



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECÁNICA  
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

---

# *TRABAJO DE DIPLOMA*

## **EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

**TITULO:** Sustitución de los Relés de Distancia y Sobrecorriente a los Interruptores de Línea PG 201 y 203 de 220kv en la Subestación de Punta Gorda, Moa.

**Autor:** *Reineldis Breffe Quiroga*

**Tutores:** *Ing. Rogelio Pereira Hernández*  
*MSc. Isnel Rodríguez González*  
*Ing. Yordilexis Días Aguirre*

Moa 2009  
Año 50 del triunfo de la Revolución



Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
Dr. Antonio Núñez Jiménez  
Facultad de Metalurgia y Electromecánica

## Índice.

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b><u>1. Introducción General</u></b>                                                             | <b>5</b>  |
| <b>Capítulo I. Generalidades de las protecciones Eléctrica</b>                                    | <b>10</b> |
| <b><u>1.1. introduccion</u></b>                                                                   | <b>10</b> |
| <b><u>1.2. Desarrollo histórico de las protecciones eléctricas</u></b>                            | <b>10</b> |
| <b><u>1.3. Características de las protecciones</u></b>                                            | <b>12</b> |
| <b><u>1.4. Tipos de protecciones asociadas a los relés digitales propuestos</u></b>               | <b>14</b> |
| <b><u>1.4.1. Protección de distancia</u></b>                                                      | <b>15</b> |
| <b><u>1.4.2. Protección con Relés de Sobrecorriente</u></b>                                       | <b>15</b> |
| <b><u>1.4.3. Protecciones Diferenciales de Corriente</u></b>                                      | <b>16</b> |
| <b><u>1.4.4. Protección de Gas o Buchholtz</u></b>                                                | <b>16</b> |
| <b><u>1.4.5. Las Protecciones UROV</u></b>                                                        | <b>16</b> |
| <b><u>1.4.6. Relés Direccionales</u></b>                                                          | <b>16</b> |
| <b><u>1.5. Descripción de fallas comunes en el sistema</u></b>                                    | <b>17</b> |
| <b><u>1.5.1. Fallas entre fases</u></b>                                                           | <b>17</b> |
| <b><u>1.5.2 Fallas de dos fases a tierra</u></b>                                                  | <b>18</b> |
| <b><u>1.7. Conclusiones</u></b>                                                                   | <b>21</b> |
| <b>Capítulo II. Materiales y Métodos empleados para la sustitución de los relés de protección</b> | <b>22</b> |
| <b><u>2.1. Introducción</u></b>                                                                   | <b>22</b> |
| <b><u>2.2. Materiales y equipos para la sustitución</u></b>                                       | <b>22</b> |
| <b><u>2.2.1 Instrumentos de medición</u></b>                                                      | <b>22</b> |
| <b><u>2.2.2. Dispositivos de protección a emplear</u></b>                                         | <b>23</b> |
| <b><u>2.2.2.1 Relé de protección de distancia</u></b>                                             | <b>24</b> |
| <b><u>2.2.2.2 Relé de protección de sobrecorriente</u></b>                                        | <b>26</b> |
| <b><u>2.2.2.3 Otros materiales</u></b>                                                            | <b>28</b> |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <a href="#"><u>2.3. Conexión y lógica de los relés digitales</u></a>                  | 28 |
| <a href="#"><u>2.4. Programación de los led en la matriz</u></a>                      | 32 |
| <a href="#"><u>2.5. Ajustes para las fallas en las líneas</u></a>                     | 32 |
| <a href="#"><u>2.5.1 Ajustes de los relés digitales para fallas en las líneas</u></a> | 36 |
| <a href="#"><u>2.6. Conclusiones</u></a>                                              | 37 |
| <b>Capítulo III. Análisis de los resultados</b>                                       | 38 |
| <a href="#"><u>3.1. Introducción</u></a>                                              | 38 |
| <a href="#"><u>3.2. Valores para los puntos de medición</u></a>                       | 38 |
| <a href="#"><u>3.3. Ajustes de los relés</u></a>                                      | 39 |
| <a href="#"><u>3.3.1 Ajustes de los relés</u></a>                                     | 39 |
| <a href="#"><u>3.4. Resultados de la simulaciones de fallas</u></a>                   | 44 |
| <a href="#"><u>3.4.1 Oscilograma de la zona 1</u></a>                                 | 44 |
| <a href="#"><u>3.4.2 Oscilograma de la zona 2</u></a>                                 | 45 |
| <a href="#"><u>3.4.3 Oscilograma de la zona 3</u></a>                                 | 45 |
| <a href="#"><u>3.4.4 Oscilograma de la zona 4</u></a>                                 | 46 |
| <a href="#"><u>3.4.5 Oscilograma de la zona 5</u></a>                                 | 46 |
| <a href="#"><u>3.5. Prueba de campo de los relés</u></a>                              | 47 |
| <a href="#"><u>3.6. Valoración económica</u></a>                                      | 48 |
| <a href="#"><u>3.6.1 Determinación del gasto por concepto de mano de obra</u></a>     | 48 |
| <a href="#"><u>3.6.2 Determinación del gasto por concepto de materiales</u></a>       | 49 |
| <a href="#"><u>3.6.3 Determinación de los costos de transporte y alimentación</u></a> | 50 |
| <a href="#"><u>3.6.4 Determinación de los costos de la inversión</u></a>              | 50 |
| <a href="#"><u>3.7. Valoración medio ambiental</u></a>                                | 50 |
| <a href="#"><u>3.8 Conclusiones</u></a>                                               | 51 |
| <a href="#"><u>Conclusiones Generales</u></a>                                         | 52 |
| <a href="#"><u>Recomendaciones</u></a>                                                | 53 |
| <a href="#"><u>Bibliografía</u></a>                                                   | 54 |
| <a href="#"><u>Anexo</u></a>                                                          | 55 |

