

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

**CONCEPTO Y APLICACION DE LAS
PROTECCIONES ADAPTIVAS**

TESIS

**PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
POR**

JAIME ROLANDO RIOS LEAL

**AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(3874)
C.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**CONCEPTO Y APLICACION DE LAS
PROTECCIONES ADAPTIVAS**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.



JAIME ROLANDO RIOS LEAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO: Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO: Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO: Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO: Br. Fernando Waldemar De León Contreras
VOCAL QUINTO: Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO: Ing. Francisco Javier González López

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

DECANO: Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR: Ing. Angel Jesús García Martínez
EXAMINADOR: Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
EXAMINADOR: Ing. José Luis Herrera Gálvez
SECRETARIO: Francisco Javier González López

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 13
Guatemala, Centroamérica

Guatemala,
27 de Febrero de 1996

Ingeniero
Edgar Montúfar Urizar
Director Escuela de Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería

Ing. Montúfar:

Por medio de la presente le hago de su conocimiento que habiendo asesorado el trabajo de tesis del Sr. Jaime Rolando Ríos Leal, denominado " **CONCEPTO Y APLICACION DE PROTECCIONES ADAPTIVAS** ", considero procedente someterlo a revisión y autorización por parte de las autoridades de esa Facultad.

Agradeciendo su atención, me suscribo de usted,

atentamente


Ing. Rafael Argueta
ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 9 de julio de 1,996

Señor Director
Ing. Edgar F. Montúfar Urizar
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director.

Me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado: Concepto y aplicación de protecciones adaptivas, desarrollado por el estudiante Jaime Rolando Ríos Leal, previo a optar al título de Ingeniero Electricista, ya que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Angel J. García Martínez
coordinador Area de Potencia

AJGM/sdem.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

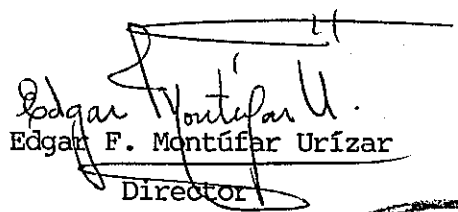


FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis del estudiante Jaime Rolando Ríos Leal, titulada: Concepto y aplicación de las protecciones adaptivas, procede a la autorización del mismo.


Ing. Edgar F. Montúfar Urizar

Director



Guatemala, 6 de agosto de 1,996.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: **Concepto y aplicación de las protecciones adaptivas**, del estudiante **Jaime Rolando Ríos Leal**, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

Decano

Guatemala, 12 de agosto de 1,996.



ACTO QUE DEDICO

A Dios

Todo poderoso

A mis padres

Jaime Ríos López
Celeste Aida Leal de Ríos

A mi novia

Anacelia Quintero Jordán

A mi asesor

Ing. Rafael Argueta

A mis familiares y amigos

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	1
GLOSARIO GENERAL	2
GLOSARIO ESPECIFICO	4
CAPITULO I	5
CONCEPTOS BASICOS DE LA PROTECCION ADAPTIVA	
1.1) Protección adaptiva	6
1.2) Relevador adaptivo	7
1.3) Confiabilidad y seguridad adaptiva	7
1.4) Sistema múltiple	10
1.5) Ventajas de la protección adaptiva	12
1.6) Protección de distancia para línea multiterminal	13
1.7) Respuesta adaptiva a defectos en relevadores de protección de distancia de línea	20
CAPITULO II	21
CLASES DE RELEVADORES MICROPROCESADOS CON CAPACIDAD ADAPTIVA UTILIZADOS EN EL SISTEMA NACIONAL	
2.1) Relevador SEL	22

2.1.2) Características del SEL	22
2.1.3) Grupos de ajuste	23
2.2) Relevador MDAR	25
2.2.1) Características del MDAR	25
2.2.2) Grupos de ajuste	26
2.3) Relevador GEC-OPHIMO	28
2.3.1) Características del GEC-OPHIMO	28
2.3.2) Grupos de ajuste	29
2.4) Relevadores de protección diferencial	31
2.4.1) Características de porcentaje del relevador diferencial	33
2.4.2) Adaptación a la posición de derivación de los relevadores diferenciales	34
2.4.3) Adaptar al nivel de excitación	36
2.4.4) Restringir el flujo	37
2.4.5) Restricción de armónica en estado estable	37
2.4.6) Estimaciones de las relaciones de CT	37
 CAPITULO III	 38
 MANEJO Y OPERACION DEL SISTEMA SCADA	
 3.1) Elementos principales del SCADA	 39

3.1.1) Sistemas abiertos	40
3.1.2) Arquitectura distribuida	40
3.1.3) Objetivos de un SCADA	41
CAPITULO IV	43
USO DE LOS RELEVADORES MICROPROCESADOS COMO PROTECCIONES ADAPTIVAS	
4.1) Análisis del proceso en operación de la protección adaptiva	46
CAPITULO V	64
PRUEBA DE SIMULACION EXPERIMENTAL REALIZADA CON EL USO DE PROTECCIONES ADAPTIVAS	
5.1) Breve recordatorio de la relevación adaptable	65
5.2) Descripción del relevador adaptable de bloqueo por oscilación de potencia	67
5.2.1) Relevador de bloqueo por oscilación de potencia tipo filtro	69
5.3) Prueba experimental con el relevador de bloqueo Por oscilación de potencia	70

5.3.1) Modelo reducido de dos máquinas	73
5.3.2) Equipo utilizado en la prueba experimental	74
5.3.3) Suposiciones utilizadas para llevar a cabo la prueba de simulación experimental	75
5.3.4) Funciones del sistema de reproducción	80
5.3.5) Resultados obtenidos de la prueba	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFIA	87

INTRODUCCION

Debido a la expansión y crecimiento del sistema nacional interconectado, el cual contribuye a cambios constantes en los flujos de potencia, como es el caso de distribuciones en líneas multiterminales o plantas de generación privada, éste último, ya aplicado en nuestro sistema, se ve en la necesidad de la utilización de dispositivos de protección que se adapten a dichos cambios cuando éstos surgen, de tal forma que su ajuste sea preciso, y prevenga operaciones innecesarias provocadas por las variaciones originadas, en nuestro caso, por la salida o entrada de unidades de generación privada, especialmente unidades generadoras de los ingenios azucareros que están interconectados al sistema.

De esta manera, se puede obtener un sistema de potencia interconectado más estable y seguro, cuyos cambios de flujo se pueden controlar y por lo tanto, el ajuste de los relevadores de protección, desde un centro de despacho de carga.

Esta ventaja, es ofrecida por las protecciones adaptivas o adaptables operadas con sistemas computarizados, desde los cuales se puede ajustar según sean las condiciones variables en el sistema.

En Guatemala, ya está en operación sistemas computarizados, tanto en el Instituto Nacional de Electrificación, INDE, como en la Empresa Eléctrica de Guatemala, los cuales manejan el equipo de potencia de subestaciones tanto en barras de 230, 69 y 13.8 KV, lo que da así un gran campo en la aplicación de estas protecciones.

GLOSARIO GENERAL

ALIMENTACION DE RETORNO: también conocido como fenómeno infeed, el cual se origina al momento de presentarse una falla en una línea de transmisión con alimentadores o unidades generadoras, la cual bloquea al relevador al originarse un flujo contrario en la dirección de su operación.

ARRANQUE DE UN RELEVADOR DIFERENCIAL: es la corriente mínima a la cual opera el relevador.

DESAJUSTE(MISMATCH): término utilizado en el relevador de protección diferencial que define la diferencia entre las corrientes de entrada y salida de un transformador de potencia, debido a la descalibración en sus taps o en las terminales de los CT.

LIBERACION SECUENCIAL: coordinación en la operación de relevadores de protección, para liberar alguna falla en un equipo de potencia o en líneas de transmisión.

LINEA DE TRANSMISION MULTITERMINAL: línea en la cual hay una o varias derivaciones conectadas a generadores.

RELEVADOR DE DISTANCIA: relevador de protección que opera cuando la impedancia o reactancia de un circuito aumenta o disminuye más allá de determinados límites. Son Utilizados comúnmente en líneas de 69 KV, 138 KV y 230 KV.

RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE: relevador de protección que opera cuando un circuito excede de un valor determinado de corriente, e indica falla en un equipo o circuito protegido.

RELEVADOR DIFERENCIAL: relevador de protección que opera bajo una diferencia de ángulo de fase o de una diferencia cuantitativa de dos corrientes.

RELEVACION PILOTO: relevación que utiliza comunicación de 2 vías entre dos puntos para ejecutar las funciones de protección y disparo.

SISTEMAS PRIMARIOS: sistemas de protección principal formada por los relevadores de distancia para la protección de líneas de transmisión.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (CT): transformador de medición utilizado para obtener lecturas de corriente de una línea de transmisión.

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (PT): transformador de medición utilizado para obtener lecturas de voltaje de una línea de transmisión.

GLOSARIO ESPECIFICO PROTECCION ADAPTIVA

TIEMPO REAL: tiempo presente que utiliza un sistema para procesar cierta información.

RTU: unidad terminal remota que recaba información y la transfiere a una computadora central maestra.

SCADA: equipo utilizado para la supervisión y adquisición de datos. con capacidad de operar automáticamente un programa de generación establecido.

RELEVADOR MICROPROCESADO: relevador que utiliza un microprocesador para efectuar varias operaciones de protección en líneas de transmisión, como también con capacidad de recibir información digital para el cambio en su ajuste de protección.

PMU: unidades utilizadas para la medición de ángulo del voltaje.

EMTP: Programa para simulaciones de transitorios electromagnéticos en relevadores microprocesados.

CAPITULO I

CONCEPTOS BASICOS DE LA PROTECCION ADAPTIVA

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CONCEPTOS BASICOS DE LA PROTECCION ADAPTIVA

1.1) PROTECCION ADAPTIVA

Se exponen conceptos para los relevadores de protección adaptiva de las líneas de transmisión. Estos incluyen cambios en sus instrucciones de operación en línea, en respuesta a cambios en potencia o ambientales, o como un resultado de la experiencia adaptiva.

Se puede demostrar que la relevación adaptiva es capaz de mejorar la confiabilidad de la relevación y la seguridad del sistema de potencia, además de lograr una mejor utilización de las líneas de transmisión.

El valor máximo de la relevación adaptiva resultará de la integración con el control existente en la subestación, las funciones de información adquirida (SCADA) y el interface con el sistema de despacho de energía central. Se debe hacer énfasis en el uso de enfoques de hardware internos, para permitir el desarrollo evolutivo.

En vista de que no existen definiciones oficiales para los propósitos de este documento, se definirá la protección adaptiva como:

Una actividad en la transmisión, que modifica la respuesta de la protección, en operación a un cambio de condiciones o requisitos del sistema, el cual puede realizarse automáticamente o también por intervención humana.

1.2) RELEVADOR ADAPTIVO

Se entiende por un relevador adaptivo, aquel que puede variar sus instrucciones, características o funciones lógicas, cuando está en operación, de una manera secuencial, por medio de señales generadas externamente o por acción de algún control interno.

1.3) CONFIABILIDAD Y SEGURIDAD:

Los conceptos adaptivos, presentados en el desarrollo de este trabajo para utilización de sistemas de transmisión, requieren de una estructura de computadora maestra, para procesar la información del sistema de potencia y desarrollar cambios de ajustes en las características de los relevadores.

Las técnicas adaptivas representan solamente respuestas de velocidad lenta, tales como las de un sistema SCADA en contraste a los canales de alta velocidad, que se utiliza en la relevación piloto, entre terminales de líneas de transmisión interconectadas.

Los ingenieros especialistas en relevación reconocen casi universalmente, que los esquemas de relevación no adaptivos existentes, implican un compromiso entre la seguridad y la confiabilidad. La confiabilidad del esquema de relevación mide la capacidad del mismo, para liberar correctamente una falla, mientras que la seguridad del esquema de relevación, mide la tendencia del equipo de relevadores para no disparar incorrectamente.

Utilizando los esquemas de relevación redundantes, puede controlarse la seguridad y la confiabilidad.

La razón del criterio, para la alta confiabilidad de los esquemas de protección existentes, es que algunos sistemas de potencia en sí mismos son altamente redundantes. Generalmente, la pérdida de una línea de transmisión no va a afectar la habilidad del sistema de potencia para ejecutar su función. En el caso del Sistema Nacional Interconectado, la pérdida de una línea de transmisión puede ocasionar perturbaciones considerables debido a que el sistema es altamente radial y en muchos casos puede afectar los perfiles de voltaje, con pérdida de estabilidad en las maquinas generadoras, o simplemente que quede sin servicio una área.

En un sistema de transmisión altamente conectado entre sí, el error para liberar una falla puede tener consecuencias graves, mientras que un disparo falso puede no tener consecuencias serias del todo. La confiabilidad es la que se compara a la seguridad en tales condiciones. A medida que las líneas se abren, disminuye la redundancia de la red y la seguridad es la más importante.

Un relevador fijo tiene cierta seguridad y confiabilidad, la cual es una función de su tipo, construcción y aplicación. Cuando se opera con un solo relevador, el esquema de relevación tiene la seguridad y la confiabilidad del relevador en sí. Si son utilizados relevadores adicionales en la conexión redundante, la seguridad o la confiabilidad mejora, una a expensas de la otra.

Una vez diseñado e instalado el sistema de relevación no adaptivo, se fijan su seguridad y confiabilidad, y no pueden responder a las condiciones cambiantes del sistema.

Generalmente la confiabilidad se obtiene a través de equipo adicional conectado como respaldo, que alcanza el grado necesario de seguridad con las pruebas, monitoreos y auto-examen que se efectúen.

El método más completo para descubrir fallas en los relevadores se lleva a cabo por pruebas manuales periódicas, pero la falta y disponibilidad de los relevadores de protección, al momento de efectuar dichas pruebas, es una desventaja significativa, debido a que se tienen que deshabilitar. El distanciamiento de tiempo, entre las pruebas es relativamente largo y una falla inesperada, puede existir durante ese tiempo.

La revisión automática de los relevadores microprocesados de protección introduce equipo adicional, que por sí mismo afecta adversamente la confiabilidad. Además, los chequeos automáticos son funcionales, debido a que inyectan señales secundarias de voltaje y corriente periódicamente para verificar la operación correcta o incorrecta de los componentes digitales del relevador microprocesado, pero mientras detectan las fallas menores, pueden no revelar fallas incipientes o potenciales. En nuestro sistema, se realizan en las protecciones de barras en las subestaciones de Guate Norte, Guate Este y Brillantes.

El auto-examen en un relevador basado en microprocesador, no tiene ninguna de las desventajas descritas anteriormente, debido a que es un programa que corre continuamente, supervisa el estado de la memoria, ajustes y señales analógicas y digitales del relevador microprocesado. Dicho programa se interrumpe en el momento de presentarse alguna falla.

Puede ser diseñado de tal forma que mejore tanto la confiabilidad y la seguridad. Esto es si se toma el interés específico que se tiene en el concepto de la relevación adaptiva. El auto-examen provee la habilidad de establecer que ha ocurrido un disparo, transmitir una alarma al personal apropiado y corregirla antes de que el equipo tenga la oportunidad de operar incorrectamente. Para examinar esta práctica, desde el punto de vista de desarrollar un concepto adaptivo, es útil ver dos aspectos del sistema de protección.

1.4) SISTEMA MULTIPLE

Cada sistema de protección tiene algún grado de redundancia. En el caso más simple, éste será un sistema primario y de respaldo. Idealmente debería completarse independientemente uno del otro. Prácticamente siempre hay elementos compartidos como la batería, circuito de disparo o fuentes de potencial o de corriente(CT, PT).

En sistemas de relevación más sofisticados , generalmente asociados con voltajes más altos, Y pueden haber dos sistemas de protección primarios y un sistema de respaldo. En tales sistemas, hay menos elementos compartidos. El propósito fundamental de los relevadores redundantes, cuando se limita el uso de elementos compartidos de potencia, es hacer énfasis en la confiabilidad.

Se puede proveer de una característica conocida como "BLOQUEO CRUZADO ", para aumentar la seguridad a expensas de la confiabilidad.

Esta técnica se usa con dos esquemas direccionales independientes de comparación.

