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	-0.7	0.0	9.9	23.1
Carga activa total (MW)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	11.8	17.1	0.0	0.0	39.9
Carga reactiva total (MVAr)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	5.6	7.4	0.0	0.0	18.3
Pérdidas de P total (MW)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.8	0.2	0.0	0.0	1.6
Pérdidas de Q total (MVAr)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.6	0.9	0.0	0.0	4.8

Transferencia entre zonas

Zona	Pe (MW)	Qe (MVAr)	DP (MW)	DQ (MVAr)	Pr (MW)	Qr (MVAr)	Zona
Zona 2							Zona 10
Tuinucu33B	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3000
Zona 2							Zona 7
Tuinucu33B	11.4	6.0	0.0	0.0	11.4	6.0	3020
Zona 2							Zona 8
Tuinucu33B	14.0	7.1	0.0	0.0	14.0	7.2	3010
Zona 8							Zona 9
6803A	4.8	2.4	0.0	0.0	4.8	2.4	554kV
1592B	-3.4	-1.8	0.0	0.0	-3.4	-1.8	1592A

Tabla 2.5 Resultados de las corridas de flujo.

Capítulo # 3 Protección de Fase.

3.1 Introducción.

Para el cálculo de las protecciones de fase se tienen en cuenta los alimentadores que están involucrados, sus diferentes configuraciones, así como los niveles de cortocircuito.

Teniendo en cuenta los alimentadores se realizan los cálculos para los casos siguientes:

1. Protección de fase desde el sistema.

2. Protección de fase desde las plantas.

3.2 Protección de fase desde el sistema. ^{[9]-[11]}

En la Fig. 3.1 se representa el monolineal para el sentido de la corriente en los interruptores correspondientes para esta condición.

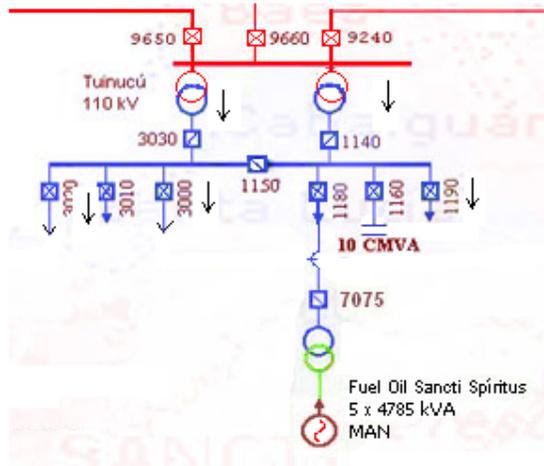


Fig. 3.1 Monolineal de Tuinucú 110 KV.

3.2.1 Cálculo de la corriente de arranque.

De las corridas de flujo del PSX se toman los valores de potencia activa, reactiva y voltaje. Se calcula la potencia aparente, corriente de carga máxima de cada alimentador y la corriente de arranque de los alimentadores para 34,5 KV.

El cálculo de la corriente de arranque se realiza a través de la siguiente expresión:

$$I_{ar} = 1.5 \cdot I_{cmax}$$

Donde: I_{ar} : corriente de arranque de la protección.

I_{cmax} : Corriente de carga máxima.

En la tabla 3.1 se pueden apreciar los resultados del cálculo.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic max	Iar (teniendo en cuenta c.fria)
1190				34,5		477
1160	0	-10	10	34,5	167,347904	251,021856
3020	14	7,53	15,896569	34,5	266,025747	399,038621
Subestaciones	P	Q	S	KV	Icmax	Iar
Nives de Morejón	0,4	0,2	0,4472136	33,8	7,63902041	11,4585306
Guayos	2	1	2,236068	33,3	38,7686021	58,1529031
CAIRAA	0,3	0,1	0,3162278	33	5,53255109	8,29882663

Refinería 1	0,9	0,6	1,0816654	32,9	18,9817568	28,4726353
Refinería 2	0,5	0,3	0,5830952	32,9	10,2325278	15,3487917
Cabaiguan4KV	2,7	1,1	2,9154759	32,8	51,3186227	76,977934
Bombeo Tuinucu	1	0,6	1,1661904	32,3	20,8452114	31,2678171
Los Pinos	2,4	1	2,6	32,5	46,1880215	69,2820323
Cabaiguan 13KV	1,1	0,5	1,2083046	32,7	21,3337916	32,0006874
Interruptor	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
3010	17	8,5	19,006578	34,5	318,071096	477,106644
Subestaciones	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
Madrigal	0,1	0,1	0,1414214	34	2,40146053	3,6021908
Camino de la Habana	2,2	1,1	2,4596748	32,2	44,1022948	66,1534422
La Presa	1	0,5	1,118034	33,4	19,3262642	28,9893963
Sptus 4KV	4,8	2,4	5,3665631	32,4	95,6292184	143,443828
camarón	0,2	0,1	0,2236068	30,1	4,2890181	6,43352715
Batey 7 de NOV	0,5	0,2	0,5385165	30,1	10,3293234	15,4939851
Secadero de arroz	0,2	0,1	0,2236068	30,2	4,27481606	6,41222408
H Orellana	0,5	0,2	0,5385165	30,2	10,2951204	15,4426806
Guasimal	1	0,5	1,118034	30,4	21,2334613	31,850192
Paredes	0,4	0,2	0,4472136	30,8	8,38308084	12,5746213
Banao	1,2	0,6	1,3416408	12,4	62,4674733	93,70121
Presa Zaza	0,9	0,2	0,9219544	31,5	16,8981158	25,3471737
Interruptor	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
1180	24	13,5	27,53634	34,5	460,814872	691,222309 (477)
Subestaciones	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
Minfar	2,5	1,3	2,8178006	33,4	48,7083207	73,0624811
Hligero	0,2	0,1	0,2236068	31,9	4,04700454	6,07050681
Colon	1,1	0,6	1,2529964	32,7	22,1228689	33,1843034
Agramonte	2,4	0,8	2,5298221	32,8	44,5302892	66,7954338
Siptus 13KV	2,5	0,9	2,6570661	32,8	46,7700549	70,1550823
Estadio	1,4	0,5	1,4866069	32,9	26,0879295	39,1318942
Hospital	1,5	0,6	1,6155494	32,9	28,3506962	42,5260443
Fca de Hielo	0,4	0,2	0,4472136	33,3	7,75372041	11,6305806
Colon 13KV	0,5	0,2	0,5385165	32,7	9,50803165	14,2620475
El Salado	1	4	4,1231056	30,1	79,0855861	118,628379

Umilitar	0,2	0,1	0,2236068	33,1	3,90028534	5,85042802
Industrias	0,8	0,5	0,9433981	33,3	16,3564911	24,5347367
Interruptor	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
3000	13	5	13,928388	34,5	233,088659	349,632988

Tabla 3.1 Ajuste de los valores de arranque.

En la tabla anterior se observa que en el interruptor (1180) su corriente de arranque calculada es de 691 A. Se tienen en cuenta para este ajuste la relación de transformación de los transformadores de corriente 400/5 A con un 20% máximo de sobrecarga. Además la corriente nominal de los interruptores 1250 A, de los alimentadores 460 A y así como los niveles de c.c. Con todos los análisis realizados se llega al criterio de que la corriente de arranque de la protección debe ser 477A limitada tanto por la capacidad de los transformadores de corriente como por la de los conductores de la línea, esta reducción de la corriente de arranque tiene como inconvenientes que para recierres de la línea en momentos donde la corriente sea superior a 318 A y el interruptor quede en posición de abierto, deberá seccionalizarse la carga para poder definir si el recierre operó por carga fría.

El (3000) es el interruptor que alimenta la zona de Taguasco y enlaza con la barra de la SE de Jatibonico a través del interruptor 1195.

Para el ajuste del (1190) que es el interruptor de desvío se toma como corriente de arranque la mayor de los interruptores de salida.

Para el cálculo de la corriente de arranque de los Totalizadores se considera como carga máxima el 140% de la carga de los transformadores, quedando la corriente de arranque igual a la corriente de carga máxima debido a que la capacidad de los transformadores de corriente de los totalizadores es de 600 A.

El ajuste de los enlaces se realiza de la misma forma que para los totalizadores por lo que la coordinación de las curvas entre ambos se realiza por tiempo.

Este ajuste se puede apreciar en la tabla 3.2.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic	Iar
3020	14	7,5	16	34,5	266,03	399
3010	17	8,5	19	34,5	318,07	477
3000	13	5	14	34,5	233,09	349,6
1190				34,5		477
1180	24	14	28	34,5	460,81	477
1160	0	-10	10	34,5	167,35	251
Tot del T1,T2			35	34,5	585,72	585,72
Enlace 1			35	34,5	585,72	585,72
Enlace 2			35	34,5	585,72	585,72

Tabla 3.2 Cálculo de la corriente de arranque, de operación.

3.2.2 Chequeo de sensibilidad.

Para el chequeo de la sensibilidad se realiza corrida de PSX para condiciones de mínima en el sistema y a partir de esta se calculan los niveles de cortocircuito mínimo en las barras de 110KV y 34.5KV así como en los fusibles de entrada de 34.5 KV de las subestaciones que alimentan los interruptores de salida de Tuinucú.

De estas corridas se escogen los valores de cortocircuito bifásico mínimo entre todas las subestaciones por cada alimentador y con el mismo se calcula la sensibilidad de la forma siguiente:

$$K_s = I_{cc2min} / I_{ar}$$

Donde:

I_{cc2min} : corriente de cortocircuito bifásica mínima.

I_{ar} : corriente de arranque de el alimentador calculada como 1.5 veces la corriente de carga máxima.

El factor de sensibilidad se toma $K_s > 1.5$ considerando el fallo a través de arco.

La sensibilidad de los demás interruptores de la subestación, totalizadores, enlaces y desvío se calcula para el de la salida que tuvo menor corriente de cortocircuito bifásica (3010 y 1180).

Los resultados se muestran en la siguiente Tabla 3.3.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic	Iar	MVA 2fmin.	kV	Imin(kA)	ks	Lugar de Icc mínima
3020	14	7,53	16	34,5	266	399	65,82	30	1,26670649	3,17470298	SE Los Pinos
3010	17	8,5	19	34,5	318	477	27,6	30	0,53	1,11	SE 07-nov
1190						477	27,6	30	0,53	1,11	SE 07-nov
3000	13	5	14	34,5	233	350	48,8	30	0,939	2,69	SE 1495
1180	24	13,5	28	34,5	461	477	27,6	30	0,53	1,11	SE 07-nov
1160	0	-10	10	34,5	167	251	171,4	30	3,299	13,1	Barra de 33KV
Tot Subestación			35	34,5	586	586	27,6	30	0,53	0,91	SE 07-nov
Enlace T1			35	34,5	586	586	27,6	30	0,53	0,91	SE 07-nov

Tabla 3.3 Comprobando sensibilidad. Este chequeo es alimentado sólo con el sistema.

En el caso del (1180) se comprueba hasta la última subestación del (3010) debido al enlace existente entre ellos.

3.2.3 Subestaciones hasta las cuales está garantizada la sensibilidad.

Ciertas recomendaciones para lograr sensibilidad.

En el caso de 3020 su ajuste de carga es variando el lazo hasta Meneses y se comprobó sensibilidad hasta la SE de Los pinos.

Para obtener la sensibilidad del (1180) se debe colocar un interruptor en Hliger el cual

coordine con él. Esto debe ser en la localidad de Paredes según tabla 3.4.

Los totalizadores y enlaces se quedan con 140% de los MVA de los transformadores.

Los cálculos en la tabla 3.4.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic	Iar	MVA 2fmin.	kV	Imin(kA)	ks	lugar
3020	25	10	26.9258	34.5	450.598	675.89703	65.8	30	1.266706	1.8741	los pinos
3010	17	8.5	19.0066	34.5	318.071	477.	42.7	30	0.820992	1.7208	Paredes
1190						477	42.7	30	0.820992	1.7212	Paredes
3000	13	5	13.9284	34.5	233.089	349.63299	48.8	30	0.938772	2.685	1495
1180	24	13.5	27.5363	34.5	460.815	477	42.7	30	0.820992	1.7212	Paredes
Tot Subesta			35	34.5	585.718	585.71766	42.7	30	0.820992	1.4017	Paredes
Enlace T1			35	34.5	585.718	585.71766	42.7	30	0.820992	1.4017	Paredes
Enlace T2			35	34.5	585.718	585.71766	42.7	30	0.820992	1.4017	Paredes

Tabla 3.4 COMPROBANDO SENSIBILIDAD. Este chequeo es alimentado sólo con el sistema pero con ciertas condiciones para obtener la sensibilidad.