## **Resumen**

En este trabajo se realiza la sustitución de las protecciones electromecánicas en los interruptores de línea PG 201 y 203 de la subestación de Punta Gorda, Moa por dispositivos digitales de sobrecorriente y distancia, a través de una conexión lógica. Se realizan los ajustes necesarios para dichos dispositivos digitales, se efectúa la modelación de las fallas que pueden ocurrir en los circuitos del territorio, mostrando que estos son capaces de responder con una rapidez de 4C 64ms. Se hace una valoración del impacto ambiental de las propuestas realizadas, teniendo como factor primordial la reducción de los residuos que generan los dispositivos de protección. La valoración económica de la sustitución de los equipos antiguos por los de tecnología digital arrojó un efecto económico de 10 717,68CUC

## **Abstract**

In this work the substitution of the electromechanical protection in the line, switches PG 201 and 203 of the substation of Punta Gorda, Moa for digital devices of over intensity and distances, through a logical connection is carried out. It is also carried out the necessary calculations for the adjustment of this digital devices, the modelling of the flaws that can happen in the circuits of the territory is made, showing that these are able to respond with a high speed. A valuation of the environmental impact carried out for the proposals is made, having as primordial factor the reduction of the residuals that the protection devices generate. The economic valuation of the substitution of old equipments for those of digital technology has an economic effect of 10 717,68CUC

## INTRODUCCIÓN

Las protecciones eléctricas tienen más de un siglo de existencia. Los primeros dispositivos de protección surgen, con el primer Sistema Eléctrico de Potencia a finales del siglo XIX. A lo largo del siglo XX, se desarrollan sorprendentemente la tecnología utilizada en los dispositivos de protecciones eléctricas. En el siglo XXI existen cambios aún más sorprendentes con modificaciones conceptuales y filosóficas para esta ciencia.