Ejemplo: si se tiene una línea protegida por relevadores de distancia 21A y 21B y una falla como la descrita en la Fig. No. 1

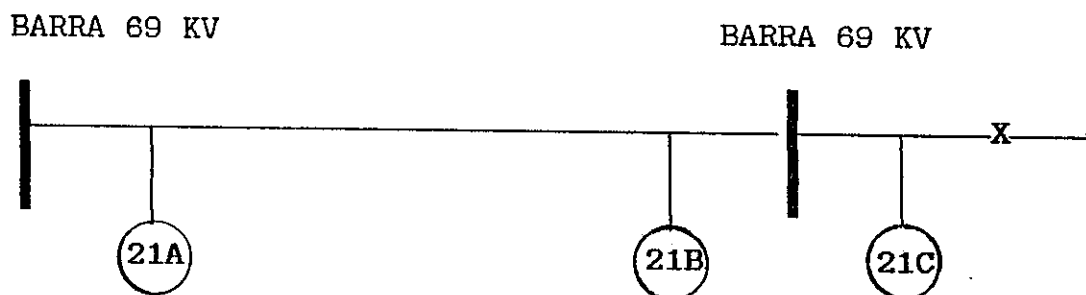


DIAGRAMA DE LA PROTECCION DE BLOQUEO CRUZADO

FIG. No. 1

El sistema de protección de bloqueo cruzado consiste en que cuando ocurre una falla en el punto X como lo señalado en la Fig. 1, el relevador de distancia 21B enviará una señal de bloqueo al relevador de distancia 21A para no disparar en su tercera zona, la cual comprende el 125 por ciento de la línea; en caso de que la señal quedara bloqueada el relevador 21A dispararía. Hay que tomar en cuenta que el relevador 21C disparará para liberar la falla. La señal de bloqueo hará que se inicie un disparo en cualquiera de los sistemas de protección. Este sistema tiene mayor rango en la seguridad que la confiabilidad. Con este aspecto en mente, se puede desarrollar una filosofía de protección o adaptiva para alternar la seguridad y la confiabilidad de los esquemas de relevación como una función del sistema, ya sea una condición normal, de alerta o restaurativa.

Debe ser la filosofía completa de relevación, la que debe ser alternada para cambiar la seguridad y confiabilidad del esquema de protección; hay más características involucradas de la relevación individual en la adaptación.

1.5) VENTAJAS DE LA PROTECCION ADAPTIVA

Los esquemas de protección y de control incluyen las posibilidades adaptivas asociadas con la protección de líneas de transmisión multiterminales, ajustes de los relevadores, protección del transformador usando relevadores diferenciales restringidos por armónicas y control del protector de circuito automático por recierre.

1.6) PROTECCION DE DISTANCIA PARA LINEA MULTITERMINAL

Los ajustes asociados con la protección de líneas multiterminales resultan en más compromisos que cualquier otra situación de protección única. La protección de línea multiterminal nunca es tan directa como aquella entre dos líneas terminales. Cuando las derivaciones contribuyen a corrientes de secuencia positiva o de cero, tienen tendencia a producir estimaciones falsas de la distancia de la falla, de la dirección o de los niveles. El objetivo de un sistema de protección de distancia adaptiva, sería alcanzar una protección confiable para una línea multiterminal que se puede comparar a aquella obtenida con la línea de dos terminales.

El problema que hay que resolver deriva de las contribuciones de corriente que vienen de derivaciones en donde hay unidades generadoras y la diferencia en respuesta de relevación cuando la contribución está o no presente. Esta contribución puede estar ya dentro de la sección de línea protegida, o fuera de ella, y depende de los parámetros de los sistemas involucrados. Generalmente el problema está en la alimentación. Su efecto es el de aumentar la impedancia aparente vista por el relevador, por ejemplo:

para un ajuste dado de relevador, la alimentación acorta el alcance.

Esto significa que si tenemos una línea de transmisión con derivaciones que conectan generadores, que no tienen una operación constante en el sistema; el relevador que protege a dicha línea está ajustado a cierta impedancia vista en esa línea de transmisión la cual tiene parámetros de voltaje y corriente que ajustan al mismo ($Z = V/I$); al momento de entrar a línea alguna unidad generadora el flujo de alimentación se incrementa, por lo que los parámetros tanto de voltaje y corriente se alteran modificando el valor de impedancia y dejando fuera de su margen de operación al relevador.

Los problemas de la protección de línea multiterminal puede resumirse como sigue:

- Los relevadores de distancia usados para la protección de línea de alta velocidad piloto o de respaldo, ven distancias erróneas en una falla debido a la alimentación de las derivaciones activas (unidades generadoras).
- Los relevadores de distancia operarán incorrectamente si una de las derivaciones activas producen alimentación de retorno durante una falla interna.

Los problemas que se presentan por la entrada o salida de generación en una línea multiterminal son:

- Aceptación de una liberación secuencial de fallas.

- Límites de carga reducidos en línea.
- Aceptación de una pérdida de la protección de respaldo
- Tiempos de liberación de fallas más largas.

La disponibilidad de un sistema de protección adaptiva permite organizar las instrucciones para cada situación.

Si se logra adaptar estos ajustes a situaciones de tiempo real observando la potencia de los alimentadores o unidades generadoras en cada terminal de la línea, se podrá mantener la cobertura máxima y los márgenes de coordinación mínimos en los relevadores adaptivos.

Dentro de este concepto, existen varios métodos posibles de sofisticación, que se mencionan seguidamente:

1-TRANSMITIR EL AJUSTE DE ABIERTO-CERRADO DESDE LOS CIRCUITOS REMOTOS:

Si una derivación de una línea multiterminal se saca de servicio, un ajuste calculado previamente puede implementarse para reflejar las contribuciones existentes, que quedaron después de esta salida. Sólo es necesaria la información de abierto-cerrado y no se requiere de notificaciones muy rápidas de situaciones cambiantes.

En este caso, si existiera un sistema de computadora en cada una de las RTU's, la condición de la línea o derivaciones puede establecerse localmente, ya que sólo un dígito de señal de abierto-cerrado es lo que se requiere mandar a los relevadores.

Cuando las RTU no contienen una computadora en la subestación, la condición de todo lo relevante se desconecta y las protecciones del circuito deberán solamente quedar comunicadas.

Además, los diagramas de la estación de línea de cada RTU, deben almacenarse en el relevador adaptivo, si tiene que determinar el estado de la información del circuito interrumpido y del interruptor.

Al ocurrir cada operación de interrupción, hay ajustes de respaldo de zona (así como ajustes de zona instantánea donde sea conveniente), que se vuelven a instalar coordinadamente. Esto permitirá el uso de ajustes adecuados relativos al alcance de cada relevador, en lugar de aceptar un compromiso que se aplique a todas las configuraciones del sistema.

La adaptividad en este método es sencillo y se logra una fácil información de las RTU, debido a que sólo se requiere de una señal de la condición del interruptor (abierto-cerrado) de cada terminal de la línea para ser trasladada a la computadora central y ser procesada.

La desventaja de este método es que no maneja valores reales de medición en la línea.

2-TRANSMITIR TODOS LOS VALORES ANALOGOS DE CORRIENTE A

TODAS LAS RTU:

Este concepto brinda el refinamiento más nuevo en la relevación de las líneas multiterminales, pues con esta información se pueden efectuar mediciones correctas de distancia en cada terminal de la línea. Esto requiere de todos los valores de medición en las terminales de la línea como ingreso para todos los relevadores adaptivos.

Las muestras de corriente en cada fase y las contribuciones de secuencia cero también son necesarias. El valor de voltaje de fase debe también ser transmitido. Como buena aproximación, se pueden usar los voltajes en las terminales de los PT.

La adaptividad, en este caso, posee RTU en cada terminal de la línea y transfiere dicha información a una computadora central, la cual la procesa, analiza y vuelve a enviar la información para el nuevo ajuste de los relevadores adaptivos, según las condiciones de los parámetros reales de la línea (impedancia, voltaje y corriente).

Con este nivel, se logra el monitoreo instantáneo de los valores de mediciones en las terminales de la línea, para tener un valor muy aproximado de las condiciones de la misma y asimismo el ajuste correspondiente en los relevadores adaptivos.

El problema que presenta el método(2) es que requiere de un equipo muy sofisticado para monitorear y trasladar la información en un tiempo muy corto.

3-ADAPTAR UN EQUIVALENTE DE THEVENIN:

En un sistema de potencia monitoreado por una computadora central, que determine la configuración del sistema actual, es posible producir una representación en una línea multi-puertos tipo Thévenin para el sistema de potencia como es visto desde cada terminal de una línea multi-terminal. Si estos equivalentes están dispuestos para los relevadores, todos los puntos de localización de las fallas pueden identificarse en forma única, sin importar el número de derivaciones en una línea. Las representaciones de Thévenin para las redes de secuencia positiva y cero deben incluirse, para contar con las fallas de fase y de tierra.

De este forma, la relación normal entre las longitudes de líneas y ajustes de zona de un relevador podrían ser ajustadas. Esta técnica requeriría de la actualización de los equivalentes cuando cambia significativamente(entrada o salida de generadores) de un valor previo. La determinación podría hacerse en la central de control.

Los voltajes de prefalla de cada terminal de línea también tienen que estar disponibles, para calcular el equivalente de Thévenin.

El método (3) implica más información que la requerida en los métodos (1) y (2) descritos anteriormente, y la información no necesariamente debe ser transmitida en tiempo real, y solamente debe estar disponible a tiempo en el relevador para el próximo reajuste.

Cuando las mediciones de fases de corriente de tiempo real de cada terminal de línea están disponibles como lo discutido en el método (2), no es necesaria la representación de Thévenin; en vez de esto, pueden usarse los flujos de corriente en cada terminal de línea para calcular la localización precisa de la falla.

En este método, la adaptividad se logra por medio de la información trasladada por las RTU hacia la computadora maestra, la cual efectúa la operación para determinar el equivalente de Thévenin para todo el sistema de potencia, y manda el ajuste correspondiente a los relevadores adaptivos.

El método (3) es práctico y de fácil operación, pero no posee la exactitud del método (2).

Los tres esquemas mencionados anteriormente de protección adaptivos dependen de las modificaciones de los ajustes del relevador basadas en las condiciones del sistema en el tiempo transcurrido en el que el relevador recibe la información.

1.7) RESPUESTA ADAPTIVA A DEFECTOS EN RELEVADORES DE PROTECCION DE DISTANCIA DE LINEA

Las respuestas adaptivas a las alarmas por fallas pueden facilitar al personal operativo, tomar decisiones. Un fallo de canal de comunicación representa el tipo más probable de alarma, en un esquema piloto de disparo transferido de una protección de distancia según experiencia empírica.

En protecciones no adaptivas, el operador confía generalmente en la protección de respaldo o en un segundo esquema piloto, pero puede elegir por solicitar una investigación de emergencia, por parte del personal técnico que normalmente dura varias horas.

La adaptividad puede evitar la necesidad de instalar un segundo esquema piloto, o sacar una línea de servicio.

2) CLASES DE RELEVADORES MICROPROCESADOS CON CAPACIDAD ADAPTIVA UTILIZADOS EN SISTEMA NACIONAL

Los los relevadores microprocesados usados hasta el momento en el Sistema Nacional Interconectado(SNI), son: el SEL, MDAR, y GEC-OPTIMHO. Los relevadores tienen capacidad para adaptarse a diferentes condiciones de un sistema de potencia.

2.1) RELEVADOR SEL

Este relevador contiene elementos de protección con muchos esquemas lógicos, programación binaria y lógica, almacenamiento de eventos, localización de fallas, mediciones y otras funciones. El fabricante es la casa Schwitzer Engineering Laboratories. El tiempo de vida de uso en operación del relevador es aproximadamente de 20 años.

El relevador incluye tres puertos seriales de comunicación y paneles frontales usados en la interface para ajustes de entrada, revisión de operaciones, chequeo de medición y otras funciones. Fig. No. 2

2.1.2) CARACTERISTICAS DEL SEL:

Entre las principales características tenemos:

- incorporado con relevador de distancia de fase

- incorporado con relevador de sobrecorriente direccional a tierra.
- incorporado con relevador de bajo voltaje
- incorporado con oscilograma
- incorporado con relevador de recierre.

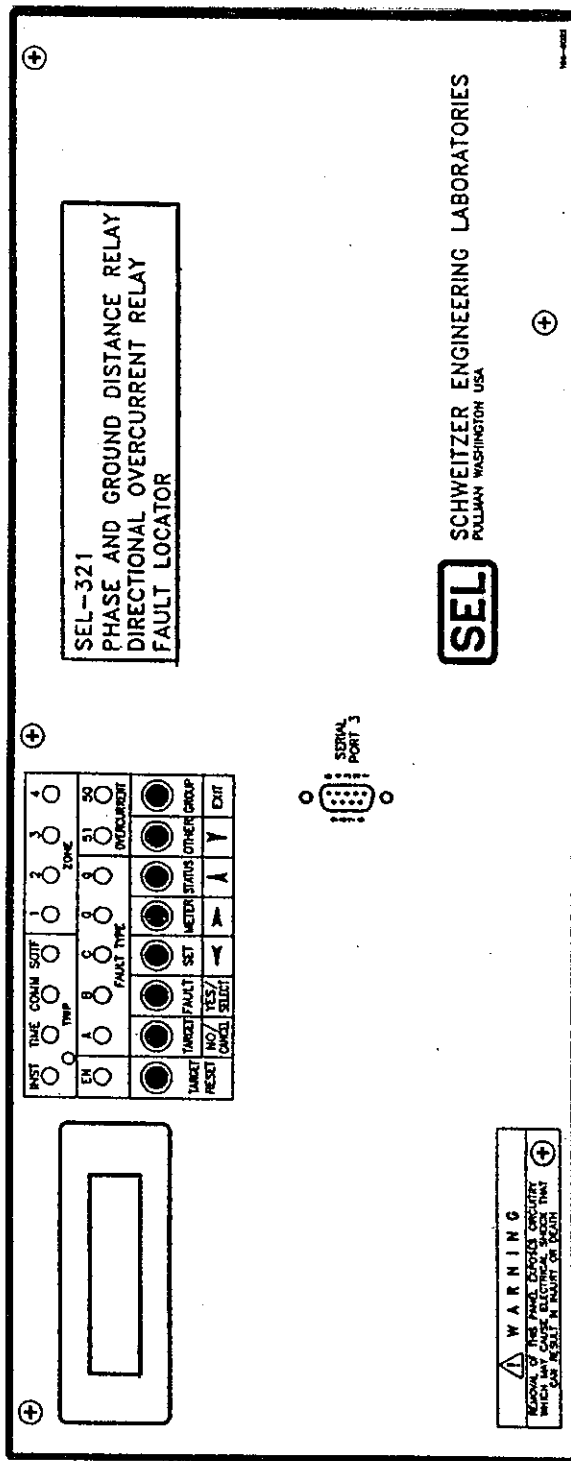
El procedimiento de ajuste tiende a habilitar, para cada grupo, según sus rasgos y características.

2.1.3) GRUPOS DE AJUSTE DEL RELEVADOR SEL

El relevador SEL tiene seis grupos de ajuste independiente. SS1, SS2, SS3 son switch de control, para cambios de ajuste. A continuación, se muestra en la tabla No.1, las combinaciones de dicho relevador.

SS1	SS2	SS3	SELECCION DE GRUPO
1	0	0	GRUPO 1
0	1	0	GRUPO 2
1	1	0	GRUPO 3
0	0	1	GRUPO 4
1	0	1	GRUPO 5
0	0	1	GRUPO 6

TABLA No. 1



PANEL DEL RELEVADOR SEL

FIG. No. 2

2.2) RELEVADOR MDAR :

El relevador MDAR se utiliza en sistemas de protección digital y contiene tres zonas de protección. Todas las mediciones y su lógica es un funcionamiento por un medio digital, usando un microprocesador. Su auto-chequeo y técnica de monitoreo de la línea está incluido. El fabricante es la casa Asea Brown Boveri y su vida útil en servicio es aproximadamente de 20 años.

El MDAR está recomendado primordialmente para aplicaciones en líneas no compensadas de 230 KV y sistemas primarios.

(Fig. No. 3.)