También se puede obtener la sensibilidad introduciendo en los relés la protección por secuencia negativa.

3.2.4 Tiempo de operación.

Inicialmente se calcula los c.c trifásicos máximos en las barras de 33 KV de todas las subestaciones que alimentan el interruptor. Este cálculo se realiza en PSX para la condición de máxima generación.

Con estos niveles de c.c, conociendo tipo (K) y capacidad (A) de los fusibles de entrada de las subestaciones de distribución se calcula el tiempo de operación de dichos fusibles para estos niveles de cortocircuito. Ver tabla 3.5.

Interruptor	MVAcc3	KV	Icc3			top(seg)
3020	117	32.8	2056			0.4
3000	89.5	27.9	1852			0.5
3010	120	32.4	2145			0.6
1180	120	32.4	2145			0.6
Subestación	MVAcc3	KV	Icc3	fusible	top	3020
Nives de Morejon	188	33.8	3213	15k	0.016	
CAIRAA	176	33,6	3027	15k	0.016	
Guayos	152	33.3	2637	50k	0.025	
Refinería 1	123	32.9	2153	20k	0.017	
Refinería 2	123	32.9	2154	20k	0.017	

Cabaiguan4KV	117	32.8	2056	65k	0.04	
Bombeo Tuinucu	69.2	32.3	1237	20k	0.021	
Los Pinos	86.8	32.5	1542	40k	0.035	
Cabaiguan 13KV	106	32.7	1865	40k	0.017	
Subestación	MVAcc3	KV	ICC3	fusible	top	3010
Madrigal	228	34	3868	5k	0.015	
Camino de la Habana	112	32.2	2002	80k	0.06	
Salado	37.5	30.1	719.3	50k	0.06	
Sptus 4KV	120	32.4	2145	125k	0.18	
camarón	35.1	30.1	672.3	20k	0.039	
Batey 7 de NOV	33.7	30.1	645.8	20k	0.039	
Secadero de arroz	36.2	30.2	691.9	10k	0.018	
H Orellana	33.8	30.2	646	20k	0.033	
Guasimal	43.9	30.4	833.4	20k	0.029	
La Presa	203	33.4	3510	50k	0.018	
Paredes	53.5	30.8	1002	20k	0.025	
Banao	67	30.86	1253	30k	0.055	
Presa Zaza	76.5	31.5	1402	50k	0.05	
Hligerio	91.3	31.9	1653	15k	0.016	
Subestación	MVAcc3	KV	lcc3	fusible	top	1180
Colon	116	32.7	2050	40k	0.025	
Agramonte	142	32.8	2498	100k	0.06	
Siptus 13KV	159	32.8	2790	100k	0.055	
Estadio	182	32.9	3189	50k	0.02	
Hospital	116	32.9	2044	80k	0.05	
Fca de Hielo	211	33.3	3665	15k	0.015	
Colon 13KV	115	32.7	2029	40k	0.025	
U militar	190	33.1	3309	50k	0.02	
Industrias	222	33.3	3843	50k	0.017	
Minfar	201	33.4	3478	80k	0.029	
Subestación	MVAcc3	KV	lcc3	fusible	top	3000
JAT 13	51,3	27,4	1081	50k	0.1	
Jatib 4kV	51,5	27,4	1085	65k	0.1	
Chuch Emil	61,6	27,6	1289	10k	0.03	

Tag 13kV	89,5	27,9	1852	65k	0.1	
Tag 4kV	79,6	27,9	1647	40k	0.08	
Bom Jig	88,5	28,2	1812	20k	0.05	
Asbesto	80,6	28,3	1644	20k	0.05	
Managuaco	60,7	28,2	1243	20k	0.05	
Ciro Red	93,7	28,4	1905	20k	0.03	
Las Tapias	100,6	28,7	2024	20k	0.03	
Mod Piedra	88,6	28,7	1782	5k	0.02	
Zaza	125,6	29,2	2483	40k	0.05	
Caja de Agua	175,55	29,8	3401	40k	0.04	

Tabla 3.5 Tiempo de operación.

Para cada alimentador se toma la curva de tiempo (IEC Standard Inverse Time) ver (anexo 7), que opera para el mayor nivel de c.c de las subestaciones que alimenta; con un retardo de tiempo de 0.4 segundos superior a la curva de mayor tiempo de operación y corriente de arranque calculada como se explica anteriormente.

Luego se determina el tipo de curva de los demás interruptores de la subestación de la siguiente manera:

Para c.c trifásico máximo en las subestaciones de distribución conectadas en la salida de la barra #1 deben disparar por respaldo, primero el interruptor de enlace y luego el totalizador #1 en caso de fallar el interruptor de salida. Debido a lo anteriormente expuesto, al interruptor de (Enlace) su curva queda por encima 0.4 segundos de la salida de mayor nivel de c.c trifásico máximo en la subestación de distribución, y así sucesivamente la del totalizador.

En el caso de la barra #2 se realiza el mismo análisis, solo hay que tener en cuenta que al estar el interruptor de desvío, este toma también el c.c máximo de todas las salidas.

Los resultados se muestran en la tabla 3.6.

Interruptor	MVAcc3	KV	Icc3	top(seg)
Tot del T1	120	32.4	2145	1,4
Tot del T2	120	32.4	2145	1,4
Enlace T1	120	32.4	2145	1
Enlace T2	120	32.4	2145	1
3020	86.8	32.5	1542	0,4
3010	120	32.4	2145	0,6
1180	120	32.4	2145	0,6
1190	120	32.4	2145	0,6
3000	89,5	27,9	1852	0,5

Tabla 3.6 Tiempos de operación para las protecciones de todos los interruptores de la

subestación vistas desde el sistema.

3.2.5 Elemento instantáneo.

Se le calcula el instantáneo a los interruptores de salida de la subestación de la siguiente forma:

$$I_{inst} = 1.3 I_{cc3\Phi máx}$$

I_{inst} : Ajuste de corriente del disparo instantáneo.

$I_{cc3\Phi máx}$: El cortocircuito trifásico máximo, en la entrada de las subestaciones de distribución para cada alimentador.

En el caso de los interruptores de enlace y totalizadores, este ajuste no tiene sentido debido que a partir de este valor, no existe coordinación con las salidas.

Los resultados se muestran en al tabla 3.7.

Interruptores	MVAcc3	I _{cc3Φ máx}	I _{ip}	I _{cc3Φ máx} en Barra	Instantáneo	
3020	188	3166.34	4116.2	5100	si	N morejon
3010	228	3833.91	4984.1	5100	si	Madrigal
3000	175	2945.665	3829,36	5100	si	Caja de Agua
1180	222	3730.89	4850.2	5100	si	Industrias

Tabla 3.7 Elemento instantáneo.

3.2.6 Coordinación gráfica.

Esta coordinación gráfica se realiza ploteando todas las curvas de los interruptores y se obtuvo el gráfico 1.

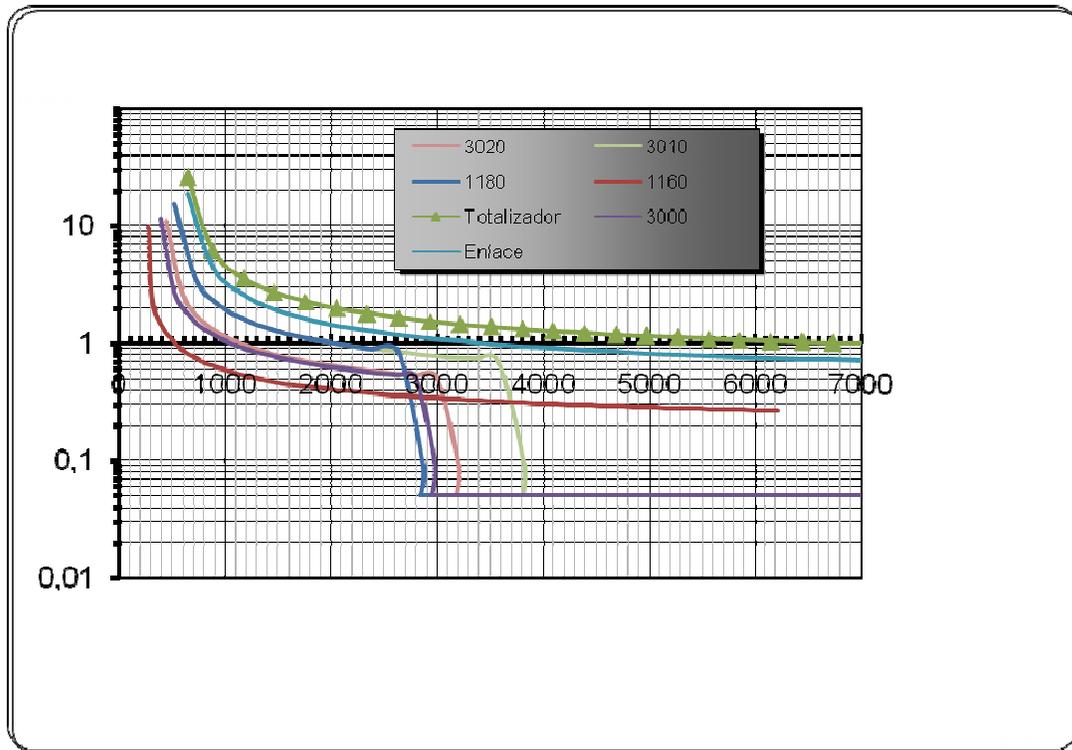
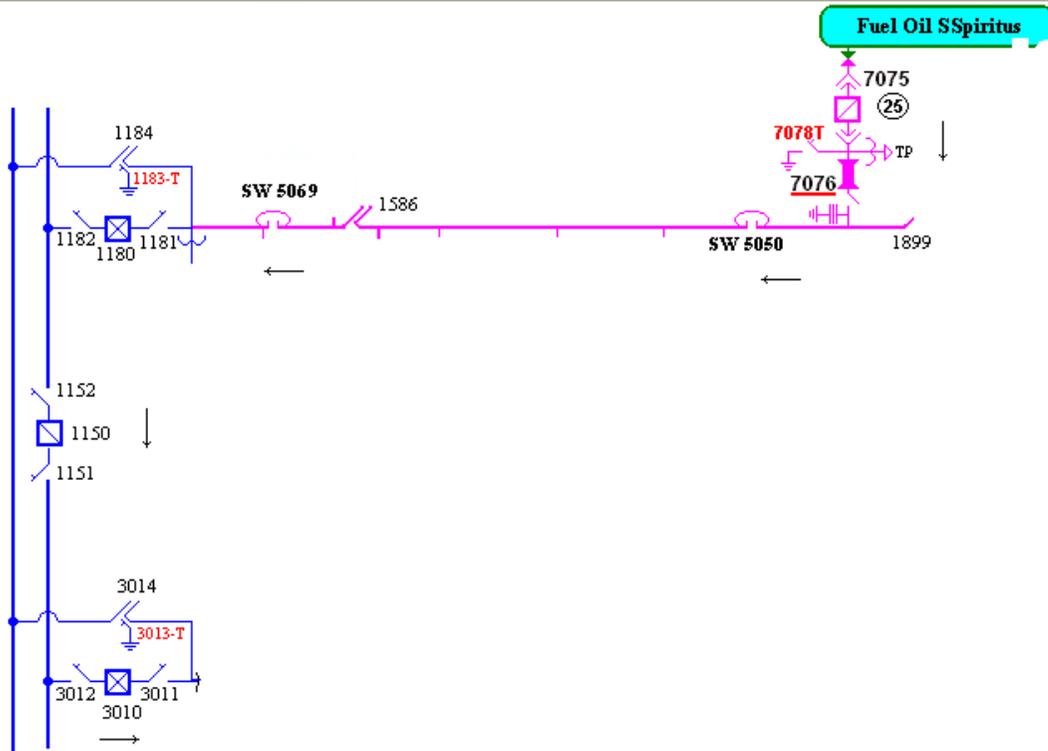


Gráfico 3.1 Coordinación gráfica de las protecciones.

3.3 Protección de fase vista desde las Plantas hacia el ramal izquierdo .La carga a través de la línea del 1180.

3.3.1 Cálculo de la corriente de arranque hacia el ramal izquierdo la carga.

Este caso se puede ver en el monolineal siguiente Fig. 3.2



Tuinucú 110 kV

Fig. 3.2 Monolineal de planta hacia la izquierda.