Hoy día, el relé, además de constituir la protección integral de un elemento cualquiera del Sistema eléctrico de potencia, incluye los instrumentos de medición y control. Esto ofrece numerosas ventajas en cuanto a la reducción del tamaño de las instalaciones y el costo del mantenimiento, disminuye el tiempo de operación, registra eventos, da distancia de fallas entre otras.

En Cuba el sistema de transmisión y distribución fue diseñado con relés electromecánicos, que en su momento constituyeron un dispositivo vital en la protección del Sistema Electroenergético Nacional. Dado el continuo desarrollo tecnológico de mayores eficiencias que ha evolucionado el mundo en este campo y el necesario desarrollo económico, social e industrial que ha alcanzado el país, surgió la necesidad de introducir esta tecnología, que hoy da muestra de eficiencia y eficacia, en la protección del sistema, en especial en el territorio, que tiene una demanda energética elevada, con elementos de generación, transmisión y distribución eléctrica a mediana y corta distancia que obligan a disminuir el tiempo de respuesta de los eventos involuntarios, para minimizar los daños, reducir tiempos de interrupciones y economizar los efectos adversos de las averías.

Un proceso fundamental a la hora de decidir el tipo de protección a instalar en un sistema son las averías o regímenes anormales que inciden en dicho elemento. Por la importancia que tiene el suministro de energía libre de averías a los consumidores.

### **Descripción del flujo tecnológico de la subestación.**

La subestación 220kV de Punta Gorda está situada en el km 13 de la carretera Moa Baracoa a 2km del poblado de Punta Gorda del Municipio de Moa. Esta recibe la energía del Sistema Electroenergético Nacional por una línea de doble circuito, llegando a las barras de operaciones No 1 y No 2, de 220kV a través de los interruptores PG 201 y 203,

alimentando los dispositivos primarios, así como a los 2 autotransformadores de fuerzas de 125MVA, de procedencia soviética, los que transforman la energía a 110 y 33kV, alimentando a los diferentes consumidores.

Por 110kV alimenta a las Fábricas de Níquel Ernesto Che Guevara y Pedro Soto Alba, a las subestaciones de 110kV de Centeno del municipio Moa y Baracoa. Este último es alimentado por dos líneas de 33kV. El esquema monolineal se muestra en figura 1 del Anexo 1.

### **Situación problemática**

Debido a las numerosas combinaciones lógicas de las funciones de protección en los relés electromecánicos de distancia y sobrecorriente de los años 70, instalados en la subestación de Punta Gorda la que distribuye la energía para las regiones de Moa y Baracoa, hacen que en este proceso existan muchas operaciones incorrectas en el sistema, la demora en el tiempo de respuesta, las elevadas intervenciones de mantenimiento por frecuentes averías, el consumo adicional de energía, emisión de calor, contaminación sonora que afecta a los operarios de la subestación, hacen que estas sean poco confiables, conduciendo a elevados costos de operación y mantenimiento.

### **Problema**

Frecuentes averías por demora de respuestas del sistema de protecciones electromecánicas, de distancia y sobrecorriente, instalados en la subestación 220kV de Moa, situada en Punta Gorda.

### **Hipótesis**

Si se sustituyen los relés electromecánicos de las protecciones de distancia y sobrecorriente en la subestación 220kV de Punta Gorda por un sistema de protecciones digitales, se podrá reducir el tiempo de respuesta frente a las averías, aumentando la fiabilidad del sistema de transmisión y distribución de energía en la región de Moa y Baracoa.

## **Objetivo General**

- Sustituir los relés electromecánicos de distancia y sobrecorriente del sistema de protecciones instaladas en la subestación 220kV de Punta Gorda, que distribuye la energía para las regiones de Moa y Baracoa.