2.2.1) CARACTERISTICAS DEL RELEVADOR MDAR

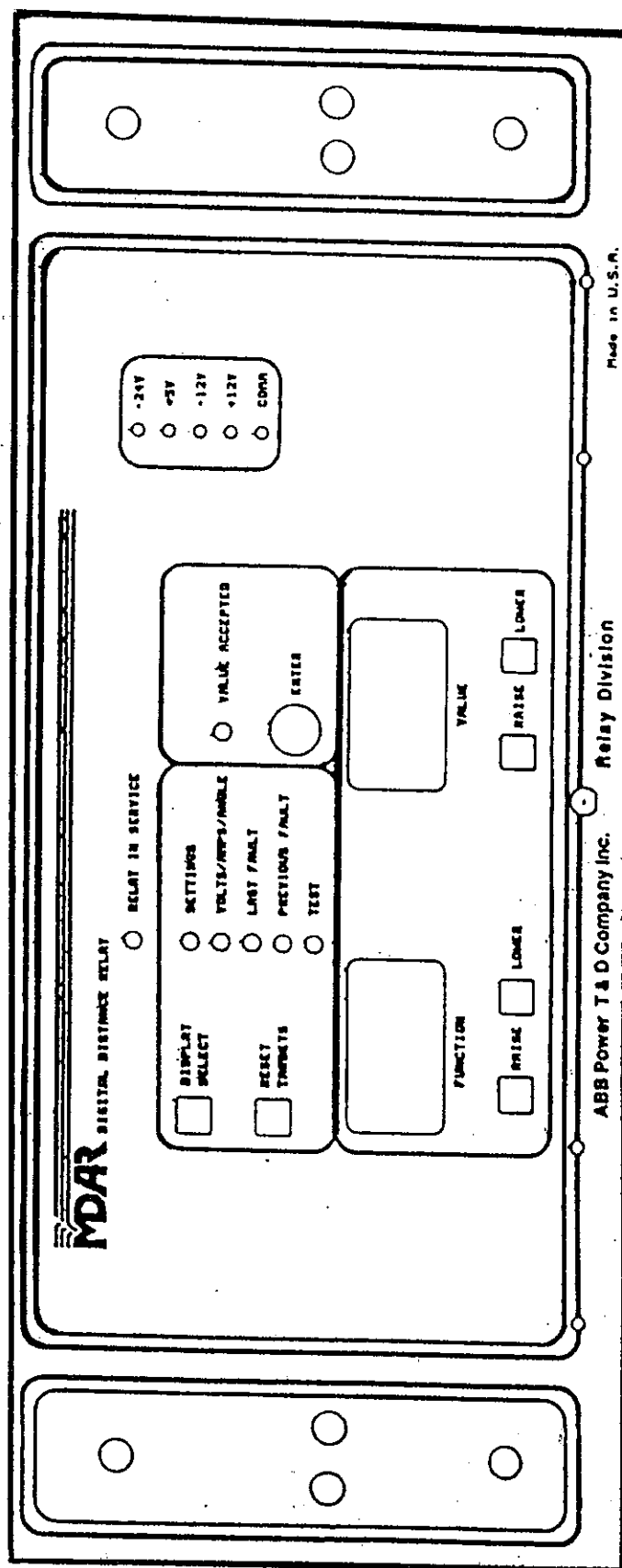
- incorporado con relevador de distancia de fase.
- incorporado con relevador de distancia de de tierra.
- incorporado con relevador de sobrecorriente direccional a tierra
- incorporado con relevador de sobrevoltaje
- incorporado con relevador direccional
- incorporado con oscilograma

2.2.2) AJUSTES DEL RELEVADOR MDAR

El relevador MDAR tiene seis grupos de ajuste independiente. SS1, SS2, SS3 son switch de control para cambios de ajustes en el relevador. A continuación, se muestra en la tabla No. 2 las combinaciones de dicho relevador.

SS1	SS2	SS3	GRUPO DE SELECCION
1	0	0	GRUPO 1
0	1	0	GRUPO 2
1	1	0	GRUPO 3
0	0	1	GRUPO 4

TABLA No. 2



PANEL DEL RELEVADOR MDAR

FIG. No.3

2.3) RELEVADOR GEC-OPHIMO:

El relevador posee una interface integrada que es usada para un fácil acceso a los ajustes del relevador y almacenamiento de fallas. Tiene un tiempo de operación típico de un ciclo para falla de tres fases como también de una comunicación remota, si es requerida. Posee una localización de falla opcional con datos grabados de fallas para análisis. Su fabricante es la casa General Electric Company. Su vida útil en operación de servicio es aproximadamente de 20 años.

2.3.1) CARACTERISTICAS DEL RELEVADOR GEC-OPHIMO:

- Incorporado con relevador de distancia de fase
- Incorporado con relevador de distancia a tierra
- Incorporado con relevador de sobrevoltaje
- Incorporado con relevador direccional

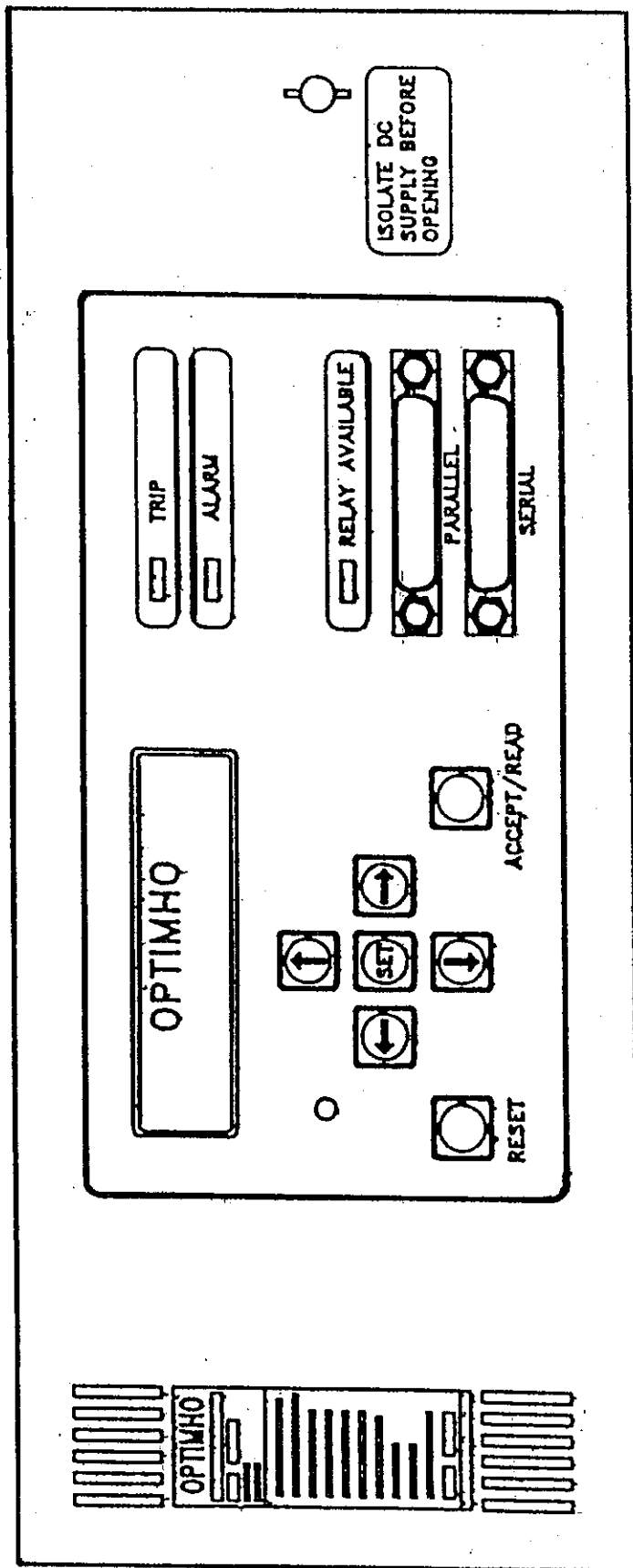
En la pagina 29, se muestra la tabla de ajustes del relevador GEC-OPHIMO. Tabla No.3.

2.3.2) AJUSTES DEL RELEVADOR GEC-OPHIMO:

El relevador GEC-OPHIMO tiene ocho niveles de ajuste SS1, SS2, SS3 son switches de control para cambios de ajuste en el relevador. A continuación, se muestra la tabla No. 3 y las combinaciones de dicho relevador.

SS1	SS2	SS3	GRUPO DE SELECCION
0	0	0	GRUPO 1
1	0	0	GRUPO 2
0	1	0	GRUPO 3
1	1	0	GRUPO 4
0	0	1	GRUPO 5
1	0	1	GRUPO 6
0	1	1	GRUPO 7
1	1	1	GRUPO 8

TABLA No. 3



PANEL DEL RELEVADOR GEC

FIG. No. 4

2.4) RELEVADOR DE PROTECCION DIFERENCIAL

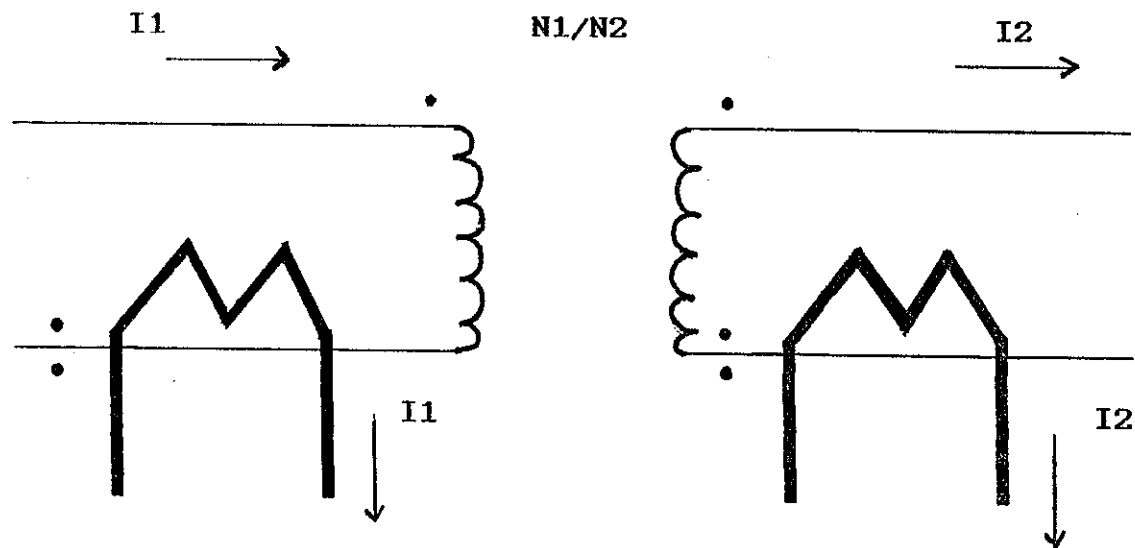
La calibración del arranque y la pendiente de un relevador diferencial porcentual para la protección del transformador de potencia, es un compromiso. Dentro de la característica de saturación de los transformadores de corriente, el mayor voltaje que puede presentarse entre los extremos de éste, completamente saturado, es el voltaje de saturación del transformador, por lo que en este caso lo que se hace es que el relevador de voltaje se calibra a un valor que sea mayor al voltaje de saturación del transformador de corriente (se escoge el CT que de acuerdo con las características del fabricante tenga el valor de voltaje de saturación más alto). Por lo tanto, los ajustes del arranque deben seleccionarse tomando en cuenta la variabilidad del transformador de corriente, los ajustes variables de derivación y la entrada de la acción magnetizante del transformador.

Para evitar la mala operación bajo las anteriores condiciones, los relevadores deben ajustarse tomando en cuenta dichos factores. El objetivo de un relevador diferencial porcentual adaptivo, debería ser el que se ajustara su arranque y la pendiente, con base en la información relacionada a las corrientes presentes que están siendo experimentadas, o a los cambios en las condiciones operativas para reducir el número de factores anteriormente mencionados.

Los detalles de la protección de porcentaje diferencial dependen del tipo de devanado y del número de fases o devanados. (Fig. No. 5.)

Ecuación (1) $N1 \cdot I1 = N2 \cdot I2$

Ecuación (2) $N1/N2 = I2/I1$



TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS

FASE SIMPLE

Fig. No. 5

2.4.1) CARACTERISTICA DE PORCENTAJE DEL RELEVADOR

DIFERENCIAL

La figura No. 6 muestra una gráfica para un arranque y una pendiente del 20 por ciento de un relevador diferencial, la cual es una característica fija. Se indica el efecto de mantenerse dentro de la pendiente mostrada con línea continua, de la característica de arranque. Por ejemplo, una falla interna podría estar por encima de la línea punteada (zona de disparo en el caso adaptivo), pero por debajo de la línea sólida (en la zona de no disparo en el caso no adaptivo), (Ver figura No. 6, página 35).

La pendiente de la característica diferencial porcentual debe ser lo suficientemente grande, para abarcar los desajustes del transformador de corriente que a continuación se explicará, aunque no hubiera mecanismos de cambios de derivación.

El desajuste del transformador de corriente puede ocurrir debido a la relación de vueltas en sus devanados, que no satisface exactamente aún con ajustes de derivación nominales. El error de corriente también puede deberse a las corrientes magnetizantes residuales en los CT. El relevador también debe operar correctamente, en presencia de corrientes magnetizantes, que se presentan al energizar o bien durante una sobre-excitación. Estas dos condiciones anteriores son tratadas parcialmente, usando un elemento adicional de restricción de armónica en el relevador.

En resumen, para escoger los ajustes de arranque y de la pendiente porcentual de los relevadores diferenciales, se requiere de un compromiso entre los disparos falsos y la inhabilidad para detectar fallas parciales en los devanados. La dificultad con los relevadores existentes es que en los ajustes de arranque y de las pendientes son fijas, y no puede responder a información adicional.

Puede emplearse una variedad de técnicas adaptivas, en la protección del transformador de potencia, que depende en la cantidad de información externa disponible al relevador.

2.4.2) ADAPTACION A LA POSICION DE DERIVACION DE LOS RELEVADORES DIFERENCIALES.

Monitoreando el ajuste de la derivación y usando las relaciones de vueltas correctas y las corrientes restringidas, el relevador digital podría usar ajustes de arranque y de pendientes más pequeñas que las necesarias, cuando el ajuste de la derivación es conocida. El único ingreso, además de las corrientes del transformador, es una indicación digital de la posición de la derivación, ya que sólo es posible tener un número discreto de posiciones de derivaciones; parece también posible tener una codificación sencilla, de las posiciones de derivación en un ingreso digital.

**CARACTERISTICA DEL PORCENTAJE DIFERENCIAL
DEL RELEVADOR**

$I_1 - I_2$

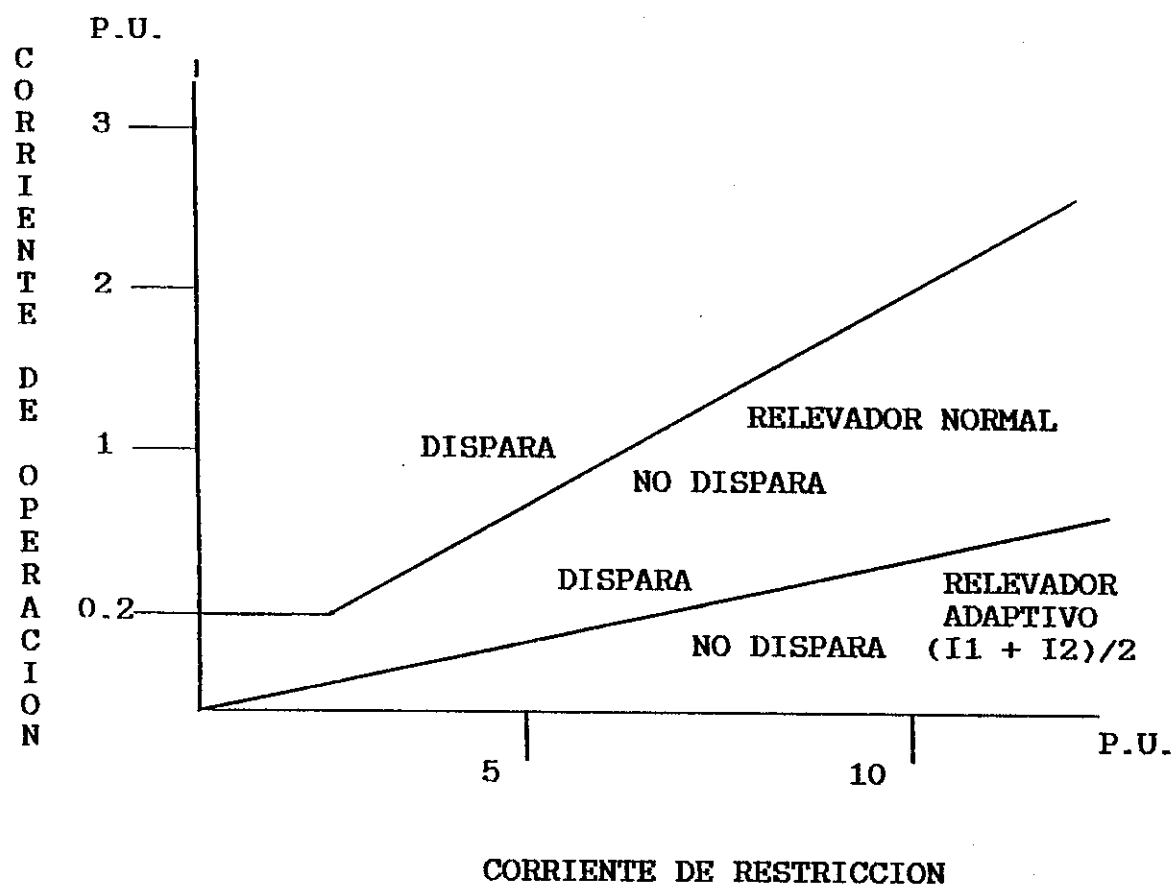


Fig. No. 6

2.4.3) ADAPTAR AL NIVEL DE EXCITACION

Si los voltajes estuvieran disponibles al relevador digital, los ajustes para la derivación y pendientes podrían reducirse cuando los voltajes estuvieran por debajo de los valores del umbral. Los ajustes de derivación y pendiente se aumentarían para los voltajes incrementados, cuando estuviesen presentes corrientes magnetizantes grandes, debidas a la sobre-excitación.