La siguiente tabla se obtiene a partir de la corrida de máxima de la Fuel la que alimenta el ramal izquierdo a plena capacidad.

Los resultados se muestran en la tabla 3.8.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
Interruptor Planta	16	9	18.3575598	33.5	316.38036	474.57054
1180	-11	-6	12.5299641	33.5	215.945616	477
3010	11	6	12.5299641	33.5	215.945616	477
Subestaciones	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
Fca Hielo	0.4	0.2	0.4472136	33.5	7.70742954	11.5611443
Industrias	0.8	0.5	0.94339811	33.4	16.3075196	24.4612794
La presa	1	0.5	1.11803399	33.3	19.384301	29.0764515
MINFAR	2.5	1.3	2.81780056	33.3	48.854592	73.2818879
Madrigal	0.1	0.1	0.14142136	33	2.47423206	3.7113481
SS 4KV	4.8	2.4	5.36656315	31.3	98.9899897	148.484985
C.Habana	2.2	1.1	2.45967478	31	45.8094804	68.7142207
H.Ligero	0.2	0.1	0.2236068	30.7	4.20519364	6.30779047

Presa Zaza	0.9	0.2	0.92195445	30.4	17.5095608	26.2643412
Banao	1.2	0.6	1.34164079	30	25.819889	38.7298335
Guasimal	1	0.5	1.11803399	29.1	22.1820352	33.2730528
Paredes	0.4	0.2	0.4472136	29.6	8.72293546	13.0844032
	15.5	7.7	17.3465551			

Tabla 3.8 Cálculo de la corriente de arranque y de operación.

Para el interruptor de salida de máquina se tiene en cuenta la potencia máxima de generación con todas las máquinas trabajando y con esta se calcula la corriente de carga máxima.

En el caso de los interruptores 3010 y 1180 se mantienen con las corrientes de carga y de arranque, determinadas en los ajustes del sistema ya que requieren de valores.

3.3.2 Chequeo de sensibilidad, la Fuel alimenta hacia el ramal izquierdo la carga.

El cálculo de sensibilidad se realiza bajo la condición de generación para este caso, es decir, cantidad máxima de máquinas que a plena capacidad suplieran la demanda de los alimentadores.

Para el cálculo se toman los valores de corriente de c.c mínimo por alimentadores en todas las entradas de las subestaciones de distribución, se selecciona el menor valor, luego se divide por la corriente de arranque y se comprueba que en todos los casos el k_s es menor que 1.5. Lo cual se puede ver en la siguiente tabla.3.9.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic	Iar	MVA min.	kV	Imin(kA)	ks	Lugar
Interruptor Planta	16	9	18.36	33.5	316.38	474.57	18,45	29,1	0,36605197	0,77133312	guasimal
1180	11	6	12.53	33.5	215.95	477	18,45	29,1	0,36605197	0,76740456	guasimal
3010	11	6	12.53	33.5	215.95	477	18,45	29,1	0,36605197	0,76740456	guasimal

Tabla 3.9 Chequeo de sensibilidad.

De la tabla anterior podemos concluir que:

El interruptor de salida de la Fuel al igual que el (1180) y (3010) no son sensibles a un cortocircuito en la última SE alimentada bajo este régimen.

3.3.3Tiempo de operación.

Inicialmente calculamos el c.c trifásico máximo en todas las subestaciones desde la planta fuel en servicio al máximo de su capacidad, para cada una se tiene el c.c trifásico máximo, el tipo de fusible y capacidad, se entra a la curva de tiempo máximo de limpieza del fusible para este cortocircuito, con todos estos datos se plotean todas las curvas, se selecciona la que opera con mayor tiempo y se coordina para su valor de c.c trifásico máximo con la del alimentador con una diferencia de tiempo de 0.4 segundos. Se coordina 3010 con el 1180, este con el enlace y con el interruptor de Planta.

Se comienza a coordinar las salidas de los demás interruptores de la subestación de la forma siguiente:

El interruptor 3010 a su tiempo de operación se le suma 0.4 (seg) y da el tiempo del 1150, después al del 1150 se le suma 0.4 (seg), da el tiempo del 1180, más 0.4 (seg) da el tiempo del interruptor de planta.

Se baja el fuse de SS4KV a 80K debido a la reducción de la carga y para mantener el tiempo en el 3010 de 0.6seg hacia la ciudad. Se realiza esto para que el tiempo del interruptor coincida con el ajuste de tiempo que se ejecuta al alimentar con el sistema, además de que la carga de SS4KV a desminuido.

Los resultados se pueden ver en al tabla 3.10.

Interruptores	MVAcc3	KV	Icc3		top(seg)
Interruptor Planta	50.1	31	924.1		1.8
1180	50.1	31	924.1		1.4
3010	50.1	31	924.1		0.6
1150	50.1	31	924.1		1
Subestaciones	MVAcc3	KV	Icc3	fusible	top
Fca Hielo	87.59	34	1510	15k	0.016
Industrias	87.2	33	1507	50k	0.05
La presa	81.77	33	1418	50k	0.05
MINFAR	81.44	33	1412	80k	0.11
Subestaciones	MVAcc3	KV	Icc3	fusible	top
Madrigal	63.17	33	1105	5k	0.015
SS 4KV	50.1	31	924.1	80k	0.3
C.Habana	47.47	31	884.1	80k	0.27
H.Ligero	43.46	31	817.3	15k	0.021
Presa Zaza	39.26	30	745.6	50k	0.15
Banao	35.83	30	689.5	30k	0.08
Guasimal	26.97	29	535.1	20k	0.055
Paredes	31.1	30	606.6	20k	0.045

Tabla 3.10 Tiempo de operación.

3.3.4 Elemento instantáneo.

El cálculo del ajuste instantáneo se realiza para cada interruptor de salida de la subestación de la forma siguiente:

$$I_{inst} = 1.3 I_{cc3} \Phi_{m\acute{a}x}$$

Donde:

$I_{cc3\Phi máx}$: el cortocircuito trifásico bajo condiciones de máxima generación de la FUEL.

Resultados en la tabla 3.11.

Interruptor	MVA _{cc3}	KV	$I_{cc3(34,5kv)}$	I inst	Int para maxcc	Lugar
Interruptor Planta	87.59	34	1963	2045	1572	Fabrica de Hielo
3010	63.17	33	1106.	1438	1532	Madrigal
1180	63.17	33	1106.	1438	1532	Madrigal

Tabla 3.11 Elemento instantáneo para la alimentación con la Fuel con solo el ramal izquierdo.

Como se puede observar en la tabla anterior los niveles de ajuste de el instantáneo con las plantas son menores que los del sistema, por lo que estos no se pueden aplicar.

3.4 Protección de fase vista desde las Plantas, hacia el ramal derecho la carga.

3.4.1 Cálculo de la corriente de arranque hacia la carga del ramal derecho.

Este caso se puede ver en el monolineal siguiente.

Se representa en la fig. 3.3.

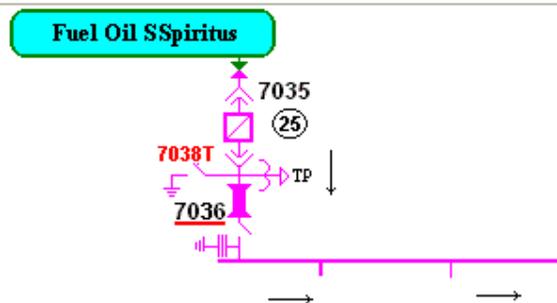


Fig. 3.3 Fuel alimenta la carga hacia el ramal derecho.

La siguiente tabla se obtiene a partir de la corrida de máxima de la Fuel que alimenta el ramal derecho hasta donde alcanza su capacidad.

Los resultados se pueden ver en la tabla 3.12.

Interruptor	P	Q	S	KV	I _{c max}	I _{ar}
Interruptor Planta	15	6	16.1554944	33.5	278.4292255	417.64
Subestaciones	P	Q	S	KV	I _{c max}	I _{ar}
Hospital	1.5	0.6	1.61554944	33.2	28.09451522	42.142
U Militar	0.2	0.1	0.2236068	33.4	3.865252841	5.7979
Estadio	1.4	0.5	1.48660687	33.3	25.77456094	38.662

SS 13KV	2.5	0.9	2.65706605	33.1	46.3461571	69.519
Agramonte	2.4	0.8	2.52982213	33.1	44.12669144	66.19
Colon	1.1	0.6	1.25299641	32.9	21.9883834	32.983
Colon 13KV	0.5	0.2	0.53851648	32.9	9.45023207	14.175
SS 4KV	4.8	2.4	5.36656315	31.3	98.98998968	148.48

Tabla 3.12 La siguiente tabla se obtiene a partir de la corrida de máxima de la Fuel que alimenta el ramal derecho.

Para el interruptor de salida de la máquina se tuvo en cuenta la potencia máxima de generación.

3.4.2 Chequeo de sensibilidad. La Fuel alimenta la carga del ramal derecho.

Se obtienen los valores de c.c mínimo en todas las entradas de las subestaciones de distribución y se selecciona el menor valor, el cual se dividió por la corriente de arranque y se comprobó que en todos los casos el ks debe ser mayor que 1.5.

Los resultados se pueden apreciar en la siguiente tabla 3.13.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic	Iar	MVA min.	kV	Imin(kA)	ks	
Interruptor Planta	16	9	18.36	34	316.38	474.57	67.11	33	1.01991	2.15	hospital

Tabla 3.13 Chequeo de sensibilidad. La Fuel alimenta el ramal derecho.

De la tabla anterior podemos concluir que:

El interruptor de la planta es sensible para cc mínimo.

3.4.3 Tiempo de operación.

Se calcula el c.c trifásico máximo en todas las subestaciones alimentadas en este régimen, para cada una se tiene el c.c trifásico máximo, el tipo de fusible y capacidad lo que permite entrada a la curva de tiempo máximo de limpieza del fusible para este cortocircuito, tener los datos recogidos por cada alimentador y plotear todas las curvas, la que opera con mayor tiempo se coordina para su valor de c.c trifásico máximo con la del alimentador con una diferencia de tiempo de 0.4 segundos.

Los resultados en la tabla 3.14.

Interruptor	MVAcc3	KV	Icc3			top(seg)
Interruptor Planta	76.1	31	1404			0.6
Subestación	MVAcc3	KV	Icc3	fusible	top	
Hospital	72.4	33	1259	80k	0.12	
U Militar	94.6	33	1634	50k	0.05	

Estadio	92.9	33	1611	50k	0.05	
SS 13KV	87.3	33	1522	100k	0.15	
Agramonte	82.5	33	1439	100k	0.15	
Colon	73.5	33	1290	40k	0.035	
Colon 13KV	73.1	33	1283	15k	0.016	
SS 4KV	76.1	31	1404	125k	0.2	

Tabla 3.14 Tiempo de Operación. La FUEL alimenta el ramal derecho.

En la tabla el tiempo del interruptor de planta es de 0.6 (seg.), el que se lleva a 1.8 (seg) ya que si se ajusta a 0.6 (seg.) este no coordina con los interruptores de la subestación de Tuinucú (Alimentando rama izquierda) y al ocurrir un cortocircuito en alguna de las salidas de la SE de Tuinucú, provoca disparos incorrectos del interruptor de Planta.

3.4.4 Elemento instantáneo.

El cálculo del ajuste instantáneo se realiza para el interruptor de salida de la subestación de la forma siguiente:

$$I_{inst} = 1.3 I_{cc3\Phi máx}$$

Esta corriente (I_{inst}) se compara con la corriente de $I_{cc3\Phi máx}$ para la barra de 34.5kV de la Planta bajo condiciones de máxima generación.

Ver resultados en la tabla 3.15.

Interruptor	MVAcc3	KV	$I_{cc3(34,5kv)}$	I_{Inst}	Int para maxcc	
Interruptor	94.6	34	1630	2118.36	1658.1	No instantáneo

Tabla 3.15 Elemento instantáneo para la alimentación con la FUEL con solo el ramal derecho.

3.5 Protección de fase vista desde las plantas que trabajan y alimentan la carga en isla.

3.5.1 Cálculo de la corriente de arranque para las plantas fuel que trabajan con la carga en Isla.

Este caso se muestra en el monolineal de la fig. 3.5.