## **Objetivos Específicos**

- Analizar el sistema actual de protecciones de sobrecorriente y distancia de la subestación de Punta Gorda.
- Ajuste para las protecciones de los interruptores de la subestación de Punta Gorda.
- Instalar un sistema de protecciones digitales, de distancia y sobrecorriente para los interruptores PG 201 y PG 203 de 220kv en la Subestación de Punta Gorda.

## **Tareas de la investigación**

1. Revisión bibliográfica y establecimiento del estado del arte
2. Análisis de las protecciones
3. Análisis de los dispositivos a proteger.
4. ajuste para las protecciones de los interruptores PG 201 y PG 203.
5. Cableado, instalación y programación de los relés digitales propuestos.
6. Valoración de resultados

## **Agradecimientos**

Les agradezco a todas aquellas personas que permitieron y desearon la culminación de este trabajo. No se pueden dejar de mencionar a los compañeros de trabajo y en especial al compañero y amigo Isnel Rodríguez.

En realidad les agradezco a las personas que necesité mucho. Algunos me dieron ánimos, otros me ofrecieron sus medios para que trabajara, otros me guiaron cuando estaba perdido, en fin... les agradezco mucho a todos los que de una forma u otra aportaron en este trabajo.

## **Dedicatoria**

Serían varias las personas a las que les debo dedicar este trabajo: a mi madre y hermanos, como un ejemplo para lograr la motivación necesaria y alcanzar metas iguales o superiores, a mis familiares y amigos, quienes me han apoyado siempre.

A mi esposa e hijas, quienes sembraron el espíritu de sacrificio inagotable en este trabajo.

## Capítulo I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Introducción

Los relés se diseñan para proteger esquemas eléctricos de averías provocadas por las sobrecargas de energía de los cortocircuitos. Han tenido diferentes configuraciones, inicialmente eran electromecánicos, cumplían diferentes funciones pero el principio de funcionamiento se basaba en el mismo que los digitales. Con el avance científico-tecnológico, se desarrollan los sistemas de Protecciones Eléctricas”, así como los Sistemas Eléctricos de Potencia en general.

En este capítulo se hace un estudio desde el mismo inicio del surgimiento de los primeros dispositivos de protección, el estado actual de las protecciones, su funcionamiento, descripción del flujo tecnológico de la subestación, Averías ocurridas, datos de los relés.

### 1.2.- Desarrollo histórico de las protecciones eléctricas.

Las necesidades de continuidad del servicio eléctrico aumentaban a principios del siglo XX y los dispositivos creados (fusibles) no respondían a las exigencias del momento. Esa situación condujo a la aparición, en 1905 del “Relé de Protección”, en su primera variante “Electromecánico”, el cual se conecta al secundario de transformadores de corriente y/o de tensión y envía una señal de desconexión a un interruptor de mayor potencia.

Existe mucha información sobre el funcionamiento de los Relés de Sobrecorriente del tipo inducción y electromecánico. Todos los trabajos encontrados en la primera mitad del siglo XX se dedican al diseño y construcción de unidades de temporización, así como a analizar las características constructivas generales de los Relés de Sobrecorriente electromecánicos.

Para la construcción de Relés con características complejas (Relés Direccionales y de Distancia) se ha utilizado hasta estos días un algoritmo creado desde las primeras variantes electromecánicas. Ellos son conocidos como modelos que comparan la magnitud o la fase de alguna combinación de las señales de entrada. Aunque es cierto que este algoritmo resolvió el problema de la construcción de diferentes tipos de Relés complejos utilizando para ello un mismo circuito magnético, también incorpora coeficientes

adicionales para realizar el ajuste práctico de dichos dispositivos alejados y no relacionados directamente con los ajustes teóricos de los mismos.

En todo este tiempo, desde inicios del siglo XX, se desarrolla la ciencia de las protecciones eléctricas, encargada de estudiar no solo el comportamiento de los Relés, sino todos los dispositivos que conforman un Sistema de Protección. Masson (2004) lo analiza como un “Arte y Ciencia” a la vez dada la complejidad y la cantidad de aspectos subjetivos encerrados en la selección adecuada de los dispositivos y los criterios de ajustes específicos para cada uno de ellos.