Los requerimientos de ingresos mínimos, para efectuar una adaptación al nivel de excitación es una indicación digital, si los voltajes están por encima o por debajo de un nivel que produce corrientes magnetizantes excesivas. Si existen otras unidades digitales en la subestación que usan mediciones de voltaje (ejemplo la protección de línea), luego esas unidades podrían determinar el nivel de las corrientes magnetizantes y sólo transmitir un indicador de nivel binario, a la unidad de protección del transformador.

Otra posibilidad que significa mayor responsabilidad de comunicación, es la de transmitir las muestras reales de voltaje desde los módulos de línea hacia el módulo del transformador.

2.4.4) RESTRINGIR EL FLUJO

Si estuviesen disponibles los voltajes, la restricción de armónica podría reemplazarse por una restricción basada en la determinación de que el flujo estaba saturado.

Tal relevador podría ser reconocido más adaptivo, si los ajustes de derivación y pendientes también respondieran al cálculo del flujo.

El algoritmo de restricción de flujo necesitaría que las muestras de voltaje fueran comunicadas a la unidad de protección del transformador, al mismo tiempo que las muestras de corriente.

2.4.5) RESTRICCIÓN DE ARMONICA EN ESTADO ESTABLE:

Es posible invocar la restricción de armónica solamente durante la energización. Eso significa que, en condiciones estables, la única fuente de corriente magnetizante, es la sobre-excitación.

2.4.6) ESTIMACIONES DE LAS RELACIONES DE CT :

Pueden estimar las relaciones de los CT, para los ajustes del nivel de pico y pendientes, que se puedan reducir más. Las relaciones de los CT, necesarias para obtener una corriente de diferencial cero, puede estimarse a partir de información obtenida en las ecuaciones (1) y (2) anterior al relevador(página 32).

CAPITULO III

MANEJO Y OPERACION DEL SISTEMA SCADA

3) MANEJO Y OPERACION DEL SISTEMA SCADA

El control supervisorio y adquisición de datos es una nueva modalidad para la operación hoy en día de un sistema de potencia, ya que ofrece varias ventajas como puede ser, la rapidez en el traslado de información de parámetros, y situaciones presentes de una subestación o planta generadora.

En el caso del Sistema Nacional Interconectado, el equipo del SCADA que se encuentran actualmente operando en la subestación Guatemala Sur, ha ofrecido una rápida información de datos analógicos como valores de parámetros de voltaje, amperaje, megavatios y megavares como también información digital presente en el equipo de potencia (apertura o cierre de interruptores, seccionadores), en las subestaciones donde ya se tienen en operación las RTU, y simplificar así la operación del sistema Nacional interconectado.

3.1) ELEMENTOS PRINCIPALES DEL SCADA

Los tres elementos importantes del Sistema de Control Supervisorio son:

- a-Un sistema de cómputo Central con los periféricos adecuados
- b-Una infraestructura de Comunicaciones
- c-Unidades Terminales Remotas (RTU), que manejan información y ejecutan operaciones de control.

El sistema de control supervisorio (SCADA) presenta información del Sistema Eléctrico de Potencia, en un tiempo real, que permite recabar datos, procesar y presentar la información, para la aplicación de las operaciones correctivas pertinentes, que se realizan en un tiempo suficientemente corto, para evitar que el proceso sufra mayores alteraciones en su desarrollo normal.

En el caso de Guatemala, al ser el único país que no cuenta con un sistema de éstos (a nivel Nacional), se tiene la libertad de aprovechar las alternativas de una nueva tecnología, ejemplo:

3.1.1) SISTEMAS ABIERTOS

Esto significa el uso de protocolos estándar o no propietarios, de manera que el hardware de cualquier fabricante pueda ser usado con el hardware y software de otros fabricantes.

3.1.2) ARQUITECTURA DISTRIBUIDA:

Los sistemas de administración de Energía (EMS) o SCADA tradicionales, estaban basados en una grande y muy cara computadora central que ejecutaba todas las operaciones de procesamiento y control requeridos.

Con una arquitectura distribuida, la computadora central es menor de lo que hubiera sido con los sistemas tradicionales, y está conectada a una red de área local con estaciones de trabajo, las cuales ejecutan algunos de los procesamientos del sistema.

Adicionalmente a lo anterior, los costos de estos sistemas han bajado considerablemente, producto de la generalización de su uso y de una mayor competencia entre los fabricantes.

La ventaja de este sistema es que se puede realizar una inversión inicial mínima, implementando posteriormente el equipo, según sean las necesidades en el sistema y la disponibilidad financiera.

3.1.3) OBJETIVOS DE UN SCADA:

La implementación de un sistema de Control Supervisorio, no se justifica únicamente por el tamaño y complejidad del sistema eléctrico de potencia; existen otros factores determinantes que contribuyen a amortizarlo, como por ejemplo:

a-Disminución de fallas en equipos de potencia muy costosos, gracias a una supervisión más precisa y constante.

b-Disminución de la probabilidad de disturbios, con pérdidas considerables de carga, por el hecho de disponer oportunamente de medios de análisis en línea.

Esto significa que se puede tener un análisis de los acontecimientos posteriores a la falla, para verificar la operación y coordinación de los relevadores de protección en el equipo de potencia y tomar decisiones al respecto, para prevenir disturbios similares.

-La disponibilidad de información suficiente, oportuna y de medios de procesamiento de la misma, permite realizar funciones de optimización de recursos y análisis de línea en tiempo real, que están fuera del alcance de las posibilidades humanas sin la ayuda de estas herramientas.

Específicamente se puede mencionar lo siguiente, que también es consecuencia de lo anterior:

- Se reducen los tiempos de restablecimiento
- Se reducen los errores humanos de operación
- Se optimiza la administración de los recursos existentes (energéticos, humanos, materiales, etc), y control activo en tiempo real de las cargas y parámetros del sistema.
- Se mejoran los estudios estadísticos del Sistema, tanto en línea como fuera de línea
- Se mejoran la confiabilidad y eficiencia del servicio.

CAPITULO I V

USO DE LOS RELEVADORES MICROPROCESADOS COMO PROTECCIONES ADAPTIVAS

4) USO DE LOS RELEVADORES MICROPROCESADOS COMO PROTECCIONES ADAPTIVAS

Entre las aplicaciones de los relevadores microprocesados como protecciones adaptivas, están las siguientes:

Utilizando un ajuste del relevador microprocesado, se puede tener un ajuste de protección en el sistema, tal el caso de una combinación binaria.

Ejemplo: si se tienen tres generadores 1, 2 y 3, en un línea multiterminal, tomando como referencia simplificada, para este ejemplo está la línea Escuintla-Pantaleón Fig. No. 7.

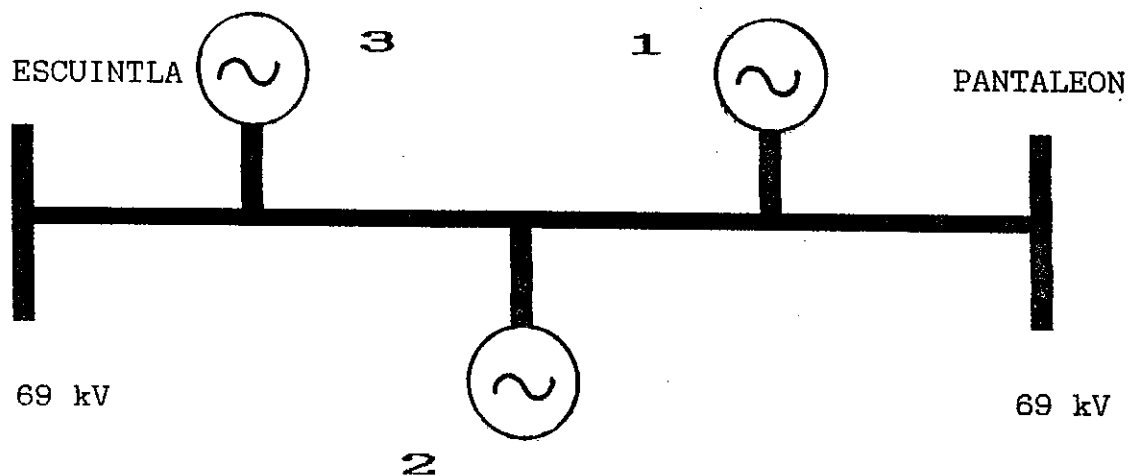


DIAGRAMA UNIFILAR DE LA LINEA ESCUINTLA- PANTALEON

FIG. No. 7

Esta línea multiterminal con operación de tres generadores indicará que se tendrá una combinación de 8 casos diferentes, en el cual el relevador microprocesado deberá ser ajustado al mismo número de combinaciones en que manifestará los cambios de flujos de potencia, cuando dichos generadores, entren o salgan de línea.

Entre las situaciones o combinaciones existentes están:

- 1) línea multiterminal, con los tres generadores, (1,2,3);
- 2) línea multiterminal, sin ningún generador;
- 3) línea multiterminal con dos generadores (1, 3);
- 4) línea multiterminal con dos generadores (1, 2);
- 5) línea multiterminal con dos generadores (2, 3);
- 6) línea multiterminal con un generador (1);
- 7) línea multiterminal con un generador (2);
- 8) línea multiterminal con un generador (3).

El relevador microprocesado se ajustará a cada situación por medio de un pulso que se le envíe, a través del sistema de adquisición de datos, o SCADA. Esta información se coordinará automáticamente según la información en el programa del SCADA.

**4.1) ANALISIS DEL PROCESO EN OPERACION DE LA PROTECCION
ADAPTIVA:**

4.1.2) OPCION No.1 (ver diagrama unifilar página 49).

1- Definir el equipo que se va a instalar para obtener información de la línea multiterminal.

Se puede obtener información por medio de los siguientes medios de comunicación :

- a- Por PLC (POWER LINE CARRY), utilizando una línea de transmisión. Este es de uso frecuente y consiste colocar información en radiofrecuencia modulada en un extremo de la línea y recuperar la información en el otro extremo utilizando como medio de propagación la línea de potencia.
- b- Por radio en la banda UHF. Consiste de un generador de alta frecuencia, como también de un modulador. En el modulador, se mezcla la señal de radiofrecuencia con la información que se desea transmitir. El medio de propagación es el aire. Un demodulador en el otro extremo recupera la información enviada.
- c- Por equipo de Microondas. Se utiliza cuando se requieren canales simultáneos de comunicación. La información se

transmite en alta densidad, utilizando el aire como medio de propagación.

- Por medio de una Red Telefónica. La comunicación se logra por medio de un hilo telefónico.

2- Definir señales necesarias para el proceso de adaptabilidad del relevador.

Parámetros necesarios, para obtener información de la línea como valores de voltaje, amperaje, y como referencia también, la posición de abierto o cerrado de los interruptores de cada generador, que estén interconectados a la línea.

3- Realizar cálculos en la línea, para estado de cortocircuito.

Como ejemplo, utilizando valores aleatorios para la línea multiterminal de la Fig. No. 7:

valores base: $V = 69000 \text{ KV}$ $P = 100 \text{ MVA}$

Generador 1 ,2 y 3 = 10 MW, generación nominal

Para dicho ejemplo, la línea Escuintla - Pantaleón se dividió en cuatro partes iguales para mayor facilidad en el desarrollo del ejemplo.

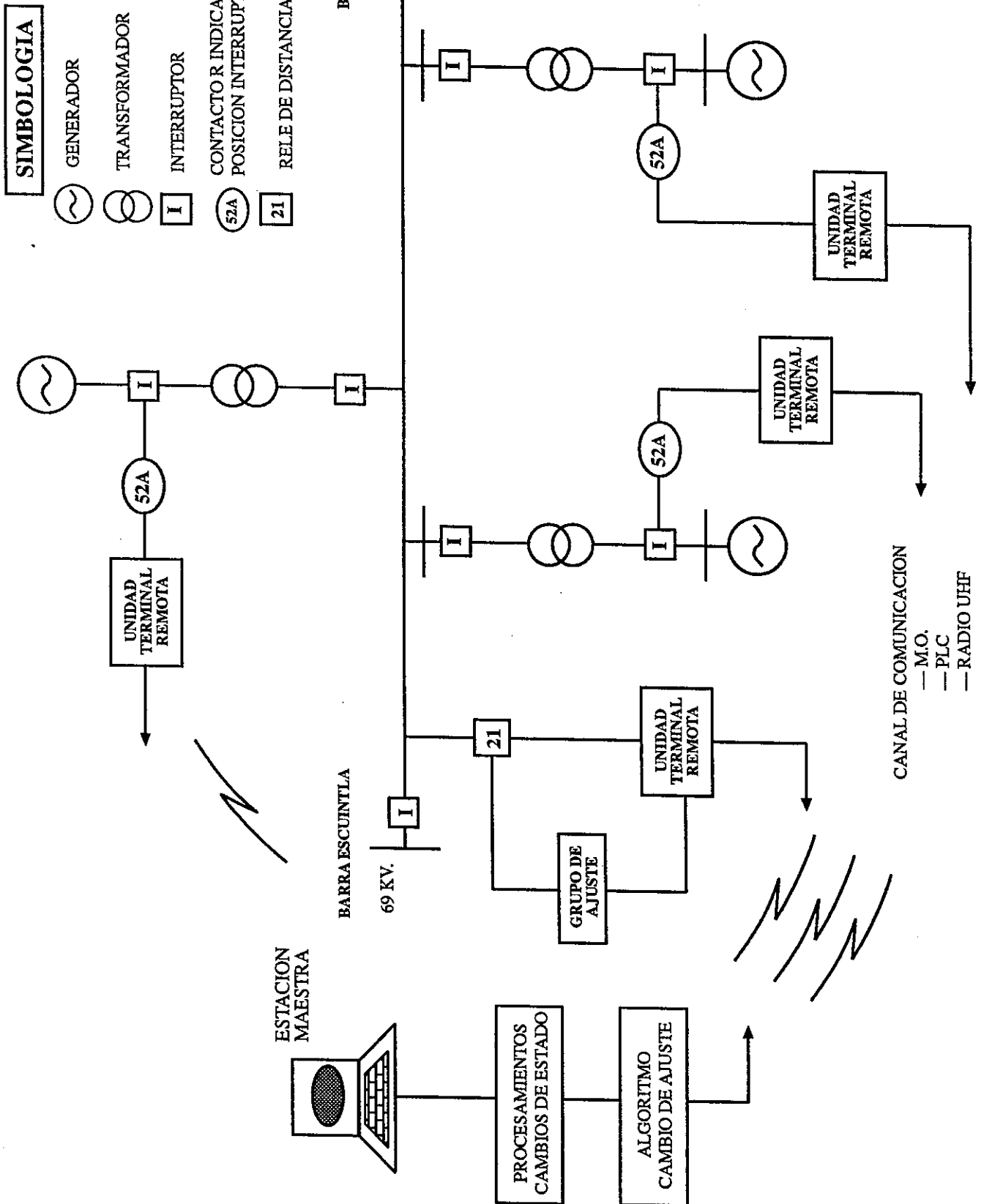
Generador 3, conectado a $1/4$ de distancia de Escuintla a Pantaleón.

Generador 2, conectado a $1/2$ de distancia de Escuintla a Pantaleón.

Generador 1, conectado a $3/4$ de distancia de Escuintla a Pantaleón.

Las tablas No. 4, 5, 6, y 7 de las paginas 54 y 55 muestran los valores obtenidos de voltaje amperaje e impedancia, de flujo de carga referido al Sistema Nacional, que toma como ejemplo, la línea Escuintla - Pantaleón, 69 kV, con tres generadores que operan y salen de línea. La línea presenta una falla simulada en el extremo de Pantaleón. (Ver diagrama unifilar representativo del proceso de información y ajuste.)