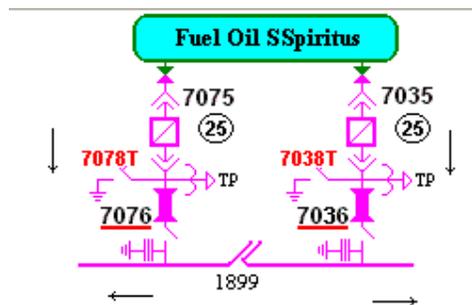


Fig. 3.4 Monolineal de la Fuel que alimenta la carga en isla.

La tabla 3.16 se obtuvo a partir de la corrida de máxima de la Fuel que alimenta en isla la carga hasta donde alcanza su capacidad.

Interruptor	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
Interruptor Planta	16	9	18.36	33.5	316.38	474.57
Subestaciones	P	Q	S	KV	Ic max	Iar
Hospital	1.5	0.6	1.616	33.2	28.095	42.142
U Militar	0.2	0.1	0.224	33.4	3.8653	5.7979
Estadio	1.4	0.5	1.487	33.3	25.775	38.662
SS 13KV	2.5	0.9	2.657	33.1	46.346	69.519
Agramonte	2.4	0.8	2.53	33.1	44.127	66.19
Colon	1.1	0.6	1.253	32.9	21.988	32.983
Colon 13KV	0.5	0.2	0.539	32.9	9.4502	14.175
SS 4KV	4.8	2.4	5.367	31.3	98.99	148.48
Fca Hielo	0.4	0.2	0.447	33.5	7.7074	11.561
Industrias	0.8	0.5	0.943	33.4	16.308	24.461

Tabla 3.16 La tabla se obtuvo a partir de la corrida de máxima de la fuel en isla.

Para el interruptor de salida de máquina se tuvo en cuenta la potencia máxima de generación.

3.5.2 Chequeo de la sensibilidad para las plantas Fuel que trabajan en Isla.

El cálculo de sensibilidad se realiza bajo la condición de generación para este caso, es decir, cantidad necesaria de máquinas que a plena capacidad suplen la demanda de los alimentadores.

Se recogen los valores de c.c mínimo por alimentadores en todas las entradas de las subestaciones de distribución, escogiéndose el valor menor, el que se divide por la corriente de arranque y se comprueba que en todos los casos el k_s es mayor que 1.5.

Los resultados se pueden apreciar en la tabla 3.17.

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic	Iar	MVA min.	kV	Imin(kA)	ks	
Interruptor Planta	16	9	18.36	33.5	316.38	474.57	65.13	33	0.98982	2.09	hospital

Tabla 3.17 Chequeo de la sensibilidad para la Fuel que trabaja en Isla.

3.5.3 Tiempo de operación.

Se calcula el c.c trifásico máximo en todas las subestaciones alimentadas desde la planta fuel en servicio, el tipo de fusible y capacidad, se entra a la curva de tiempo máximo de limpieza del fusible para este cortocircuito, con estos datos se plotan todas las curvas, la que se opera con mayor tiempo la hicimos coordinar para su valor de c.c trifásico máximo con la del

alimentador con una diferencia de tiempo de 0.4 segundos.

Los resultados en al tabla 3.18.

Interruptor	MVAcc3	KV	Icc3			top(seg)
Interruptor Planta	74.1	31	1367			0.7
Subestación	MVAcc3	KV	Icc3	fusible	top	
Hospital	70.5	33	1226	80k	0.017	
U Militar	92	33	1590	50k	0.05	
Estadio	90.5	33	1568	50k	0.05	
SS 13KV	84.9	33	1482	100k	0.15	
Agramonte	80.3	33	1400	100k	0.17	
Colon	71.7	33	1258	40k	0.04	
Colon 13KV	71.2	33	1249	15k	0.016	
SS 4KV	74.1	31	1367	125k	0.22	
Fca Hielo	92.1	34	1587	15k	0.017	
Industrias	91.1	33	1575	50k	0.05	

Tabla 3.18 Tiempo de operación para la Fuel que trabaja en isla.

Como se puede apreciar en la tabla siguiente el tiempo del interruptor de planta es de 0.7 (seg.), el cual se lleva al igual que en el régimen anterior a 1.8 (seg) ya que si se ajusta a 0.7 (seg.) este no coordina con los interruptores de la subestación y al ocurrir un cortocircuito en alguna de las salidas de la SE de Tuinucú, provoca disparos incorrectos del interruptor de Planta.

3.5.4 Elemento instantáneo.

El cálculo del ajuste instantáneo se realiza para el interruptor de salida de la subestación de la forma siguiente:

$$I_{inst} = 1.3 I_{cc3\Phi_{m\acute{a}x}}$$

Esta corriente (I_{inst}) se compara con la corriente de $I_{cc3\Phi_{m\acute{a}x}}$ para la barra de 34.5KV bajo condiciones de máxima generación.

Los resultados en la siguiente tabla 3.19.

Interruptor	MVAcc3	KV	Icc3(34,5kv)	I Inst	Int para maxcc	
Interruptor	92	33	1590	2063.	1662.8	No instantáneo

Tabla 3.19 Elemento instantáneo para la alimentación con la Fuel en Isla.

3.5.5 Chequeo de sensibilidad, la Fuel trabaja a 1/2 de su capacidad.

El cálculo de sensibilidad se realiza bajo la condición de generación para este caso, es decir, cantidad necesaria de máquinas que a plena capacidad suplen la demanda de los alimentadores.

Se toman los valores de c.c mínimo por alimentadores en todas las entradas de las subestaciones de distribución y se escoge el valor menor el que se dividió por la corriente de arranque y se comprobó que en todos los casos el ks debe ser mayor que 1.5.

Los resultados tabla 3.20

Interruptores	P	Q	S	KV	Ic	Iar	MVA min.	kV	Imin(kA)	ks	
Interrupor Planta	9	4.5	10.06	33.5	173.42	474.57	62.69	33	0.94985	2	hospital

Tabla 3.20 Chequeo de sensibilidad, la Fuel trabaja a 1/2 de su capacidad.

De la tabla anterior podemos decir que la fuel trabaja a un ½ de su capacidad y es sensible para c.c mínimo.

3.6 Ajuste gráfico de las protecciones.

Esta coordinación gráfica se realiza ploteando todas las curvas de los interruptores y se obtiene el gráfico 3.2.

En el gráfico 3.2 se puede ver las diferentes curvas de los dispositivos de protección, para su realización se plotea su tiempo de operación contra su corriente de arranque. Y se grafican los diferentes casos para los cuales las plantas fuel alimentan las cargas.

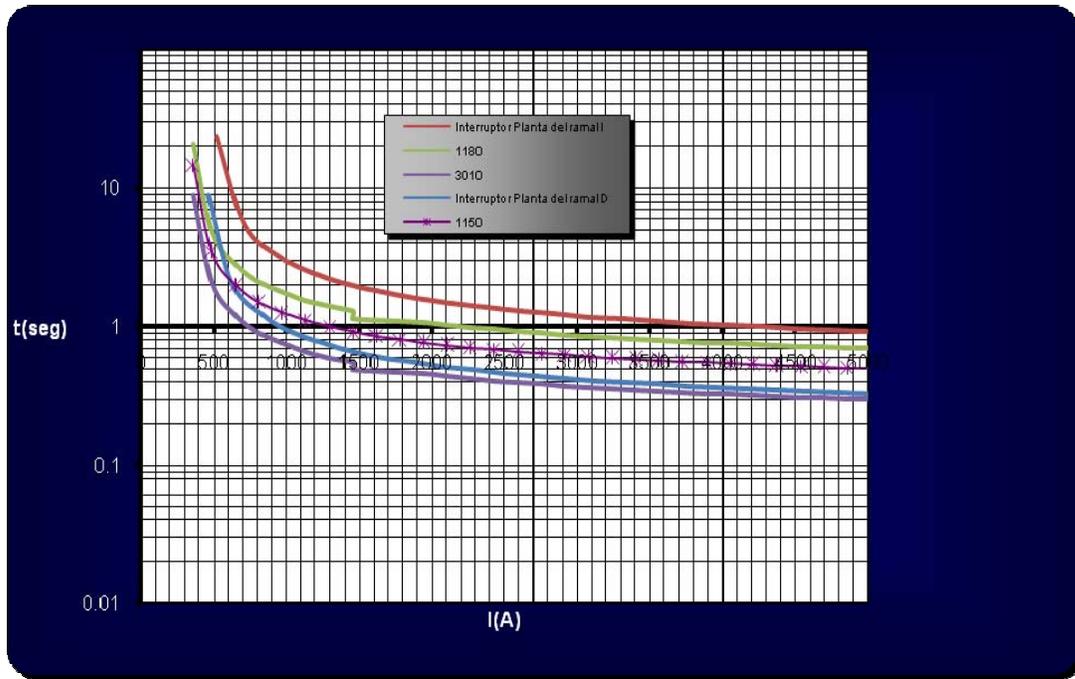


Gráfico 3.2 Ajuste gráfico de las protecciones.

Capítulo # 4 Protección de tierra.

4.1 Introducción.

En el ajuste de la protección de tierra se tendrá en cuenta las dos mismas condiciones que en la de fase, la protección de tierra de desde las plantas y desde el sistema.

4.2 Cálculo de la corriente de arranque.

Para el cálculo de las corrientes de arranque de la protección de tierra se asumió como la mayor corriente de desbalance el 40% de corriente de carga máxima bajo las condiciones de máxima carga de los alimentadores.

$$I_{ap} = 0.4 I_{cm\acute{a}x}$$

Donde: I_{ap} : Corriente de arranque de la protección.

$I_{cm\acute{a}x}$: Corriente de carga máxima.

Los resultados en la siguiente tabla.4.1.

Interruptores	$I_{cm\acute{a}x}$.	Kd	I_{apt}
Tot del T1	585.71	0.4	234.28
Tot del T2	585.71	0.4	234.28
Enlace 1	585.71	0.4	234.28
Enlace 2	585.71	0.4	234.28
3020	266.02	0.4	106.41
3010	318	0.4	127,2
3000	233.08	0.4	93.23
1180	318	0.4	127,2
1190	318	0.4	127,2
1160	167.34	0.4	66.93

Tabla 4.1 Corriente de arranque.

4.2.1 Cálculo de la Sensibilidad.

La sensibilidad se calcula para cortocircuito (c.c) mínimo en todas las subestaciones de distribución, se alimenta desde el sistema y se escoge el alimentador de menor c.c.

Luego se calcula:

$$K_s = I_{cc\text{mín}}/I_{apt}$$

Para los interruptores totalizadores, (enlace 1 y 2) y desvío se calcula de la misma forma, se coge el c.c. mínimo.

El calculo en la tabla 4.2.

Interruptor	Ic	Kd	Iapt	MVA min.	KV	Imin(kA)	ks	lugar
3020	266.02	0.4	106.4	43.41	20	3.7594	35.32	bombeo tuinucu
3010	318	0.4	127,2	20.28	20	1.7563	13,8	07-nov
1190	318	0.4	127,2	20.28	20	1.7563	13,8	07-nov
3000	233.08	0.4	93.23	38.44	20	3.329	35.70	1495
1180	318	0.4	127,2	20.28	20	1.7563	13,8	07-nov
1160	167.3	0.4	66.9	168.48	20	14.591	217.9	Barra 33kv
Totalizadores	585.7	0.4	234.2	20.28	20	1.7563	7.49	07-nov
Enlace 1	585.7	0.4	234.2	20.28	20	1.7563	7.49	07-nov
Enlace 2	585.7	0.4	234.2	20.28	20	1.7563	7.49	07-nov

Tabla 4.2 Comprobando sensibilidad.

De la tabla 4.2 se llega a la conclusión de que dan todos sensibles, es evidente que en la protección de tierra todos los interruptores son sensibles.

4.2.2Tiempo de operación.

Se calcula con la corrida de flujo en condiciones de máxima, de donde se obtienen todos los niveles de c.c 2 Φ y c.c 1 Φ a tierra.

Con las corrientes de c.c a tierra y el fusible por 33KV en cada subestación de distribución, se entro en la curva tiempo máximo de limpieza de (t vs. I) para la familia de fusibles tipo K y se obtuvo el tiempo de operación en todas las subestaciones para c.c .máximo.

Por interruptor, de todas las curvas de c.c máximo en la entrada de las subestaciones se coge la de mayor tiempo, se le suma 0.4 seg y como resultado se tiene el tiempo del interruptor.

Los resultados en la tabla 4.3.