En 1960 se desarrollaron los primeros Relés Electrónicos que utilizaban la electrónica analógica, por lo cual se conocen como “Relés Electrónicos”. Los avances de la electrónica de mediados del siglo XX desarrollaron la tecnología de los Relés, comenzando por Relés mixtos que utilizaban componentes electromagnéticos y electrónicos, hasta los que funcionaban completamente con dispositivos electrónicos que se conocen como “Estáticos”. Para esta fecha se crea la primera computadora e inmediatamente se piensa en la idea de la utilización de estas como dispositivos de protección.

Gilcrest y Rockefeller (1971) describen el uso de una Computadora P-2000 de la firma Westinghouse para la creación de una protección de distancia de alta velocidad. La instalación fue llamada “Prodat 70” y contaba con varios módulos electrónicos de adquisición y exportación de datos.

El desarrollo en la electrónica adquiere su máxima expresión en la electrónica digital y el microprocesador. Primeramente se desarrollaron relés que utilizaban dispositivos digitales aislados denominados “Digitales” y luego aparecieron los “Relés basados en Microprocesadores” materializados alrededor del 1980.

En la década del 90 debido a la disminución de los precios de las unidades procesadoras inteligentes se crean nuevos órganos de medición. Gran parte de las tareas en el proceso de extracción de las componentes de las señales, son tratadas mediante software, utilizando para ello convertidores análogos-digitales más rápidos que muestrean las

señales sinusoidales varias veces por ciclos. Esta variante es muy utilizada hoy día en la fabricación de relés que realizan varias funciones de protección en un mismo dispositivo.

A partir de 1994 se generaliza la aplicación de los microprocesadores en los Relés de Protección, creándose dispositivos que no solo hacen la función de protección conocida, sino incluso otras funciones de control requeridas. En 1994 se introduce un nuevo concepto de Protección Diferencial de línea que utiliza la comunicación digital entre dispositivos, reemplazando los cables pilotos que existían hasta el momento. En 1996 se introduce uno de distancia de alta velocidad para Líneas de Transmisión. Alrededor de 1998 comienzan a aparecer en el mercado los dispositivos multifunción, es decir, dispositivos que incluyen muchas funciones de protección y control, que pueden ser empleados en diferentes elementos del sistema. A partir del 2000, se introducen las soluciones totalmente automatizadas para subestaciones. Esta tecnología permite que una subestación eléctrica trabaje con todos sus dispositivos de forma aislada o incluso atendida de forma externa mediante la comunicación por computadoras.

Los Relés basados en Microprocesadores, como ventaja a los digitales clásicos, además de poseer las anteriores características, permiten almacenar eventos, comunicarse con otros dispositivos de protección y aplicar técnicas de Inteligencia artificial en la detección de averías. Desde el punto de vista teórico, contribuyen a lograr mejores comportamientos en cuanto a la velocidad de operación, la sensibilidad y la selectividad necesaria para diferentes casos.

### 1.3.- Características de las protecciones eléctricas.

Las protecciones se caracterizan por ser **principales o de respaldo**. Esto quiere decir que si la primera no actúa por situaciones, la otra la respalda respondiendo a su función.

Se le llama protección a la unión de todos los elementos que participan en ella, desde el transformador de corriente hasta el interruptor que es el desconectivo. En este sentido se le denominan a las partes de una protección: **Elementos de Protección**. Entre estos tenemos el de comparación, que acciona cuando el valor de los parámetros medidos supere el nivel de ajuste (elementos de máxima) o cuando estos parámetros estén por debajo del valor de ajuste (elementos de mínima). Es muy fácil convertir un elemento de máxima en uno de mínima o viceversa.