DIAGRAMA UNIFILIAR
OPCION No. 1

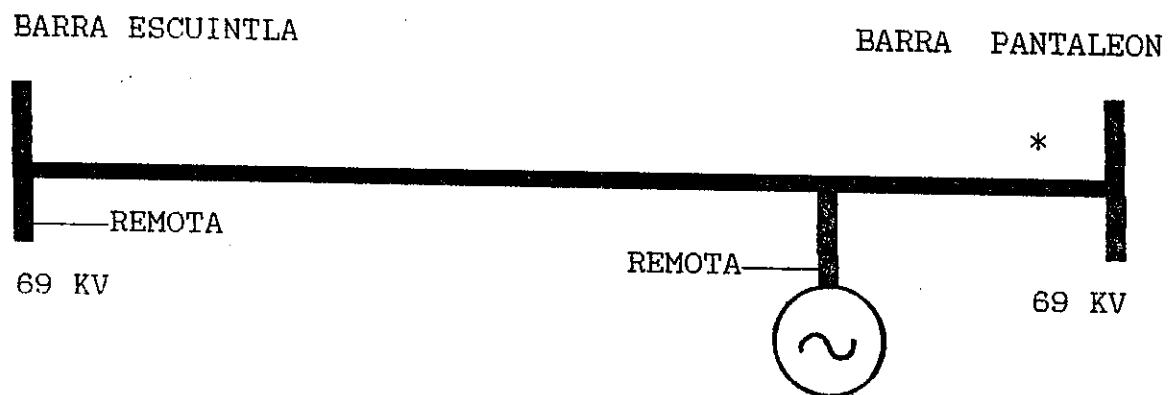


CASO No.1: sin generadores en línea.



* falla simulada en Pantaléon

CASO No.2 : con un generador cercano a Pantaléon

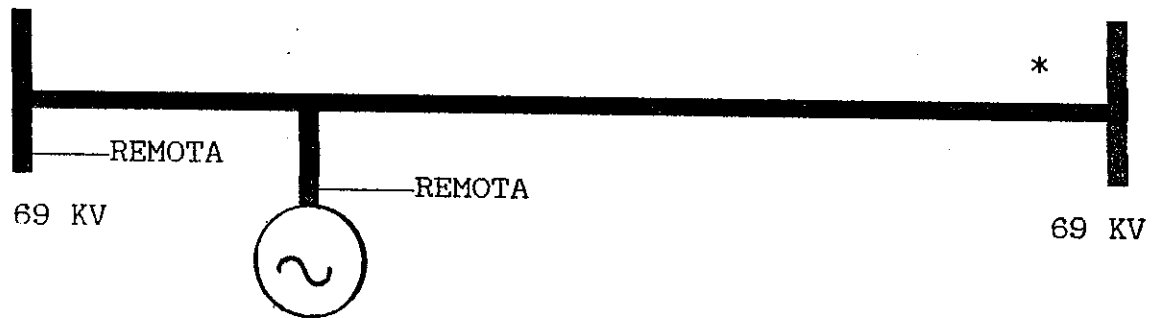


* falla simulada en Pantaléon

CASO No.3: con un generador cercano a Escuintla.

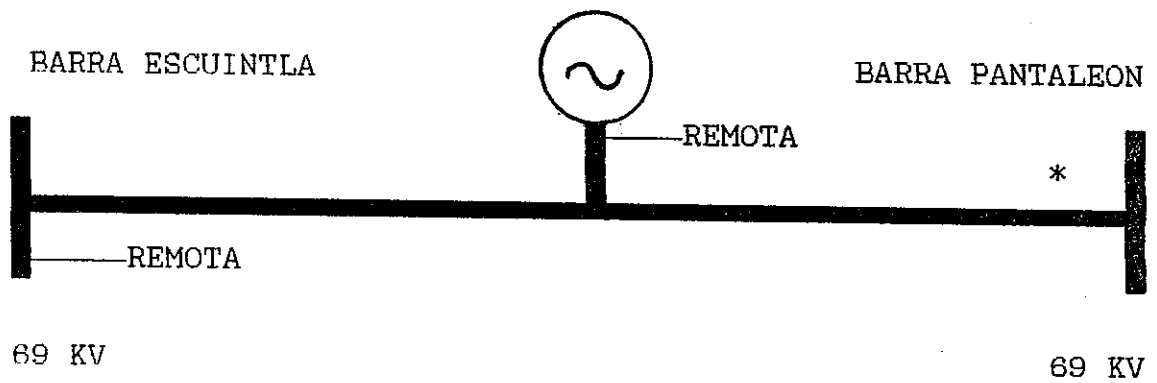
BARRA ESCUINTLA

BARRA PANTALEON



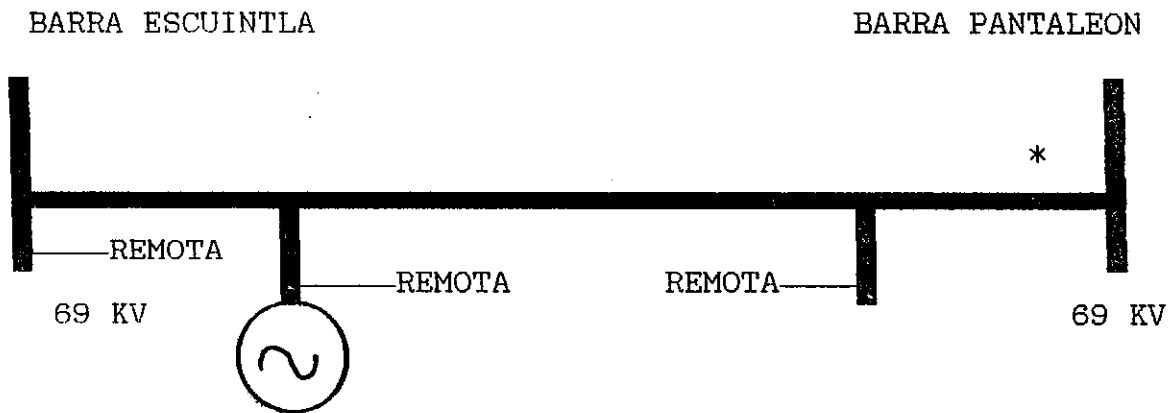
* falla simulada en Pantaleón

CASO No. 4 : con un generador en medio de la línea
Escuintla-Pantaleón

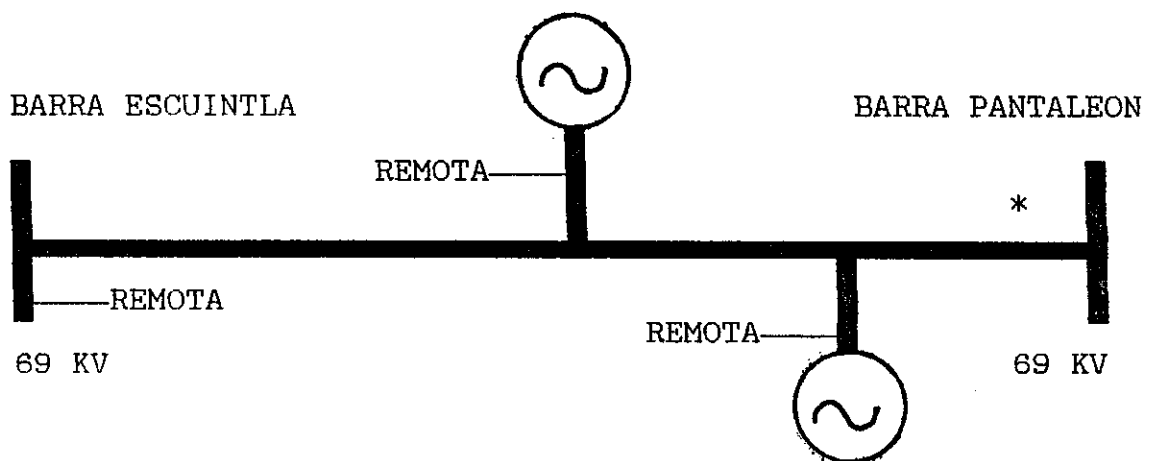


* falla simulada en Pantaleón

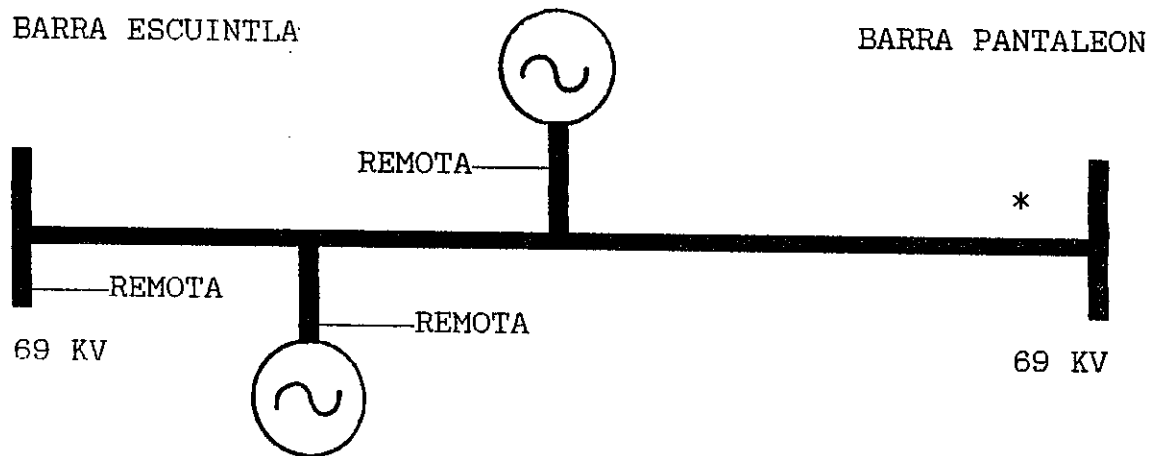
CASO No.5 : con dos generadores, uno cercano a Escuintla y el otro cercano a Pantalón



CASO No. 6.: generador en medio de la línea Escuintla-Pantalón y otro cercano a Pantalón

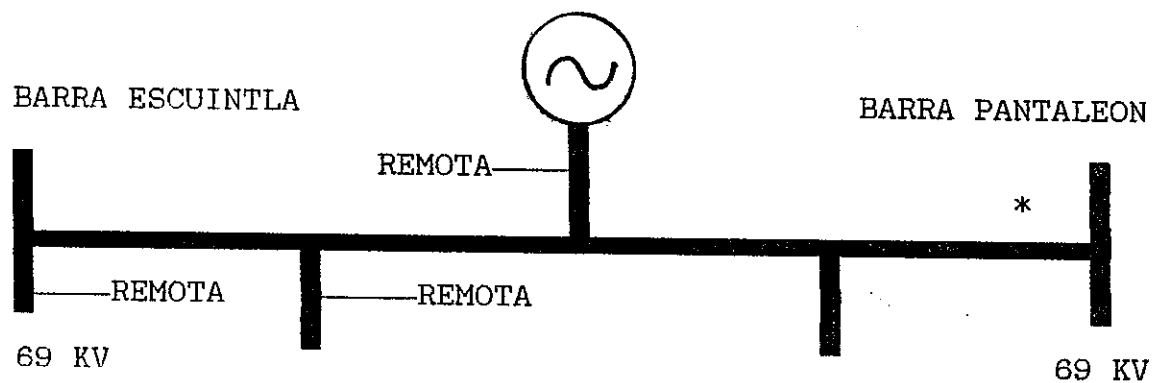


CASO No.7 : con un generador cercano a Escuintla y otro en medio de la línea Escuintla-Pantaléon



* falla simulada en Pantaléon

CASO No. 8 : con los tres generadores en línea.



* falla simulada en Pantaléon

FALLA TRIFASICA

GENERADOR	VOLTAJE P.U.	AMPERAJE P.U.	IMPEDAN.
----	0.8659	1.4360	0.6029
1	0.8778	1.3154	0.6673
3	0.8814	1.2769	0.6902
2	0.8825	1.2671	0.6964
1,3	0.8918	1.1712	0.7614
1,2	0.8925	1.1647	0.7662
2,3	0.8955	1.1326	0.7906
1,2,3	0.9044	1.0422	0.8677

TABLA No. 4

GENERADOR	VOLTAJE (KV)	AMPERAJE (AMP)	IMPEDAN. (OHM)
-----	59.747	1201.557	28.70
1	60.568	1100.646	31.77
3	60.816	1068.432	32.86
2	60.892	1060.231	33.15
1,3	61.534	979.988	36.25
1,2	61.582	974.549	36.47
2,3	61.789	947.690	37.64
1,2,3	62.403	872.049	41.31

TABLA No. 5

FALLA MONOFASICA

GENERADOR	VOLTAJE P.U.	AMPERAJE P.U.	IMPED. P.U.
-----	0.7687	0.7286	1.1646
3	0.7695	0.6429	1.1969
2,3	0.7644	0.6337	1.2062
1	0.7717	0.5947	1.2976
2	0.7667	0.5864	1.3074
1,3	0.7667	0.5864	1.3074
1,2	0.7648	0.5753	1.3293
1,2,3	0.7666	0.5391	1.4219

TABLA No. 6

GENERADOR	VOLTAJE (KV)	AMPERAJE (AMP)	Z (OHM)
-----	53.040	609.648	50.22
3	53.254	554.506	55.44
2,3	53.095	537.939	56.98
1	52.743	530.241	57.42
2	53.247	497.608	61.77
1,3	52.743	490.663	62.24
1,2	52.771	481.375	63.28
1,2,3	52.895	451.085	67.69

TABLA No. 7

A continuación, se muestran los valores de impedancias para las tres zonas de protección de la línea multiterminal por el relevador microprocesado para definir sus grupos de ajuste trifásicos y monofásicos.

VALORES DE IMPEDANCIA PARA LOS AJUSTES DEL RELEVADOR								
NIVEL % AJUSTE	SIN GENER	GENER 1	GENER 3	GENER 2	GENER 1,3	GENER 1,2	GENER 2,3	GENER 1,2,3
Tri 85	0.51	0.56	0.64	0.73	0.59	0.58	0.67	0.65
Tri 125	0.75	0.83	0.95	1.08	0.87	0.86	0.98	0.95
Tri 15	0.09	0.10	0.11	0.13	0.10	0.10	0.11	0.11
Mon 85	0.89	1.02	1.11	1.20	1.10	0.98	1.01	1.12
Mon 125	1.31	1.50	1.63	1.77	1.62	1.45	1.49	1.66
Mon 15	0.15	0.18	0.19	0.21	0.19	0.17	0.17	0.19
INSTAN	INSTAN	INSTAN	INSTAN	INSTAN	INSTAN	INSTAN	INSTA	INSTAN
0.5 SEG	.5 SEG	.5 SEG	.5 SEG	.5 SEG	.5 SEG	.5 SEG	.5SEG	.5 SEG
1.0 SEG	1.0SEG	1.0SEG	1.0SEG	1.0SEG	1.0SEG	1.0SEG	1.0SE	1.0SEG

TABLA No. 8

- 4- Recabar información sobre el estado y configuración de la línea multiterminal con instalación de RTU en cada generador.
- 5- Procesar información del estado de la línea multiterminal en la central maestra, y ajustar el grupo correspondiente
 - 5.A- Establecer comunicación con el relevador microprocesado.
 - 5.B- Realizar comando para cambiar grupo.