Interruptor	MVAcc-t	KV	lcc-t		top(seg)	
3020	106,5	19,91	3087,9		0.5	
3000	50	20,01	1443		0.5	
1190	109,31	18,69	3375,8		0.6	
3010	109,31	18,69	3375,8		0.6	
1180	109,31	18,69	3375,8		0.6	
1160	327	19,91	9481		0.2	
Subestaciones	MVAcc-t	KV	lcc-t	Fusibles	top	3020
Nieves de Morejón	175,53	19,5	5196,3	15k	0.015	
CAIRAA	163,17	19,3	4881,2	15k	0.015	
Guayos	139,2	19,25	4175,2	50k	0.04	
Refinería 1	111,4	18,99	3387	20k	0.025	
Refinería 2	111,4	18,98	3388,7	20k	0.025	
Cabaiguan4KV	106,5	18,94	3246	65k	0.06	
Bombeo Tuinucú	62,48	18,67	1932	20k	0.035	
Los Pinos	78,48	18,74	2417,7	40k	0.05	
Cabaiguan 13KV	95,72	18,87	2929	40k	0.04	
Subestaciones	MVAcc-t	KV	lcc-t	Fusibles	top	3010
Madrigal	218,71	19,64	6428,9	5k	0.015	
Camino de la Habana	97,69	18,6	3032,9	80k	0.08	
Salado	33,02	17,18	1109,7	50k	0.15	
Sptus 4KV	109,31	18,69	3375,8	125k	0.2	
camarón	31,7	17,39	1052,5	20k	0.04	
Batey 7 de NOV	30,47	17,38	1012	20k	0.04	
Secadero de	32,75	17,44	1084,4	10k	0.03	

arroz						
H Orellana	30,57	17,42	1013,3	20k	0.04	
Guasimal	39,73	17,52	1309,1	20k	0.035	
Paredes	48,4	17,78	1571,9	20k	0.032	
Banao	59,71	17,81	1935,6	30k	0.05	
Presa Zaza	69,23	18,2	2196,4	50k	0.08	
Hligero	82,73	18,41	2594,2	15k	0.025	
Subestaciones	MVAcc-t	KV	lcc-t	Fusibles	top	1180
Colon	110,46	18,87	3380	40k	0.04	
Agramontés	136,79	18,92	4174,2	100k	0.075	
Siptus 13KV	154,95	18,96	4718,3	100k	0.07	
Estadio	185,06	19,04	5611,3	50k	0.03	
Hospital	110,81	19,01	3366	80k	0.075	
Fca de Hielo	228,67	19,2	6875,2	15k	0.015	
Colon 13KV	109,34	18,87	3345,8	40k	0.04	
Minfar	203,34	19,28	5926,9	80k	0.035	
Umilitar	199,63	19,09	6036,6	50k	0.025	
La Presa	175,53	19,28	6014,4	50k	0.025	
Industrias	239,3	19,25	7177,6	50k	0.021	
Subestaciones	MVAcc-t	KV	lcc-t	Fusibles	top	3000
JAT 13	32,2	20,01	929,1	50k	0.1	
Jatib 4kV	32,3	20,01	932	65k	0.1	
Chuch Emil	39,13	20,01	1129	10k	0.03	
Tag 13kV	50	20,01	1443	65k	0.1	
Tag 4kV	51,6	20,01	1489	40k	0.08	
Bom Jig	49,8	20,01	1437	20k	0.05	
Asbesto	52,9	20,01	1526	20k	0.05	
Managuaco	39,4	20,01	1137	20k	0.05	
Ciro Red	62	20,01	1789	20k	0.03	

Las Tapias	67,8	20,01	1956	20k	0.03	
Mod Piedra	59,2	20,01	1708	5k	0.02	
Zaza	87,19	20,01	2516	40k	0.05	
Caja de Agua	130,6	20,01	3768	40k	0.03	

Tabla 4.3 Tiempo de operación.

En los alimentadores la coordinación se realiza de la siguiente forma:

Enlace 1y2: 0.4 segundos por encima del (interruptor de salida barra 34.5kV con mayor Top).

Totalizador: 0.4 segundos por encima que el enlace.

Los resultados en la tabla 4.4.

Interruptor	MVAcc-t	KV	Icc	top(seg)
3020	106,5	19,91	3087,9	0.5
3010	109,31	18,69	3375,8	0.6
3000	50	20,01	1443	0.5
1190	109,31	18,69	3375,8	0.6
1180	109,31	18,69	3375,8	0.6
1160	327	19,91	9481	0.2
Totalizadores	109,31	18,69	3375,8	1.4
Enlace 1	109,31	18,69	3375,8	1
Enlace 2	109,31	18,69	3375,8	1

Tabla 4.4 Tiempo de operación.

4.2.3 Elemento instantáneo

Se calcula el instantáneo a los interruptores de salida de la subestación de la siguiente forma:

$$I_{inst} = 1.3 I_{cc3\Phi máx}$$

I_{inst} : Ajuste de corriente del disparo instantáneo.

$I_{cc3\Phi máx}$: El cortocircuito monofásico máximo, en la entrada de las subestaciones de distribución para cada alimentador.

Si se cumple que subestación con corriente de c.c máximo multiplicada por 1.3 sea mayor que la corriente de c.c máxima a la salida de dichos interruptores, entonces el interruptor protege la línea instantáneamente hasta esa subestación.

Lo cual los resultados se dan en la tabla 4.5

Interruptor	lcc	Kint	lint	lcc max int	Si tiene int	Lugar
3020	5196,3	1,3	6755,19	9481	si	nieves de morejón
3010	6428,9	1,3	8357,57	9481	si	Madrigal
1180	7177,6	1,3	9330,88	9481	si	Industrias
3000	3768	1,3	4898,4	9481	si	Caja de agua
1160	9481,009	1,3	12325	9481	no	Barra de 33
Totalizadores	7177,6	1,3	9330,88	9481	no	Industria
Enlace 1	7177,6	1,3	9330,88	9481	no	Industria
Enlace 2	7177,6	1,3	9330,88	9481	no	Industria

Tabla 4.5 Elemento instantáneo.

4.2.4 Gráficas de las protecciones.

La coordinación con los resultados obtenidos se muestra en el gráfico 4.1.

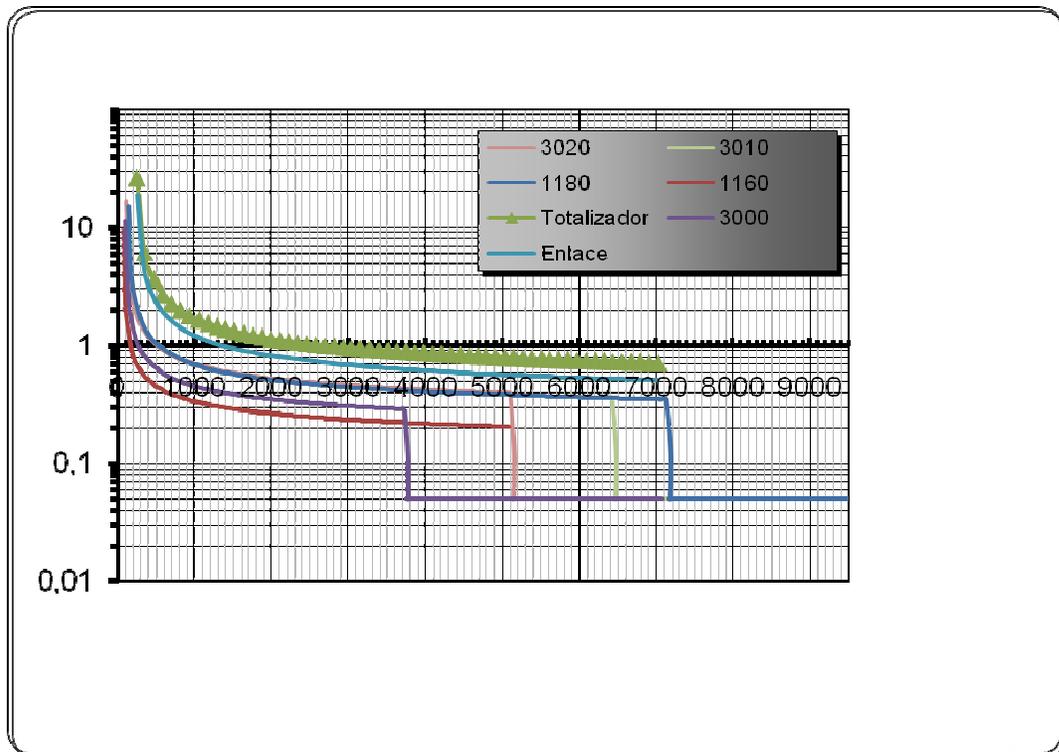


Gráfico 4.1 Curvas de las de protecciones

4.3 Protección de tierra desde las plantas alimentando la carga hacia el ramal izquierdo.

4.3.1 Cálculo de las corrientes de arranques.

De la misma forma que para el cálculo de la protección de fase a tierra visto desde el sistema, la corriente de arranque se calcula teniendo en cuenta un 40% de desbalance con respecto a la corriente de fase para carga máxima en los alimentadores.

$$I_{ap} = 0.4 I_{c\text{máx}}$$

En los demás interruptores de la subestación su corriente de carga depende de la capacidad máxima de la planta.

Resultados del cálculo en la tabla 4.6.

Interruptores	Ic	Kd	Iapt
Interruptor Planta	316.38036	0,4	126.552144
3010	318	0.4	127,2
1150	318	0.4	127,2
1180	318	0.4	127,2

Tabla 4.6 Orientado desde la FUEL alimentando la carga hacia el ramal izquierdo.

4.3.2 Cálculo de la sensibilidad.

Se calculan los MVA de c.c mínimo a partir de la generación desde las máquinas FUEL como sigue:

Se coge el c.c mínimos por alimentador.

Resultado en la tabla 4.7.

Interruptor	Ic	Kd	Iapt	MVA min.	kV	Imin(kA)	ks	lugar
Interruptor Planta	316.3	0.4	126.5	18.45	33.5	0.95	7.53	Guasimal
1180	318	0.4	127,2	18,45	33,5	0,95	7,49	Guasimal
1150	318	0.4	127,2	18,45	33,5	0,95	7,49	Guasimal
3010	318	0.4	127,2	18,45	33,5	0,95	7,49	Guasimal

Tabla 4.7 Comprobando sensibilidad desde la Fuel alimentando la carga hacia el ramal izquierda.

4.3.3 Tiempo de Operación.

Para el cálculo del tiempo de operación se realiza las corridas de cortocircuito en PSX para régimen de máximo.

Se calculan los c.c 1 Φ para régimen de máxima en todas las subestaciones de distribución, la capacidad de los fusibles y familias de curvas para el tipo de fusible, se entró con los niveles de c.c y se calcula el tiempo de operación de estos.

Teniendo en cuenta esto agrupado por alimentador, se selecciona la curva superior, es decir, la más lenta y para su nivel de c.c máximo se le sube al tiempo de operación 0.4 segundos quedando de esta forma calculado el tiempo operación para el alimentador.

El tiempo de operación para los demás interruptores de la subestación se calcula de la siguiente forma:

Al 1150 se le suma el tiempo del 3010 más 0.4 (seg).

Al del 1180 se le suma el tiempo del 1150 más 0.4 (seg).

Al interruptor de planta se le suma el tiempo del 1180 más 0.4 (seg).

El fusible de SS 4KV se debe cambiar por uno de 80k.

Los resultados se muestran en la tabla 4.8.

Interruptores	MVAcc-t	KV	Icc-t			top(seg)
Interruptor Planta	47.88	18.1	1527.27		1.7	
1180	47.88	18.1	1527.27		1.3	
1150	47.88	18.1	1527.27		0.9	
3010	47.88	18.1	1527.27		0.5	
Subestaciones	MVAcc-t	KV	Icc-t	fusible	top	
Fca Hielo	112.74	19.3	3372.56	15k	0.015	
Industrias	110.66	19.2	3327.58	50k	0.02	
La presa	96.66	19.2	2906.6	50k	0.022	
MINFAR	95.92	19.2	2884.35	80k	0.037	
Subestaciones	MVAcc-t	KV	Icc-t	fusible	top	
Madrigal	62.66	19.1	1894.07	5k	0.015	
SS 4KV	47.88	18.1	1527.27	80k	0.11	

C.Habana	45.18	18	1449.15	80k	0.11	
H.Ligero	32.84	17.7	1071.2	15k	0.016	
Presa Zaza	36.94	17.6	1211.78	50k	0.06	
Banao	33.55	17.3	1119.66	30k	0.038	
Guasimal	25.01	16.8	859.496	20k	0.029	
Paredes	28.98	17.1	978.457	20k	0.026	

Tabla 4.8 Tiempo de operación para Fuel alimentando la carga hacia el ramal izquierdo.

4.3.4 Elemento instantáneo.

Primeramente se le calcula el instantáneo a los interruptores de salida de la subestación de la siguiente forma:

$$I_{inst} = 1.3 I_{cc3\Phi máx}$$

I_{inst} : Ajuste de corriente del interruptor del disparo instantáneo.

$I_{cc3\Phi máx}$: El cortocircuito trifásico máximo

Este se compara con el cortocircuito trifásico máximo a la salida de los alimentadores.

Los resultados se dan en la tabla.4.9.

Interruptor	I _{cc}	K _{int}	I _{int}	I _{cc max}		lugar
Interruptor Planta	3372.56	1.3	4384.33	3704.0161	no	Fca Hielo
1180	1894.07	1.3	2462.29	3704.0161	si	madrigal
1150	1894.07	1.3	2462.29	3704.0161	si	madrigal
3010	1894.07	1.3	2462.29	3704.0161	si	madrigal

Tabla 4.9 Elemento instantáneo.

4.4 Orientado desde las plantas Fuel, alimentando las cargas hacia el ramal derecho.

4.4.1 Cálculo de la corriente de arranque.

De la misma forma que se hizo anteriormente se realiza para este caso y los resultados son mostrados en la tabla .4.10

Interruptores	I _c	K _d	I _{apt}
---------------	----------------	----------------	------------------

Interruptor			
Planta	316.3	0.4	126.52

Tabla 4.10 Orientado desde la Fuel alimentando ramal derecho.

4.4.2 Comprobando sensibilidad.

Para este se calculan los MVA de c.c monofásicos mínimo a partir de la generación desde las máquinas de FUEL como sigue:

En todos estos casos se coge el c.c 1Φ o $2f$ a tierra mínimo de todos los mínimos por alimentador.

Resultados en la tabla 4.11

Interruptor	lc	Kd	lapt	MVA min.	KV	Imin(kA)	ks	lugar
Interruptor Planta	316.3	0.4	126.5	76.3	33.5	3.94494	31.173	Hospital

Tabla 4.11 Comprobando Sensibilidad desde la Fuel alimentado ramal derecha.

4.4.3 Tiempo de operación.

Para el cálculo del tiempo de operación se realiza la corrida de flujo.

Se calculan los c.c 1Φ para régimen de máxima en todas las subestaciones de distribución, la capacidad de los fusibles y familias de curvas para el tipo de fusible, se entra con los niveles de c.c y se calcula el tiempo de operación.

Teniendo en cuenta esto se agrupan por alimentador, se seleccionó la curva superior es decir la más lenta y para su nivel de c.c máximo se le sube al tiempo de operación 0.4 segundos quedando de esta forma calculado el tiempo operación para el alimentador.

Resultados en la tabla 4.12

Interruptor	MVAcc- t	KV	Icc-t		top(seg)
Interruptor Planta	80.73	18.1	2575.11		0.5
Subestación	MVAcc- t	KV	Icc-t	fusible	top(seg)
Hospital	126.64	19.2	3808.11	80k	0.035
U Militar	89.57	19.3	2679.44	50k	0.025

Estadio	121.02	19.2	3639.11	50k	0.019
SS 13KV	105.31	19.1	3183.29	100k	0.04
Agramontés	94.01	19.1	2841.71	100k	0.06
Colon	76.31	19	2318.82	40k	0.021
Colon 13KV	75.78	19	2302.72	15k	0.015
SS 4KV	80.73	18.1	2575.11	125k	0.1

Tabla 4.12 Tiempo de Operación.

4.4.4 Elemento instantáneo.

Primeramente se le calcula el instantáneo a los interruptores de salida de la subestación de la siguiente forma:

$$I_{inst} = 1.3 I_{cc1\Phi máx}$$

I_{inst} : Ajuste de corriente del interruptor del disparo instantáneo.

$I_{cc1\Phi máx}$: El cortocircuito trifásico máximo.

Se compara con el cortocircuito monofásico máximo a la salida de los alimentadores.

Los resultados se dan en la tabla 4.13.

Interruptor	I _{cc}	K		I _{cc máx.}		lugar
		I _{int}	I _{lint}			
Interruptor Planta	3808.11	1.3	4950.54	3928.0758	no	Hospital

Tabla 4.13 Elemento instantáneo.

4.5 Orientado desde las plantas Fuel, alimentando la carga en isla.

4.5.1 Cálculo de la corriente de arranque.

De la misma forma que se hizo anteriormente se realiza para este caso y los resultados son mostrados en la tabla 4.14.

Interruptores	I _c	K _d	I _{apt}
Interruptor Planta	316.38	0.4	126.552

Tabla 4.14 Orientado desde la Fuel, la carga en isla.

4.5.2 Comprobando sensibilidad.

Para este se calculó los MVA de c.c mínimo a partir de la generación desde las máquinas de la FUEL como sigue:

En todos estos casos se coge el c.c mínimo de todos los mínimos por alimentador.

Resultados en la tabla 4.15.

Interruptor	Ic	Kd	Iapt	MVA min.	KV	Imin(kA)	ks	lugar
Interruptor Planta	316.38	0.4	126.552	65.13	33.5	3.36742	26.609	Hospital

Tabla 4.15 Comprobando sensibilidad.

4.5.3 Tiempo de operación.

Para sacar el tiempo de operación se realiza igual que en el caso anterior.

Los resultados en la tabla 4.16.

Interruptor	MVAcc-t	KV	Icc-t		top(seg)
Interruptor Planta	75.86	18.1	2419.77		0.5
Subestación	MVAcc-t	KV	Icc-t	fusible	top(seg)
Hospital	72.39	19.2	2176.79	80k	0.049
U Militar	107.44	19.3	3214.02	50k	0.019
Estadio	103.49	19.2	3111.98	50k	0.02
SS 13KV	91.65	19.1	2770.37	100k	0.055
Agramonte	84.37	19.1	2550.32	100k	0.06
Colon	72.18	19	2193.32	40k	0.025
Colon 13KV	71.62	19	2176.31	15k	0.016
SS 4KV	75.86	18.1	2419.77	125k	0.1
Fca Hielo	109.59	19.3	3278.33	15k	0.015
Industrias	105.86	19.2	3183.24	50k	0.02

Tabla 4.16 Tiempo de operación.

4.5.4 Elemento instantáneo.

Para el caso del tiempo de operación se realiza al igual que el caso anterior.

Los resultados en la tabla 4.17.

Interruptor	I _{cc}	K		I _{cc max}		Lugar
		int	lint			
Interruptor Planta	3278.33	1.3	4261.83	3670.5118	no	Fca Hielo

Tabla 4.17 Elemento instantánea.

4.6 Gráfico de las protecciones.

Se puede ver este ajuste en el gráfico 4.2.

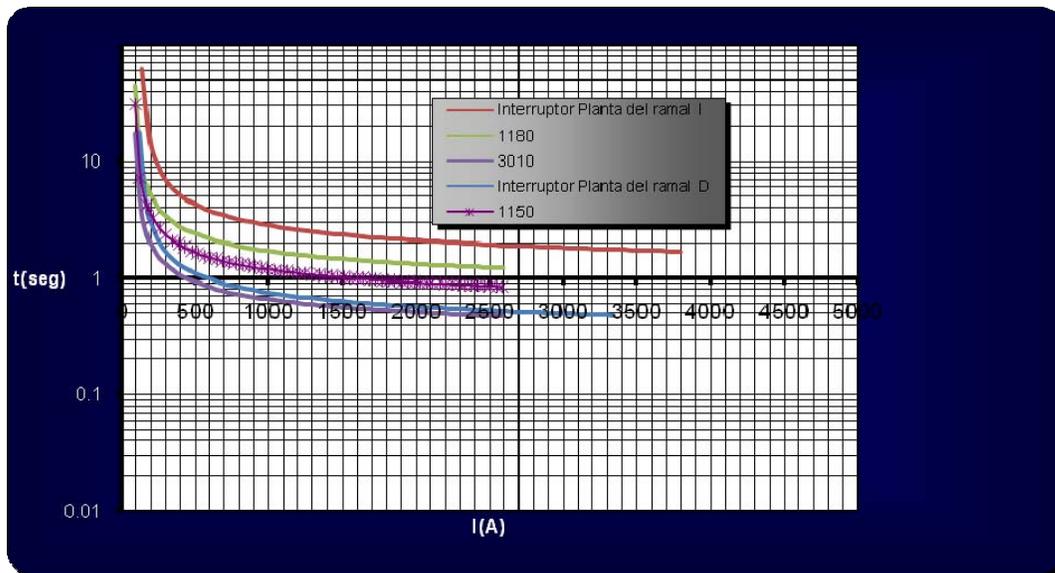


Gráfico 4.2 Curva de los diferentes interruptores.

En el gráfico 4.2 la coordinación del fuel para los diferentes ramales con su tiempo de operación y su corriente.

4.7 Ajuste final de las protecciones de fase y de tierra.

El ajuste de deberían tener las protecciones se muestran en la tabla 4.18 con su multiplicador de tiempo.

		3020	3010	1180	3000	1160	1150	3030	1140	Interruptor de planta FUEL SS.
fase Int	50	3166.34	3833.91	3730.89	2945,66	no	no	no	no	no
Tiempo inv.	51	399.039	477	477	349.6	251	586	586	586	474
mult tiempo		X0.1494	0.208	X0.2080	X0.1573	X0.1330	X0.2558	X0.3581	X0.3582	x0.321
tierra int	50	6755.15	8358	9330,88	4898,4	no	no	no	no	no
Tiempo inv. T	51	106.41	184.3	184.3	93.24	66.94	234.3	234.29	234.3	126.55

mult tiempo	X0.227 8	X0.208 0	X0.208 0	X0.157 3	X0.133 1	X0.255 8	X0.358 1	X0.358 2	x0.85
----------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------

Tabla 4.18 Ajuste Final de las protecciones.

(El 1180 necesita direccionalidad, lo cual no se pone en la tabla 4.18)

Referencia Bibliografía

[1] Fernández, L. “*Generación distribuida: ¿La generación del futuro?*”. Energía. Septiembre – Octubre 2001 pp. 144 – 148.

[2] EPRI. “*Integrating Distributed Generation Into the Electric Distribution System*” Technical Update. EPRI White Paper. December 2001, 6 pp.

- [3] Girgis, A., Brahma S. “*Effect of Distributed Generation on Protective Device Coordination in Distribution System*” IEEE 2001. pp 115 – 119.
- [4] Doyle, M. “*Reviewing the Impacts of Distributed Generation on Distribution System Protection*”. IEEE2002. pp 103 -105.
- [5] Nimpitiwan, N., Heydt, G. “*Fault Current Issues for Market Driven Power Systems with Distributed Generation*” III PES General Meeting, San Francisco, June 2005. 7 pp.
- [6] Jäger, J., Keil, T., Shang, L., Krebs, R. “*New Protection Coordination Methods in the Presence of Distributed Generation*” 8th International Conference on Developments in Power System Protection (The Netherlands), 5-8 April 2004, Proceedings. 4 pp.
- [7] Bagous, Y. “*Voltage Regulation and Overcurrent Protection Issues in Distribution Feeders with Distributed Generation – A Case Study*” Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences – 2005. 7 pp.
- [8] García, Z., González – Cueto, J. “*Manual para las Aplicaciones docentes del PSX*”. Universidad Central Las Villas. 2002.
- [9] Comité de operación económica del Sistema Interconectado Nacional “*Criterios de ajuste y coordinación de los sistemas de protección del SEIN*” diciembre 2005. 80 pp.
- [10] ABB Power T & D Company. “*Protective Relaying Theory and Applications* 1994, 351 pp.
- [11] Blackburn, J. “*Protective Relaying. Principles and Applications*. 1987. 591 pp.

ANEXO 1

Datos de los transformadores de Potencial.

Tipo. 3 HOM 35-65 de fabricación soviética

Relación de transformación (RTP) 35000/ 3/100/3/100/3.

La conexión de los devanados secundarios es en estrella y se utiliza las mediciones de la tensión y frecuencia.

Están protegidos por alta tensión con fusibles de 3 amp. y por baja tensión con fusibles de 6 amp.

En la fase A de línea del interruptor (int). 1180 se conecta un transformador de potencial con las siguientes características.

Tipo: E-T 13 de fabricación checoslovaca.

Relación de transformación: 3500 /3/100/3-100/3

El objetivo de estos es el chequeo de la ausencia de tensión en líneas para el cierre manual remoto y sin automática del int. 1180. Se conectan los dos devanados secundarios en serie y protegidos por baja tensión con un int. de caja plástica.