OPCION No.2 (VER DIAGRAMA UNIFILAR PAGINA 58)

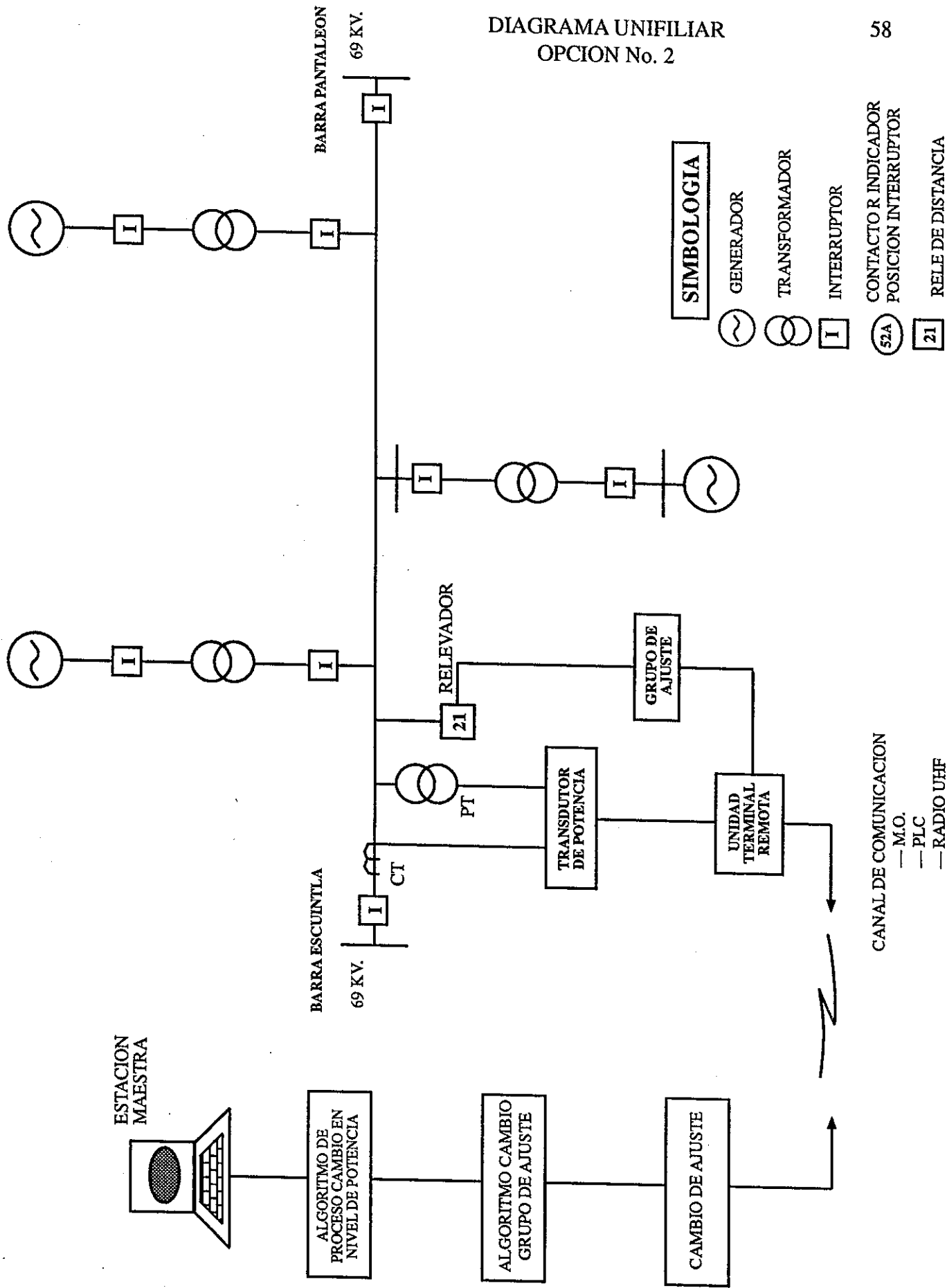
- 1- Diseñar la protección adaptable en la línea multiterminal, con una unidad remota y un canal de comunicación únicamente en el punto donde está el relevador de protección.
- 2- Definir el equipo que se va instalar
- 3- Señales necesarias para el proceso de la adaptabilidad del relevador (flujo de potencia donde está instalado el relevador)
- 4- Realizar corridas de flujo de máximos y mínimos y cálculo de estado de cortocircuito

Ejemplo:

Se tiene la línea de Escuintla - Pantaleón 69 KV, con una falla simulada en Pantaleón, entrando y saliendo de línea tres generadores. Suponiendo que cada generador es de 10, 20 y 30 MW, y la línea maneja en su operación normal 30 MW de flujo, de Escuintla a Pantaleón. (Ver diagrama unifilar, representativo del proceso de información y ajuste).

NOTA: los generadores que se tomaron para la elaboración de dicho cálculo se simulan como unidades de Gas que entrarán a línea operando a plena carga; se supone, además que a un cierto valor mínimo de carga dichas unidades saldrían de línea.

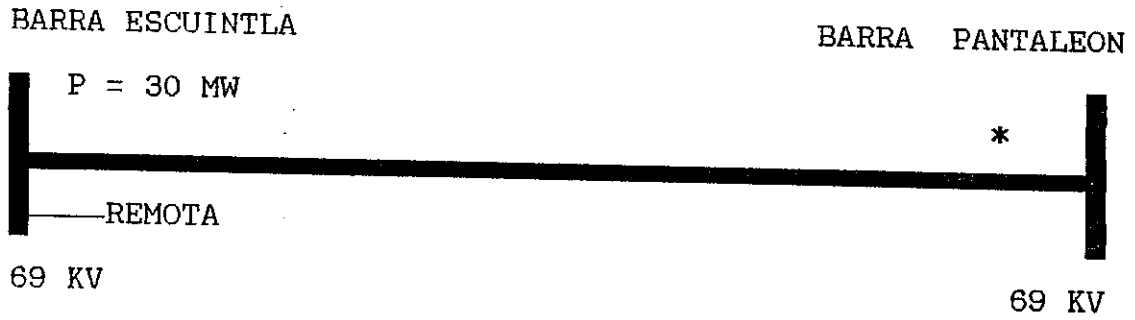
DIAGRAMA UNIFILIAIR
OPCION No. 2



CANAL DE COMUNICACION
 — M.O.
 — PLC
 — RADIO UHF

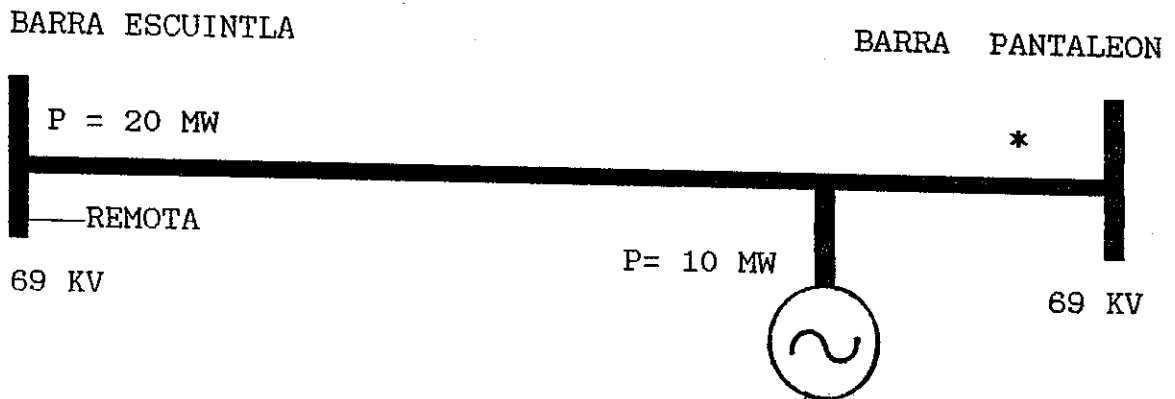
SIMBOLOGIA
 GENERADOR
 TRANSFORMADOR
 INTERRUPTOR
 CONTACTO R INDICADOR
 POSICION INTERRUPTOR
 RELE DE DISTANCIA

CASO No.1 : sin generadores



* falla simulada en Pantaleón

CASO No.2: con un generador cercano a Pantaleón

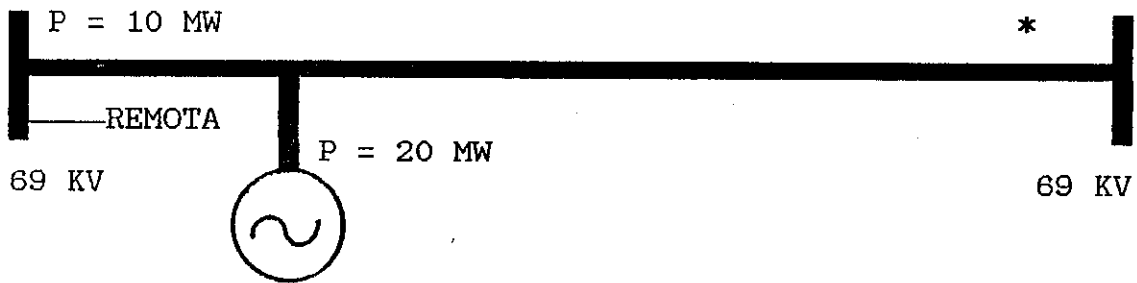


* falla simulada en Pantaleón

CASO No. 3 : con un generador cercano a Escuintla.

BARRA ESCUINTLA

BARRA PANTALEON

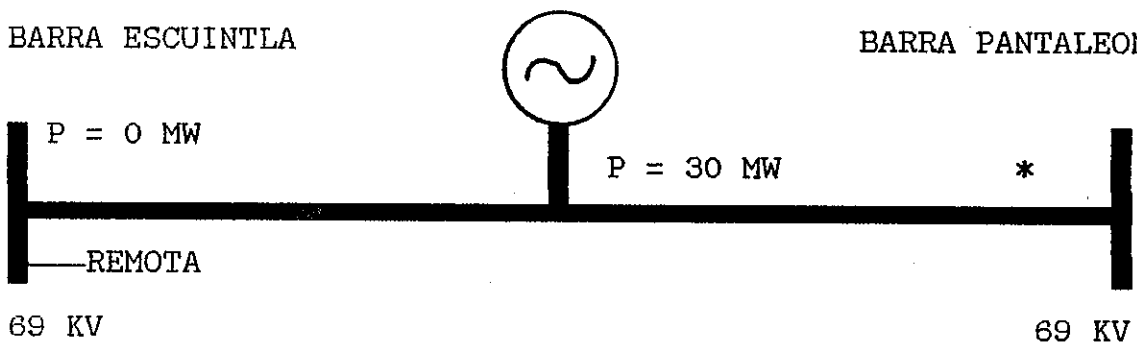


* falla simulada en Pantaleón

CASO No. 4 : con un generador en medio de la línea Escuintla - Pantaleón

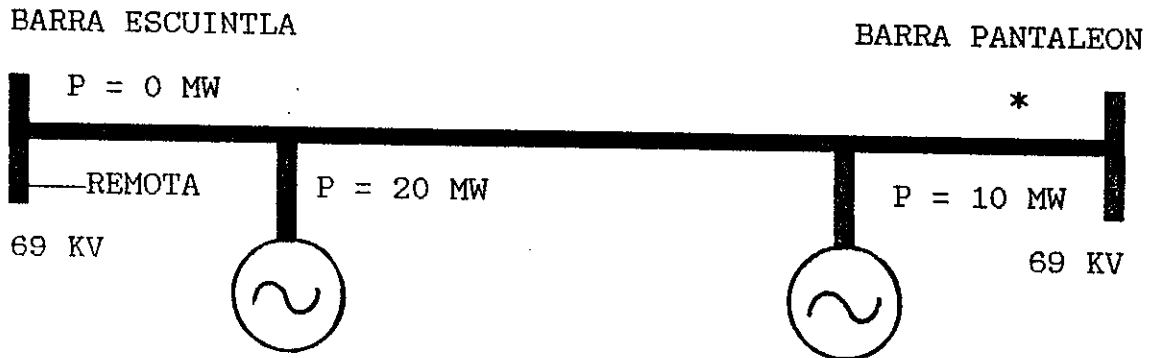
BARRA ESCUINTLA

BARRA PANTALEON



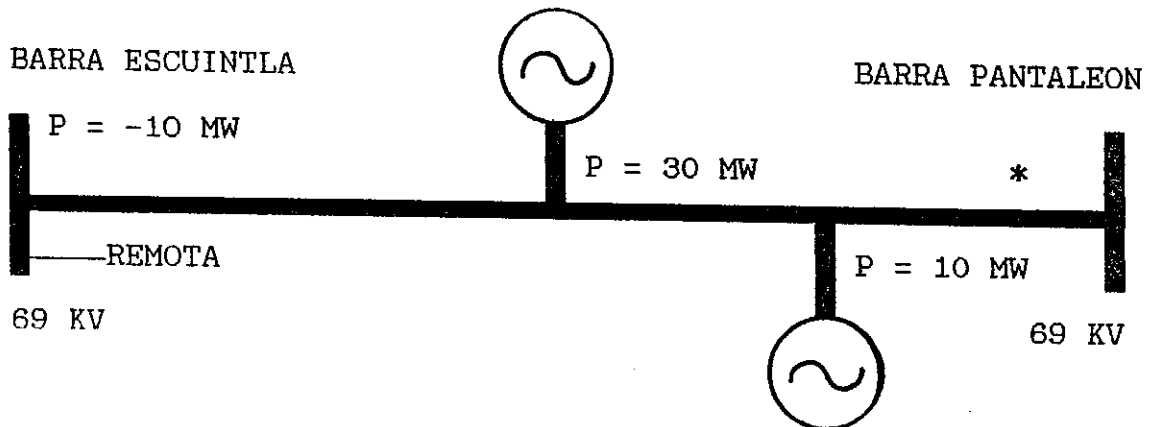
* falla simulada en Pantaleón

CASO No.5 : con un generador cercano a Escuintla y otro cercano a Pantaleón



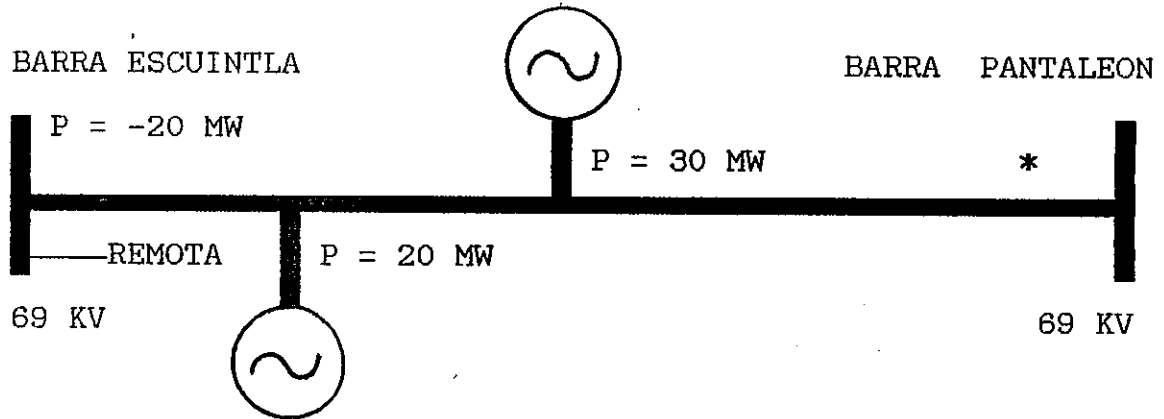
* falla simulada en Pantaleón

CASO No. 6 : con un generador cercano a Pantaleón y otro en medio de la línea Escuintla - Pantaleón



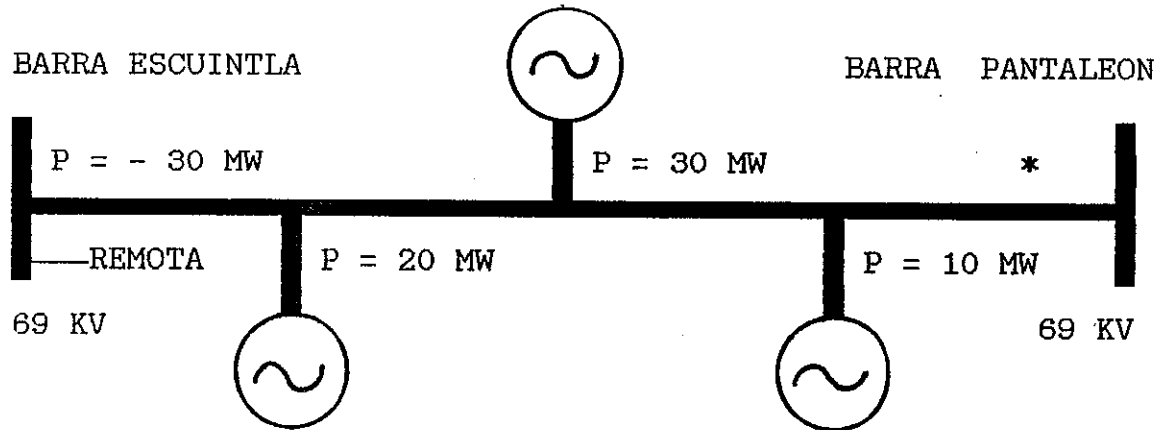
* falla simulada en Pantaleón

CASO No. 7 : Con un generador en medio de la línea Pantaleón y Escuintla



* falla simulada en Pantaleón

CASO No. 8 : con tres generadores en línea



* falla simulada en Pantaleón

DATOS DE IMPEDANCIA OBTENIDOS DE LOS FLUJOS DE CARGA EN LA LINEA ESCUINTLA - PANTALEON, PARA LA OPCION No.2

c a s o	NUMERO DE GENERADORES EN LINEA	AJUSTE SCADA RANGO MW	AJUSTE RELE MICROPROCESADO		
			85 %	125 %	15 %
1	-----	0 - 30	0.51	0.75	0.09
2	1	0 - 20	0.56	0.83	0.10
3	3	0 - 10	0.58	0.86	0.10
4	2	0	0.59	0.87	0.10
5	1,3	0	0.64	0.95	0.11
6	1,2	-10 - 0	0.65	0.95	0.11
7	2,3	-20 - 0	0.67	0.98	0.11
8	1,2,3	-30 - 0	0.73	1.08	0.13

CAPITULO V

**PRUEBA DE SIMULACION EXPERIMENTAL REALIZADA CON
EL USO DE PROTECCIONES ADAPTIVAS**

5) PRUEBA DE SIMULACION EXPERIMENTAL REALIZADA CON EL USO DE
PROTECCIONES ADAPTIVAS EN EL ENLACE FLORIDA-GEORGIA E.E.U.U.