ANEXO 2

Posee las siguientes señalizaciones:

Las señalizaciones de los disparos por sobrecorriente la realizan en el propio relé.

I > sobrecorriente con tiempo fase (51).

I >> sobrecorriente instantáneo fase (50).

O > sobrecorriente con tiempo de tierra (51 G).

O >> sobrecorriente instantáneo de tierra (50 G).

74-3 Operación de cierre automático.

74-4 Operación del esquema de disparo transferido.

ANEXO 3

Representación de monolineal de la fuel en al Fig. 3.1.

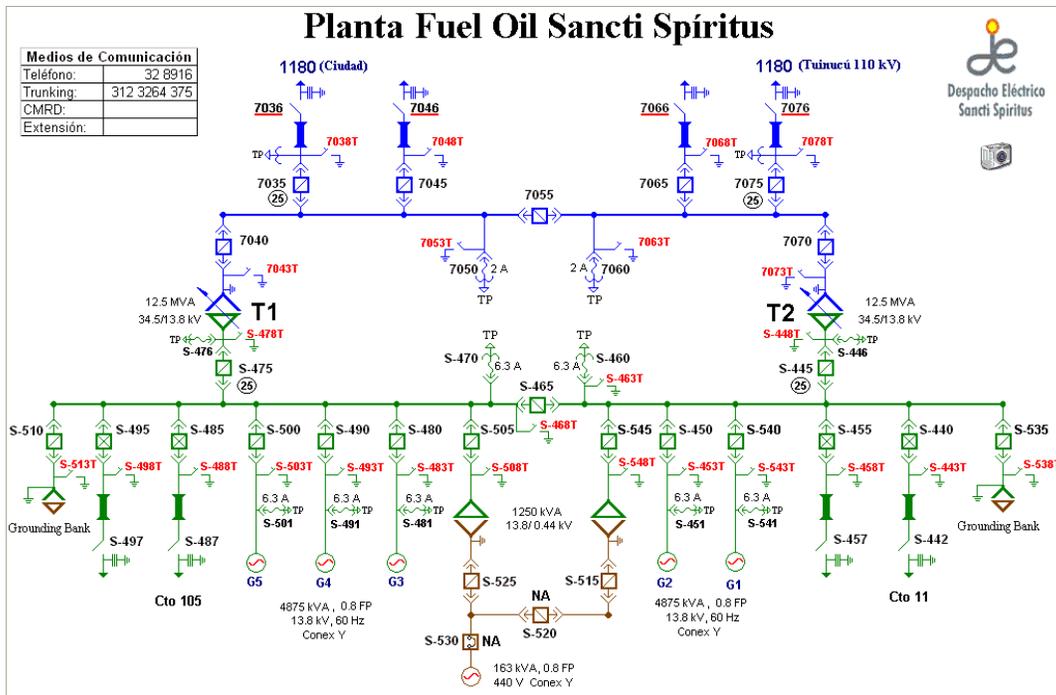


Fig. 3.1 Monolineal de las Plantas Fuel Oil.

ANEXO 4

Los resultados de las corridas de cortocircuito mínimo con solo el sistema se representa en la tabla. 4.1.

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f					
Tuinucu110	443.14	595.51	314.78	491.11	6824A	185.35	185.82	148.36	174.44
Tuinucu33	218.05	241.74	171.47	223.13	GESBolívar	0.00	0.00	0.00	0.00
BATTuin13kV	94.88	87.50	78.83	75.68	GESBolívar2	0.00	0.00	0.00	0.00
3020	215.26	236.02	169.57	218.88	1180	215.35	236.12	169.64	218.95
EntNMorejon	153.27	144.31	124.59	129.18	TapMHdez	198.11	204.09	157.47	190.41
DerCAI	143.96	134.16	117.55	118.11	CAIMelanio	191.70	194.20	152.87	181.19
TapGuayos	128.69	118.43	105.85	101.01	1585	195.48	199.81	155.58	186.31
EntRefinería	106.20	96.68	88.29	78.39	1586A	138.80	128.68	113.67	110.62
3413A	102.35	93.07	85.25	74.81	TapMINFAR	134.82	124.96	110.63	106.77
3413B	101.65	92.42	84.71	74.24	Industrias	129.89	119.63	106.90	101.31
Cab4kV	101.64	92.42	84.71	74.23	TapHielo	125.53	114.96	103.59	96.62
3411A	101.63	92.41	84.70	74.22	1893A	120.43	110.13	99.59	91.41
3411B	100.91	91.73	84.14	73.65	1893B	119.45	109.22	98.85	90.58
D.Cab13	95.70	86.86	79.98	69.04	TapHospital	114.21	104.17	94.75	85.39
1934A	95.25	86.44	79.63	68.68	Estadio	108.76	99.05	90.45	80.24
1934B	94.57	85.82	79.10	68.18	6818A	105.03	95.55	87.49	76.82
1673A	61.35	55.22	52.14	42.42	6818B	104.26	94.85	86.88	76.22
Cab13kV	92.99	84.24	77.87	66.68	S513kV	99.63	90.55	83.20	72.07
D1933	93.13	84.37	77.98	66.79	1901A	98.77	89.75	82.51	71.32
1933A	92.52	83.79	77.49	66.27	1901B	103.51	89.10	81.95	70.80
1933B	91.90	83.23	77.01	65.81	TapAgram	93.50	84.87	78.28	66.89
D.Pinos	78.05	70.38	65.89	54.41	TapColon	84.96	76.96	71.39	59.95
Los.Pinos	77.95	70.29	65.82	54.34	Colon	80.05	72.33	67.48	56.10
Bomb.Tuin.	63.29	56.75	54.02	43.41	Colon13kV	79.45	71.81	67.00	55.74
3453A	101.63	92.42	84.70	74.23	6866A	78.95	71.38	66.61	55.43
3000	214.40	235.71	169.01	218.56	6866B	83.99	75.99	70.68	58.00

FcaHielo	123.08	112.61	101.69	94.32
Hospital	80.13	72.37	67.45	56.53
UMilitar	111.49	101.52	92.65	83.00
NMorejon	151.72	142.65	123.42	127.44
CAIRAA	143.86	134.07	117.48	118.01
Guayos	127.41	117.18	104.87	99.75
Refin1	106.08	96.59	88.22	78.30
Refin2	106.10	96.60	88.24	78.32
SBolívar13kV	0.00	0.00	0.00	0.00

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f					
6867A	84.50	76.44	71.08	58.35	PresaZaza	69.63	62.81	59.05	46.66
6867B	90.07	76.90	71.49	58.71	Banao	60.74	54.74	51.75	39.90
TapH.Lig	99.89	90.61	83.45	71.19	Banao13kV	16.10	15.33	13.94	14.10
C.Habana	94.86	85.92	79.42	67.06	3474A	60.46	54.50	51.52	39.73
6804	99.23	85.30	78.87	66.60	3474B	60.19	54.27	51.30	39.56
6806B	99.26	90.03	82.95	70.79	Paredes	49.79	44.92	42.66	32.01
6806A	100.03	90.72	83.56	71.30	Guasimal	41.20	37.21	35.47	26.09
6803A	105.36	95.75	87.78	76.16	TapSierpe	40.50	36.58	34.89	25.64
6803B	106.06	96.39	88.32	76.75	6831A	39.96	36.10	34.44	25.32
SS4kV	104.57	95.02	87.15	75.57	6831B	39.96	36.08	34.44	25.29
3812A	84.27	76.33	70.83	59.40	SecArroz	34.14	30.83	29.54	21.73
TapMadrig.	123.70	113.20	102.14	94.78	HDrellanes	31.92	28.84	27.67	20.37
1587A	132.57	122.07	108.99	104.46	1974A	40.29	36.39	34.71	25.50
1587B	133.67	123.16	109.81	105.51	1974B	40.16	36.27	34.60	25.44
Madrigal	176.64	172.28	142.05	159.06	TapSalado	36.21	32.70	31.29	22.93
3010	215.29	236.35	169.61	219.11	EISalado	34.43	31.09	29.78	21.79
3026A	123.26	112.77	101.80	94.37	Salado	17.59	16.44	15.24	13.57
3026B	125.19	115.29	103.21	97.27	Camaron1	33.09	29.88	28.64	20.98
MINFAR	125.20	115.30	103.21	97.28	6855B	36.12	32.61	31.21	22.86
LaPesa	125.96	116.06	103.81	98.03	6855A	35.94	32.46	31.06	22.79
1592A	127.92	117.98	105.31	99.80	6850A	39.84	32.10	30.72	22.54
1592B	126.77	116.87	104.43	98.83	6850B	39.69	31.98	30.59	22.47
1160	213.65	235.04	168.48	217.96	7Nov	31.82	28.75	27.56	20.28
H.Ligero	81.81	73.93	68.94	56.24	1586B	137.62	127.86	112.78	109.99
3453A	81.41	73.54	68.62	55.92	TapHL	99.18	89.99	82.89	70.65
3453B	80.94	73.13	68.25	55.60	Agamonte	92.45	83.92	77.44	66.01

Tabla. 4.1 MVA de cortocircuito mínimo con solo el sistema.

ANEXO 5

En la tabla. 5.1 se representan los MVA de cortocircuito máximo con generadores y sistema.

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f
Tuinucu110	508.56	597.34	378.44	544.14
Tuinucu33B	301.12	326.80	251.67	324.03
BATTuin13k'	209.34	273.52	193.25	288.74
3020	295.98	316.47	247.62	315.47
EntNMorejon	190.47	177.94	161.81	158.80
DerCAI	176.30	163.35	150.08	142.71
TapGuayos	153.92	140.92	131.44	118.90
EntRefineria	122.86	111.56	105.37	89.26
3413A	117.75	106.89	101.07	84.77
3413B	116.83	106.06	100.31	84.05
Cab4kV	116.82	106.05	100.30	84.04
3411A	116.81	106.04	100.29	84.03
3411B	115.87	105.19	99.50	83.32
D.Cab13	109.09	98.98	93.78	77.63
1934A	108.53	98.45	93.30	77.19
1934B	107.66	97.67	92.58	76.59
1673A	66.98	60.44	57.98	45.82

Cab13kV	105.63	95.72	90.89	74.74
D1933	105.80	95.88	91.03	74.88
1933A	105.02	95.16	90.37	74.25
1933B	104.25	94.45	89.72	73.69
D.Pinos	86.92	78.59	75.06	59.87
Los.Pinos	86.80	78.48	74.96	59.78
Bomb.Tuin.	69.22	62.48	60.09	46.85
3459A	116.81	106.05	100.29	84.03
3000	294.56	316.05	246.56	314.90
6824A	243.50	239.96	205.48	232.32
1180	301.12	327.10	251.70	324.31
TapMHdez	287.24	309.76	242.99	311.35
CAIMelanio	276.39	297.14	234.43	298.19
1585	284.31	302.96	240.85	305.57
1586A	228.68	236.67	200.61	238.12
TapMINFAR	225.59	234.43	198.48	237.98
Industrias	221.65	231.31	195.78	239.30

TapHielo	218.18	235.73	193.45	241.39
1899A	214.92	243.59	191.47	248.19
1899B	212.12	237.92	188.96	243.15
TapHospital	196.79	207.88	175.12	212.14
Estadio	181.73	184.57	161.52	185.06
6818A	171.96	171.28	152.72	169.08
6818B	170.05	168.91	151.03	166.53
SS13kV	158.52	154.95	140.67	149.12
1901A	156.46	152.63	138.82	146.19
1901B	159.84	150.97	137.36	144.25
TapAgram	144.23	139.27	127.86	129.92
TapColon	125.79	119.91	111.36	107.42
Colon	116.08	110.46	102.81	96.53
Colon13kV	114.92	109.34	101.79	95.57
6866A	113.97	108.43	100.95	94.71
6866B	94.03	85.24	81.04	64.23
6867A	94.67	85.80	81.57	64.66

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f
6867B	95.30	86.37	82.11	65.09
TapH.Lig	114.25	103.64	98.21	80.36
C.Habana	111.68	97.69	92.72	75.30
6804	106.91	96.91	91.97	74.74
6806B	113.44	102.91	97.52	79.87
6806A	114.43	103.79	98.36	80.51
6803A	121.43	110.24	104.27	86.54
6803B	122.38	111.07	105.06	87.28
SS4kV	120.40	109.31	103.40	85.80
3812A	124.36	118.45	110.09	105.81
TapMadrig.	146.63	133.51	125.47	110.54
1587A	159.31	146.02	136.08	123.60
1587B	160.91	147.52	137.40	125.05
Madrigal	227.77	218.61	192.62	205.63
3010	296.03	317.07	247.69	315.90
3026A	146.02	132.95	124.96	110.01
3026B	201.17	203.31	177.02	197.86

MINFAR	201.19	203.34	177.03	197.90
LaPesa	203.06	205.67	178.68	200.82
1592A	207.83	211.20	182.85	207.78
1592B	205.06	208.19	180.44	204.01
1160	301.05	326.53	251.64	323.88
H.Ligero	91.33	82.73	78.75	62.07
3453A	90.83	82.26	78.33	61.68
3453B	90.25	81.75	77.84	61.29
PresaZaza	76.50	69.23	66.14	50.59
Banao	66.00	59.71	57.18	42.72
Banao13kV	16.57	15.80	14.37	14.41
3474A	65.68	59.42	56.90	42.52
3474B	65.36	59.15	56.63	42.33
Paredes	53.48	48.40	46.39	33.79
Guasimal	43.88	39.73	38.11	27.28
TapSierpe	43.12	39.04	37.45	26.79
6831A	42.53	38.51	36.95	26.43

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f
6831B	42.53	38.49	36.94	26.40
SecArroz	36.19	32.75	31.47	22.51
HDrellanes	33.79	30.57	29.39	21.05
1974A	42.88	38.83	37.25	26.63
1974B	42.74	38.70	37.13	26.56
TapSalado	38.43	34.78	33.41	23.82
EISalado	36.50	33.02	31.73	22.59
Salado	19.98	16.98	15.76	13.85
Camaron1	35.05	31.70	30.47	21.71
6855B	38.33	34.69	33.32	23.75
6855A	38.14	34.52	33.15	23.66
6850A	37.71	34.13	32.78	23.39
6850B	37.54	33.99	32.63	23.32
7Nov	33.67	30.47	29.28	20.95
1586B	227.72	235.82	199.94	237.56
TapHL	113.33	102.84	97.43	79.70
Agamonte	141.90	136.79	125.78	126.94

FcaHielo	211.41	223.75	187.38	228.67
Hospital	116.46	110.81	103.13	97.38
UMilitar	189.73	195.49	168.81	199.63
NMorejon	188.11	175.53	159.86	156.23
CAIRAA	176.14	163.17	149.94	142.55
Guayos	152.11	139.20	129.93	117.19
Refin1	122.69	111.43	105.25	89.13
Refin2	122.72	111.45	105.27	89.16
Tuinucu33A	301.16	327.31	251.72	324.41
1150	301.14	327.06	251.70	324.23

Tabla 5.1 MVA de cortocircuito con

generadores y plantas.

ANEXO 6

En la tabla 6.1 se representan los niveles de cortocircuito de la fuel alimentando la carga hacia el ramal izquierdo para máxima generacion de la fuel.

Nombre	MVA 3f	MVA 2f-T	MVA 2f	MVA 1f
Tuinucu33	68.07	69.13	62.80	67.16
BATTuin13kV	114.07	160.78	111.16	173.99
1180	68.36	69.49	63.08	67.65
TapMHdez	70.46	72.42	65.17	71.59
CAIMelario	69.51	71.23	64.23	70.03
1585	70.83	72.94	65.54	72.29
1586A	83.88	93.69	78.78	101.79
TapMINFAR	85.43	96.29	80.38	105.29
Industrias	87.20	100.39	82.22	110.66
TapHielo	88.81	106.77	83.90	115.87
1899A	91.27	115.34	86.48	123.82
TapHospital	0.00	0.00	0.00	0.00
Estadio	0.00	0.00	0.00	0.00
6818A	0.00	0.00	0.00	0.00
6818B	0.00	0.00	0.00	0.00
SS13kV	0.00	0.00	0.00	0.00
1901A	0.00	0.00	0.00	0.00
1901B	0.00	0.00	0.00	0.00
TapAgram	0.00	0.00	0.00	0.00
TapColon	0.00	0.00	0.00	0.00
Colon	0.00	0.00	0.00	0.00
Colon13kV	0.00	0.00	0.00	0.00
6866A	0.00	0.00	0.00	0.00
6866B	44.16	41.86	39.70	33.56
6867A	44.32	42.02	39.85	33.69
6867B	44.48	42.18	40.00	33.83
TapH.Lig	48.86	46.60	44.12	38.35
C.Habana	47.47	45.18	42.81	36.93
C.Habana	47.47	45.18	42.81	36.93
6804	47.27	44.98	42.62	36.77
6806B	48.69	46.43	43.95	38.21
6806A	48.90	46.64	44.16	38.39
6803A	50.29	48.07	45.47	39.98
6803B	50.46	48.24	45.63	40.17
SS4kV	50.10	47.88	45.29	39.78
3812A	0.00	0.00	0.00	0.00
TapMadrig.	54.36	52.22	49.37	45.39
1587A	56.10	54.05	51.06	47.86
1587B	56.31	54.26	51.25	48.12
Madrigal	63.17	62.66	57.94	58.68
3010	67.79	68.78	62.50	66.69
3026A	54.26	52.12	49.28	45.28
3026B	81.43	89.84	76.30	95.91
MINFAR	81.44	89.85	76.30	95.92
LaPesa	81.77	90.37	76.63	96.66
1592A	82.57	91.51	77.45	98.37
1592B	82.11	90.93	76.98	97.46
H.Ligero	43.46	41.14	39.04	32.84
3453A	43.32	41.00	38.92	32.71
3453B	43.17	40.85	38.78	32.57
Presazaza	39.26	36.94	35.14	28.76
Banao	35.83	33.55	31.98	25.63

Banao13kV	12.51	11.84	10.94	10.71					
3474A	35.71	33.45	31.87	25.55					
3474B	35.60	33.34	31.77	25.47					
Paredes	31.10	28.98	27.64	21.68					
Guasimal	26.97	25.01	23.89	18.45					
TapSierpe	0.00	0.00	0.00	0.00					
6831A	0.00	0.00	0.00	0.00					
6831B	0.00	0.00	0.00	0.00					
SecArroz	0.00	0.00	0.00	0.00					
H0rellanes	0.00	0.00	0.00	0.00					
1974A	0.00	0.00	0.00	0.00					
1974B	0.00	0.00	0.00	0.00					
TapSalado	0.00	0.00	0.00	0.00					
EISalado	0.00	0.00	0.00	0.00					
Salado	0.00	0.00	0.00	0.00					
Cameron1	0.00	0.00	0.00	0.00					
6855B	0.00	0.00	0.00	0.00					
6855A	0.00	0.00	0.00	0.00					
6850A	0.00	0.00	0.00	0.00					
6850B	0.00	0.00	0.00	0.00					
7Nov	0.00	0.00	0.00	0.00	FcaHielo	87.59	103.42	82.65	112.64

Tabla 6.1 MVA de cortocircuito con la fuel alimentando la carga hacia el ramal izquierdo.

ANEXO 7

Datos para seleccionar los multiplicadores de tiempo en los reles se pueden ver en la fig 7.1.

Appendix B IEEE Inverse Time Protection Tables

The inverse time protection curves in this appendix are as defined by IEEE Std C37.112-1996 standard where "I" is the actual current expressed as a multiple of the trip current set by the user:

■ Std Moderately inverse, for which equation is: $\text{Time to Trip} = (0.0515 / (I^{0.02} - 1)) + 0.114$

■ Std Very inverse, for which equation is: $\text{Time to Trip} = (19.61 / (I^2 - 1)) + 0.491$

■ Std Extremely Inverse, for which equation is: $\text{Time to Trip} = (28.2 / (I^2 - 1)) + 0.1217$

Tables for the times to trip for each of these curves are given below.

Setting Current Multiple	Std Moderately Inverse Time (secs)	Std Very Inverse Time (secs)	Std Extremely Inverse Time (secs)
1.10	27.11	93.87	134.41
1.50	6.44	16.18	22.68
2.00	3.80	7.03	9.52
2.50	2.90	4.23	5.49
3.00	2.43	2.94	3.65
3.50	2.14	2.23	2.63
4.00	1.95	1.80	2.00
4.50	1.80	1.51	1.59
5.00	1.69	1.31	1.30
5.50	1.60	1.16	1.09
6.00	1.53	1.05	0.93
6.50	1.46	0.97	0.81
7.00	1.41	0.90	0.71
7.50	1.37	0.85	0.63
8.00	1.33	0.80	0.57
8.50	1.29	0.77	0.52
9.00	1.26	0.74	0.47
9.50	1.23	0.71	0.44
10.00	1.21	0.69	0.41
10.50	1.18	0.67	0.38
11.00	1.16	0.65	0.36
11.50	1.14	0.64	0.34
12.00	1.12	0.63	0.32
12.50	1.11	0.62	0.30
13.00	1.09	0.61	0.29
13.50	1.08	0.60	0.28
14.00	1.06	0.59	0.27
14.50	1.05	0.58	0.26
15.00	1.04	0.58	0.25
15.50	1.03	0.57	0.24
16.00	1.02	0.57	0.23
16.50	1.01	0.56	0.23
17.00	1.00	0.56	0.22
17.50	0.99	0.56	0.21
18.00	0.98	0.55	0.21
18.50	0.97	0.55	0.20
19.00	0.96	0.55	0.20
19.50	0.96	0.54	0.20
20.00	0.95	0.54	0.19

IEEE Inverse Time Protection table

Fig 7.1 Tabla y formula de las

diferentes curva del rel para tiempo inverso.

ANEXO 8

En la tabla 8.1 se muestran los diferentes niveles de cortocircuito en al subestación de tuinucú para máxima y mínima.

Subestación	Nodo del CC	MVA trifásico	MVA monofásicos	Z1 eq	Z0 eq
Tuinucú 110KV(Max)	TUIN 110	509,2	544,26	0,196	0,138
Tuinucú 110KV(Min)	TUIN 110	443	491,88	0,226	0,158

Tabla 8.1 Niveles de cortocircuito a la entrada de la subestación.

ANEXO 9

En la fig 9.1 se representa el monolineal de la subestacion de Tuinucú con el cual se realizan las corridas de PSX.

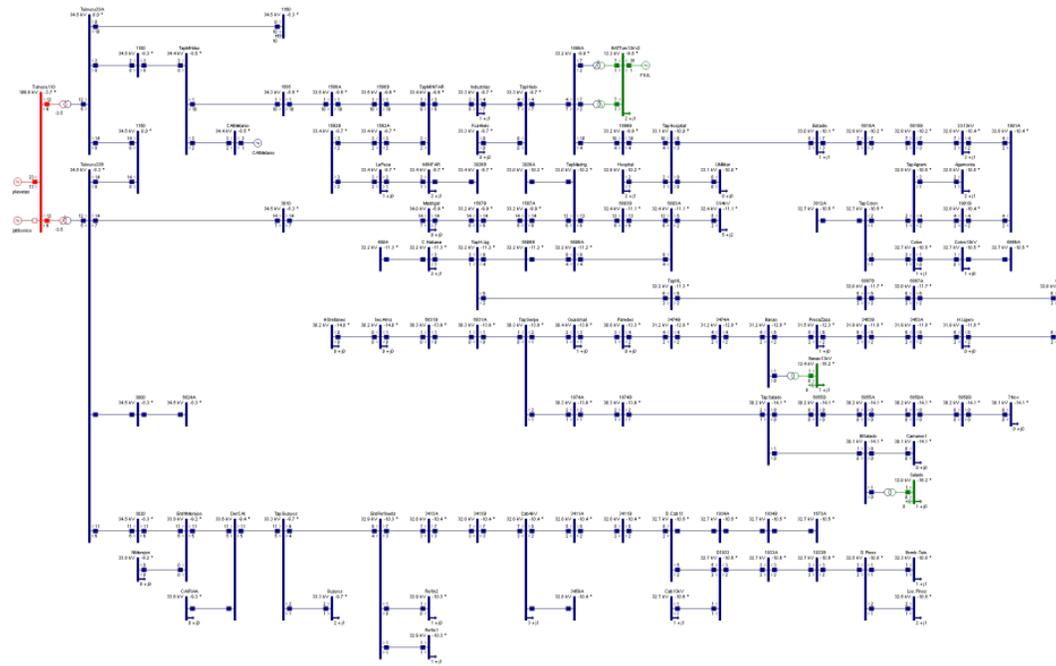


Fig 9.1 Monolineal de la subestación de Tuinucú.