BREVE DESCRIPCION

Las pruebas tradicionales de estado-estable usadas en los relevadores electromecánicos, no son suficientes para probar el comportamiento completo del relevador adaptable oscilante. Los algoritmos del relevador adaptable han sido probados utilizando técnicas de reproducción de tiempo real que simulan las rápidas transiciones electromagnéticas que pueden ocurrir durante una falla.

El programa, para simulaciones de transitorios electromagnéticos(EMTP), produce transiciones bajo diferentes condiciones operativas. El Sistema de Reproducción de Tiempo-Real, usado para convertir la salida del EMTP a una señal análoga que el relevador pueda utilizar, se describe en la siguiente prueba de simulación experimental.

5-1) BREVE RECORDATORIO DE LA RELEVACION ADAPTABLE :

La relevación adaptable es un método de protección, en que la operación del relevador se adapta a las condiciones del sistema de energía. Para algunos esquemas de protección, las instrucciones del relevador son independientes del estado prevaleciente del sistema. Como ejemplo, se puede mencionar la protección de distancia en una línea multiterminal.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Sin embargo, para otros esquemas de relevadores, se tienen que efectuar numerosas calibraciones en las instrucciones. Conforme el estado del sistema de energía cambia, muchas de estas calibraciones pueden llegar a ser alteradas, y los esquemas de protección ya no son óptimos o, en el peor de los casos, erróneos.

Bajo estas condiciones, esto puede llegar a provocar que la protección del sistema quede fuera del rango de operación del relevador.

La relevación adaptable puede ser utilizada en estos casos, de modo que el estado operativo del flujo de energía del sistema, pueda ser tomado en consideración en la operación del relevador.

Un relevador adaptable no puede probarse tan fácilmente, ya que la operación depende de las condiciones del flujo de energía del sistema y, por lo tanto, debe ser simulada para poder efectuar dicha prueba.

El programa, para simulaciones de transitorios Electromagnéticos (EMTP), es utilizado para simular el sistema de energía.

La técnica de reproducción EMTP de tiempo real es la preferida para probar el relevador de oscilación de potencia, debido a lo siguiente:

- a- El EMTP es un programa de transitorios óptimo, ampliamente utilizado en el ámbito científico y de ingeniería para probar estos relevadores.

b-El uso habilidoso de simulaciones con este programa, según pruebas realizadas en los E.E.U.U., han producido resultados que coinciden con las pruebas de campo.

En Guatemala, aún no se ha desarrollado el manejo del software de los programas para realizar las simulaciones con el equipo de protección en relevadores microprocesados.

c-El sistema de reproducción de tiempo real tiene configuraciones flexibles del sistema y ajuste de parámetros.

d-El equipo clave de Hardware, como es el equipo de pruebas de relevadores y computadora para el sistema de reproducción está disponible para ser utilizado, fuera de los laboratorios donde se realizan pruebas simuladas del sistema de potencia.

5-2) DESCRIPCION DEL RELEVADOR ADAPTABLE DE BLOQUEO POR OSCILACION DE POTENCIA

Tradicionalmente los relevadores de oscilación de potencia han sido implementados con patrones supuestos del comportamiento del sistema de energía y otras condiciones dinámicas que determinan el bloqueo y el disparo. Durante la estabilidad transitoria de los balanceos, un relevador de distancia verá una trayectoria de impedancia aparente en el plano R-X, que se mueve lentamente en comparación a una trayectoria de falla.

Un relevador de oscilación de potencia distingue entre un movimiento de trayectoria dentro de una zona de protección, debido a una falla provocada por una oscilación de inestabilidad. Los límites de estabilidad son determinados por filtros que unen las áreas en el plano R-X donde el balanceo es considerado estable.

La tecnología actual requiere que los relevadores de oscilación de potencia sean instalados utilizando información de sus características propias de operación previamente al ponerlos en funcionamiento.

Mientras la precisión de los estudios de estabilidad dinámica y transitoria del relevador de oscilación de potencia que esté mejorando continuamente, los datos y la configuración de la red utilizada para el estudio irán cada vez asemejándose a las condiciones actuales de la red en el momento del balanceo transitorio.

Este desajuste potencial puede llevar a una operación inexacta del relevador de oscilación de potencia, y puede, por lo tanto, restarle confiabilidad a la operación de la red, cuando se encuentra cerca de los límites de estabilidad. Además, el tiempo de respuesta del relevador de oscilación de potencia tipo filtro, varía en proporción directa a la tasa de balanceo. Cuando la tasa de balanceo entre las áreas estable e inestable es lenta, la consiguiente onda de voltaje puede ser inaceptable, para los que están siendo servidos cerca de la interface.

Afortunadamente para las redes de potencia que se comportan como un sistema de dos maquinas generadoras, un reciente trabajo efectuado en el Instituto Politécnico de Virgina, indica que la solución dinámica de sistemas de múltiples máquinas generadoras puede obtenerse similarmente. (II SIMPOSIO IBEROAMERICANO SOBRE PROTECCIONES DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA. MONTERREY NUEVO LEON, MEXICO)

5-2-1) RELEVADOR DE BLOQUEO POR OSCILACION DE POTENCIA

TIPO FILTRO :

Este nuevo sistema de relevador consiste de dos unidades de Medición de Fase (PMU), de dos relevadores digitales y de una línea de comunicación de alta velocidad.

Las unidades de relevadores utilizan datos de fase sincronizado en tiempo real, para determinar la estabilidad de los balanceos de ángulo en la interface de Florida-Georgia.

Los voltajes y corrientes de fase son introducidos en los PMU, que utilizan una transformada de valores discretos de Fourier para computar una secuencia positiva de fases de las señales muestreadas. Los relojes de muestreo de los PMU dan una referencia común, por medio de la cual pueden obtenerse en tiempo real todas las mediciones de diferencia angular de las fases y medidas computadas.

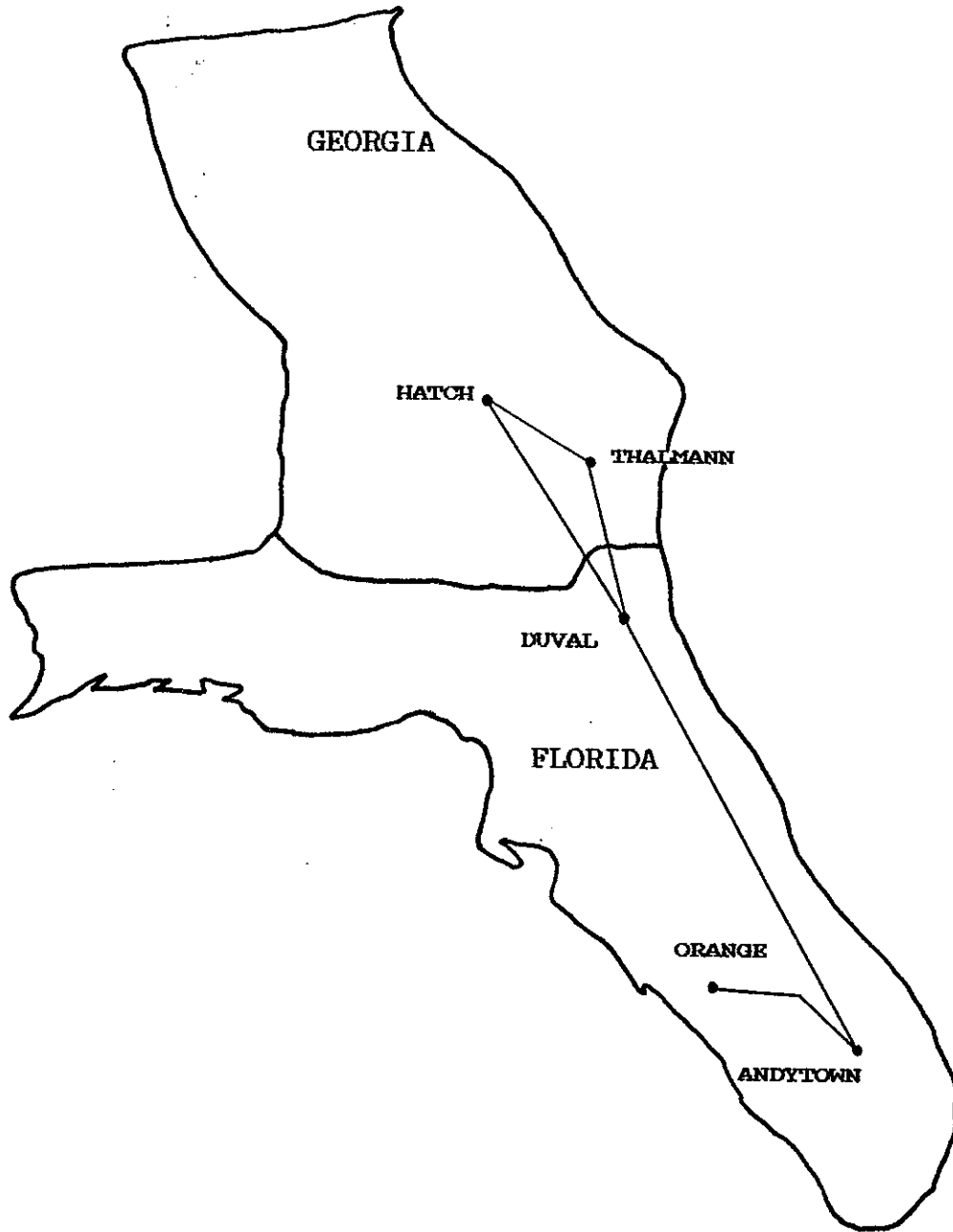
Además, los canales digitales de los PMU monitorean la condición del interruptor (abierto o cerrado), para determinar los cambios en la configuración del sistema real, y registrar todas las mediciones de diferencia angular de las fases y medidas computadas.

5-3) PRUEBA EXPERIMENTAL CON EL RELEVADOR DE BLOQUEO POR OSCILACION DE POTENCIA

La siguiente prueba realizada por el Instituto Politécnico de Virginia entre los estados de Florida y Georgia en los Estados Unidos, en líneas de 500 KV, sirvió para comprobar la operación del relevador digital adaptivo de bloqueo por oscilación de potencia.

Las Unidades de Medición de Fase (PMU) darán la información sincronizada de tiempo-real del relevador. El sistema de prueba desarrollado producirá la información que modela el sistema de energía, para ser utilizados como datos de ingreso a los PMU.

El sistema de Energía de Florida es único, ya que es un sistema peninsular conectado al resto del país, a través de las subestaciones de 500 KV de la Florida Power and Light y Duval (ver figura No. 8).



LINEAS DE INTERCONEXION DE 500 kV

FIG. No 8

La Florida Power and Light del estado de Florida importa energía de la compañía de Electricidad de Georgia, que en su mayor parte fluye en dos líneas de enlace de 500 KV con la Subestación de Duval en el estado de la Florida, E.E.U.U.

En el pasado, el estado de Florida ha experimentado varias interrupciones del resto del país. Ahora se han mejorado sus instalaciones de transmisión y unidades generadoras, para reducir la probabilidad de una interrupción, y desarrollar un plan complejo de carga del sistema elaborado para controlar cualquier interrupción. Dentro de este plan, está la operación de los relevadores adaptables de bloqueo por oscilación de potencia, que ha sido desarrollado, después de comprender que el sistema cambia constantemente y que el plan de protección debe cambiar con él.

Los relevadores digitales de bloqueo, por oscilación de potencia, hacen un estudio de la estabilidad transitoria, para determinar si el relevador debería bloquear o disparar. El algoritmo del relevador debe efectuar esa operación en cuestión de ciclos.

En vista de que un estudio de estabilidad transitoria tradicional de todo el sistema de Florida-Georgia, no puede efectuarse en un periodo corto de tiempo, el relevador hace su operación de estabilidad en un modelo reducido.

El modelo reducido, que actualmente se utiliza en el relevador, es un sistema de dos máquinas. Una máquina generadora equivalente de Florida y la otra máquina generadora representa el resto de los generadores de la costa oriental.

El modelo de dos máquinas es un modelo razonable debido al hecho de que la Florida es una península conectada al resto del país, a través de dos líneas de unión de 500 KV. Con este modelo, se hace la suposición, de que todas las unidades generadoras de Florida se balancearán con el resto de las unidades de la costa oriental.

El relevador puede hacer un estudio de estabilidad transitorio en un sistema de dos máquinas, utilizando su algoritmo programado con el criterio de áreas iguales en el período requerido de tiempo.

5-3-1) MODELO REDUCIDO DE DOS MAQUINAS

Se desarrolló un modelo de dos unidades generadoras con un circuito de cinco barras, Fig. No 9. Tres de las barras Duval, Hacth y Thalmann, y las líneas punteadas, son elementos actuales del sistema de energía; las otras dos barras son la unidad equivalente de Florida y de la unidad equivalente del sistema de la costa oriental. Las ubicaciones de los PMU están señaladas en el diagrama de la Fig. No 9, Pag. 76.

Las impedancias obtenidas en la prueba para las líneas equivalentes del enlace Georgia-Florida, E.E.U.U., fueron obtenidas por estudios de cortocircuito. La información de la unidad equivalente fue tomada de la información de las unidades actuales de Georgia y Florida E.E.U.U., y se le hizo equivalencia, bajo la suposición de que todas las unidades estaban en paralelo y se balancearían juntas.

Este modelo puede ser modificado en la manera que el sistema se comporte, a medida que salgan o entren unidades generadoras a línea y pueda ser actualizado.

La energía transferida puede ser leída directamente desde los flujos de energía de las líneas de unión Georgia-Florida, en la subestacion de 500 KV de Duval, Florida.

5-3-2) EQUIPO UTILIZADO EN LA PRUEBA EXPERIMENTAL:

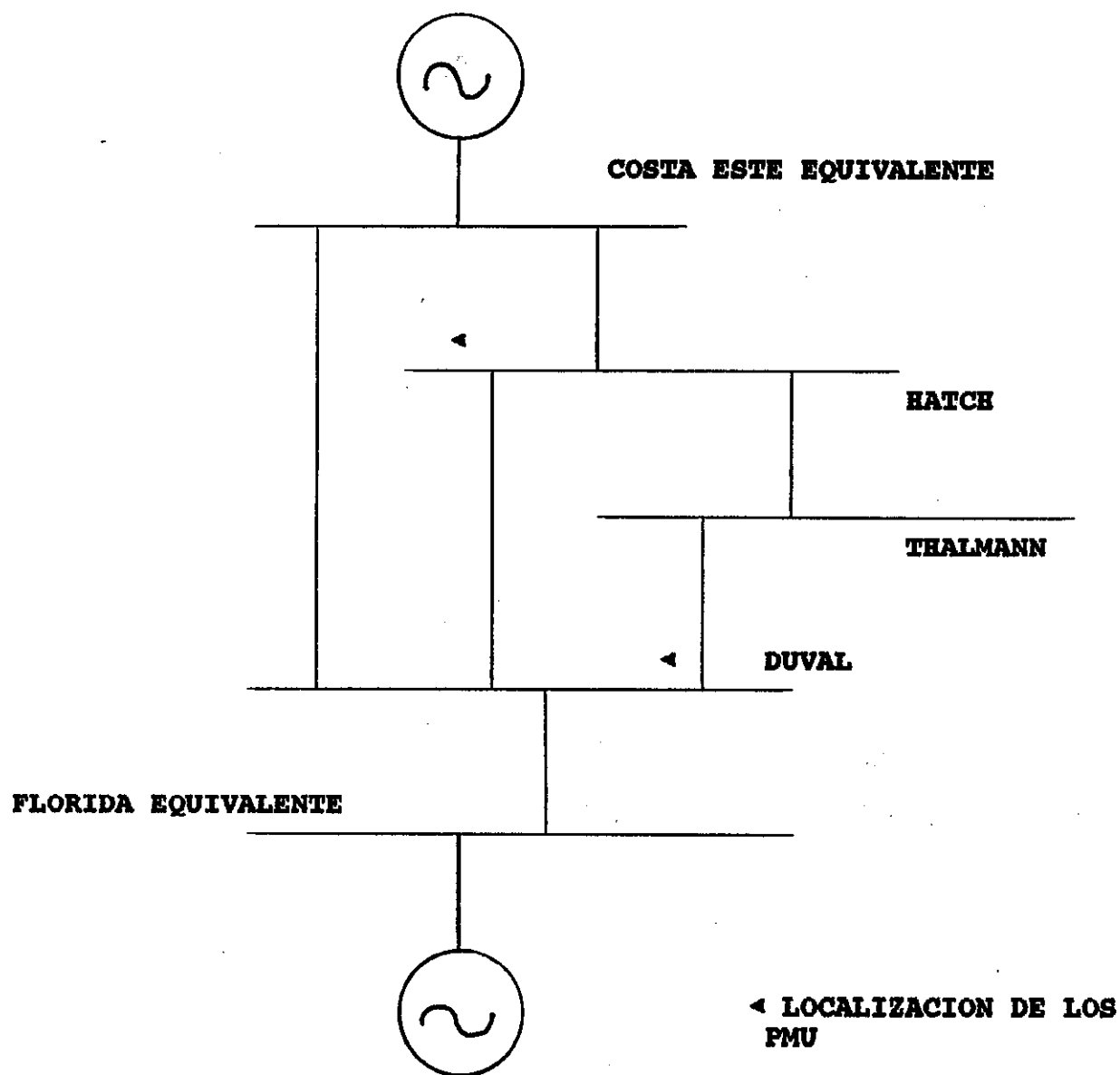
- Sistema de reproducción Motorola MVME133A con módulo VME. El módulo VME utiliza un microprocesador 68020 con capacidad de 1 MB de memoria RAM.
- Estacion maestra VAX, que corre las simulaciones, y estudio de estabilidad transitoria.
- Reloj GPS(GLOBAL POSITION SYSTEM), utilizado para proveer una muy buena medición de tiempo para el control de la tasa de salida de la información, con una salida de 10 Khz y una precisión de $10E-11$.

- Un convertidor analógico-digital, con una potencia a de 5 Khz y seis canales utilizados para salidas de voltaje análogo y otro para ser usado como señal de condición del interruptor, para indicar cualquier cambio en el modelo del sistema.
- Un filtro RC de paso lento para eliminar posibles distorsiones de onda después de la conversión digital-analógica.
- Tres amplificadores de energía de 165 vatios por canal, a la salida de los filtros RC, para nivelar su voltaje de salida.
- Un simulador del sistema de energía de Virginia Tech.

En la figura No. 10, se muestra el diagrama en bloques del sistema hardware de reproducción.

5-3-3) SUPOSICIONES UTILIZADAS PARA LLEVAR A CABO LA PRUEBA DE SIMULACION EXPERIMENTAL:

- 1- La operación de los generadores permanece constante durante el período de un balanceo.
- 2- La amortiguación o energía asíncrona no tiene importancia
- 3- Los generadores pueden representarse como una fuerza electromotora constante en serie con una reactivación transitoria constante.



ENLACE GEORGIA-FLORIDA CON LINEAS DE 500 kV

FIG. No.9

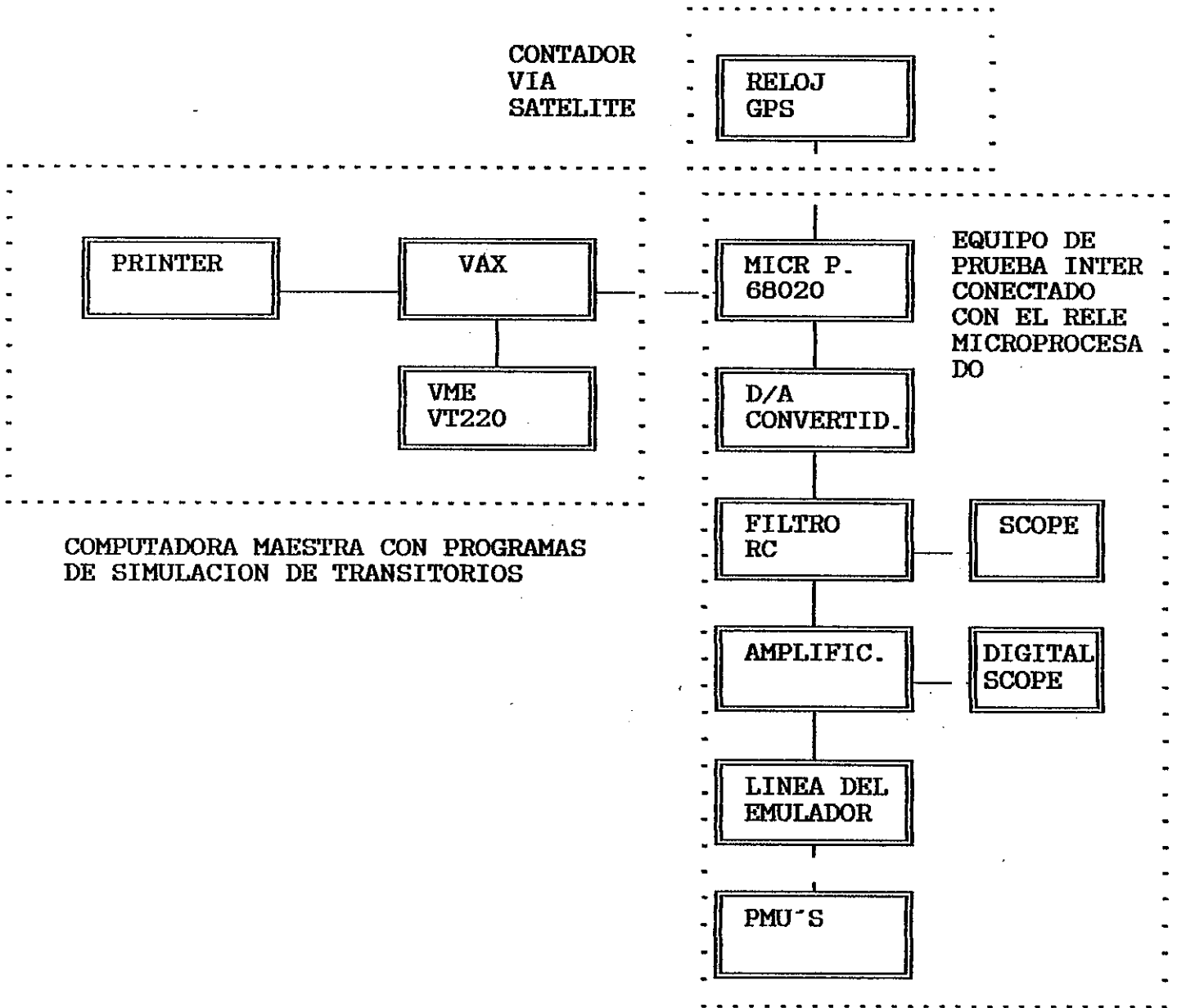


DIAGRAMA EN BLOQUES DEL EQUIPO DE SIMULACION DE TRANSITORIOS

- 4- El ángulo mecánico de los generadores coincide con su ángulo eléctrico. Esto tomando en consideración que se trata de turbogeneradores de dos polos para simplificar el análisis.
- 5- La carga puede representarse como una impedancia constante.

Los generadores pueden ser simplificados en un solo generador equivalente. Para la aplicación del criterio de áreas equivalentes, es necesario reducir el sistema a dos generadores equivalentes: el sistema de Florida y el resto de la costa oriental. El relevador fue diseñado para detectar solamente balanceos entre Florida peninsular y el resto de la costa oriental y no se le dio importancia a los balanceos que no pueden ser representados con el modelo de dos máquinas generadoras.

La predicción de estabilidad puede validarse por predicciones de ángulo basadas en el modelo de relevadores. La diferencia angular durante la estabilidad del balanceo puede predecirse exactamente para un corto período después del desajuste. Esta predicción es comparada con la diferencia angular computada, obtenida de las muestras medidas, para determinar el grado de precisión del sistema modelo utilizado por los relevadores. Cuando el error en la predicción es mayor a un límite seleccionado, el relevador es restringido a enviar una señal de salida.

Para la prueba, se aplicó una falla en una fase en la línea de 500 kV, Duval-Hatch en la subestación de Duval, Florida. Después de 5 ciclos, la falla fue eliminada por la apertura de la línea. La línea recerró después de 30 ciclos. La misma simulación fue corrida en ambas, en el caso del sistema completo y el de dos máquinas generadoras reducida. El voltaje de barra instantáneo, entre las subestaciones de Duval y Hatch, es parte de los datos de ingreso que los relevadores usaron en su estudio de estabilidad transitoria.

La configuración de la red puede ser derivada de la condición del interruptor de línea en Hatch y Duval. El relevador asume la operación correcta de la protección primaria y secundaria de las líneas de 500 kV del sistema reducido.

Los PMU monitorean los interruptores a ambos lados de la línea de 500 KV, Duval-Hatch y un lado de las líneas Duval-Thalman y Hatch-Thalman. La condición de los interruptores y los cambios en la magnitud actual de las líneas de transmisión, son usadas para determinar cualquier cambio en la configuración del sistema reducido. La figura No. 11 muestra la diferencia de ángulo entre las barras de Duval-Hatch.

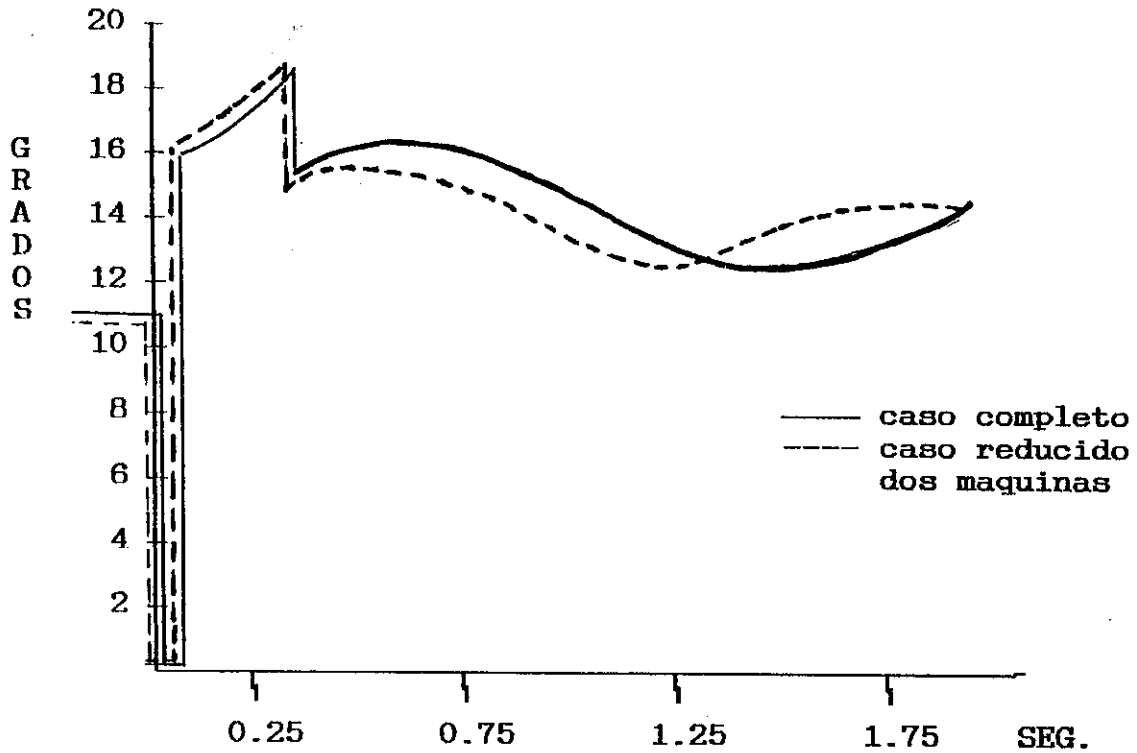


FIG No. 11

5.3.4) FUNCIONES DEL SISTEMA DE REPRODUCCION:

El sistema de reproducción es instalado para la prueba del relevador adaptable; este produce señales de salida continuas para los PMU. Sin embargo la simulación del estudio de estabilidad transitoria registra solamente dos segundos de voltaje transitorio debido a:

- a- El algoritmo del relevador adaptable hará la operación en menos de 10 ciclos después de que empiece la transición.

b- Los dos segundos de información de voltaje, después de la transición, no afectarán la salida del algoritmo del relevador adaptable.

5-3-5) RESULTADOS OBTENIDOS DE LA PRUEBA

El tiempo real de reproducción del estudio de estabilidad transitoria es un concepto alternativo de las simulaciones transitorias del sistema de energía. Este método toma ventaja de la flexibilidad de las simulaciones por computadora digital y proveen, al mismo tiempo, un marco de tiempo real para el sistema bajo la simulación.

La reproducción en tiempo real representa un método para simular las formas de ondas de voltaje en las ubicaciones específicas en el sistema de Florida, en diferentes condiciones operativas en el entorno del laboratorio.

El sistema de reproducción ha demostrado ser una herramienta útil para la prueba de relevadores adaptables. En el futuro, una versión perfeccionada de esos relevadores usarán un modelo multi-máquina para el estado de Florida. El mismo sistema de reproducción en Virginia Tech puede ser usado para probar estos relevadores adaptables perfeccionados, con un nuevo modelo de simulación de estudio de estabilidad transitoria sin cambios en el hardware.

Agregando más canales en el convertidor digital-analógico, incrementando la memoria y actualizando el microprocesador en el modulo VME, se puede probar un sistema más grande de relevadores adaptables, que contienen más PMU.

CONCLUSIONES

- 1- Con el uso de las protecciones adaptivas, la protección en una línea multiterminal en el sistema Nacional Interconectado se mejora, debido a la adaptación en los cambios en las condiciones que está sujeto el sistema por la entrada o salida de unidades generadoras. Además por el crecimiento y condición actual del Sistema Nacional Interconectado, ha llegado a punto de convertirse en un medio propicio para la aplicación de las protecciones adaptivas, como lo demuestra el ejemplo de las condiciones obtenidas en la línea Escuintla-Pantaleón.

- 2- La seguridad y la confiabilidad de los relevadores de protección pueden ser mejoradas, de manera simultánea cambiando los ajustes y que respondan a la variación de flujo de la línea multiterminal, que es causada por la salida o entrada de unidades generadoras. Debido también al crecimiento de las líneas multiterminales la seguridad y la confiabilidad llega a ser una tendencia importante en la operación actual del sistema nacional interconectado.

3- La protección adaptiva es posible implementarla con la tecnología actual, a través del uso de relevadores microprocesados del sistema SCADA y de unidades remotas, para realizar los procesos de decisión de cambios de ajustes en los relevadores, a cambios que respondan en el sistema nacional interconectado en un lapso más corto.

RECOMENDACIONES

- 1- Se recomienda implementar los principios de protección adaptiva de una manera sencilla. Esto implica no solamente desde el punto de vista del equipo a utilizar, sino también para los programas correspondientes. Por ejemplo, diversos medios de detectar un disparo imprevisto pueden ser implementados, con un programa sencillo y riesgo mínimo para la seguridad del sistema de potencia. Para esto, se recomienda la implementación de un equipo de protección adaptiva, según sean las necesidades del sistema de potencia, para realizar una inversión mínima al principio.

- 2- Se recomienda que un modo efectivo de obtener un sistema de protección adaptiva es comenzar con los requerimientos básicos y necesarios que identifiquen las áreas donde la relevación puede provocar restricciones operativas hoy en día. Estas áreas incluirán cualquier restricción económica de despacho, márgenes de estabilidad, peligros relacionados con el clima, limitaciones de mantenimiento o de la mano de obra.

- 3- Es conveniente capacitar a personal adecuado dirigido a realizar estudios de implemetación de programas para el manejo de las protecciones adaptivas con el sistema SCADA.

BIBLIOGRAFIA

Horowitz S.H., ADAPTIVE TRANSMISION SYSTEM RELAYING. En revista, IEEE Transactions on power delivery, vol 3, No.4, Octubre 1987, pgs. 1436-1445.

Jampala A.K., CONCEPTS AND USES. En revista, Adaptive transmission protection, Agosto 1987, universidad de Washington.

Linders J.R., ADPATIVE TRANSMISION SYSTEM RELAYING. En revista, IEEE Transactions on power delivery, vol 3, No.4, Octubre 1987, pgs. 1436-1445.

Phadke A.G., COMPUTER RELAYING FOR POWER SYSTEM, Research studies press Ltd., England, 1988.

Rockefeller G.D., ADAPTIVE TRANSMISION SYSTEM RELAYING. En revista, IEEE Transaction on power delivery, vol 3, No.4, Octubre 1987, pgs. 1436-1445.

Thorp, J.S., SOME APLICATIONS OF PHASER MEASUREMENTS TO ADAPTIVE PROTECTION. En revista, IEEE, 1987, Montreal Canada, pgs. 467-474.

PROTECCIONES DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA. Segundo simposio iberoamericano, Noviembre 1993, Monterrey Nuevo León, Mexico.