La acción de las protecciones nunca es instantánea aunque se han logrado tiempos muy pequeños, siempre hay un retraso entre la ocurrencia de la falla y la desconexión del mismo, en esto influyen los retardos de tiempo de cada uno de los elementos de la protección. En ocasiones, estos presentan una demora de tiempo que no tiene relación alguna con el valor o nivel del fenómeno transitorio. Esta característica es tratada por algunos autores como elementos de **tiempo definido** y elementos de **tiempo inverso**, porque generalmente en los segundos, el tiempo tiene relación inversa al nivel del parámetro que mide.

La localización de las protecciones es variable, pero por lo general está situada en el lugar donde enlaza con el elemento que le sirve de alimentación. Muchas veces la protección se instala a ambos lados. En ocasiones no están divididas en partes. El mismo equipo mide las corrientes, compara y acciona o desconecta al elemento averiado, dentro de ellos se encuentran los fusibles, interruptores automáticos, algunos relés térmicos. En ocasiones estos dispositivos son diseñados de tal forma que se comportan siguiendo una única característica, no puede ser cambiado su principio de operación. Esta característica divide a las Protecciones en **Ajustables o No Ajustables**. Las protecciones no ajustables únicamente hay que **seleccionarlas** adecuadamente.

La calibración juega un papel importante. Este concepto un poco antiguo, apareció con los elementos electromagnéticos y mixtos (electrónicos y electromagnéticos) y está relacionado con el mantenimiento del dispositivo. Cuando la protección lleva un tiempo de operación, hay que verificar si sus parámetros son adecuados, nótese que puede haber estado instalado y como no ocurrió ningún fallo, no ha actuado jamás. Para hacer estas verificaciones, el fabricante brinda algunas reglas que lo permiten y siguiendo adecuadamente estos procedimientos se podrá llevar al dispositivo a su estado inicial, es decir, a su funcionamiento óptimo.

Las protecciones electromecánicas pueden tener varias formas constructivas aunque el principio de operación es el mismo, en la figura 1.1, se muestran las formas de algunas de ellas. En el anexo 1 figura 2 y 3 se muestran los relés a retirar.

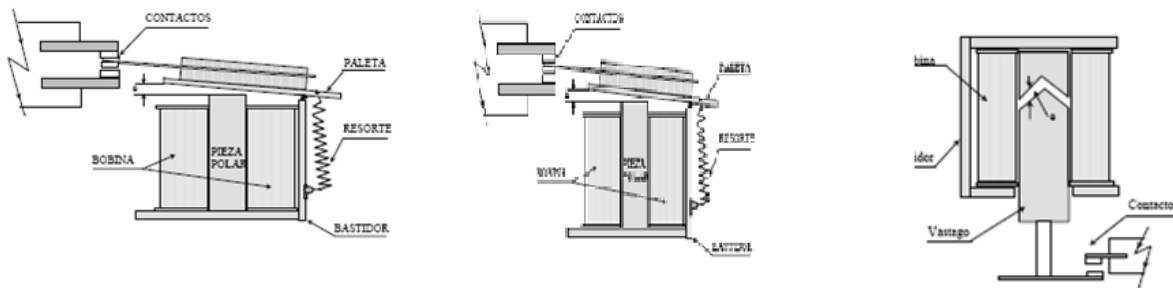


Figura 1.1 Relés Electromecánicos.

#### *Ventajas de las protecciones electromecánicas*

- Pueden ser utilizadas en C.D y en C.A.
- Son de construcción simple y robusta
- Sus estructuras son de bajo costes
- Pueden ser de autorreposición o de reposición manual
- Pueden disponer de múltiples contactos
- Buena presión de contactos

#### *Desventajas de las protecciones electromecánicas*

- Par con vibraciones, sobre todo en C.A.
- Respuesta más baja con ondas de contenido con componente continua que de onda simétrica de C.A.
- Bajo valor de reposición (sobre todo en C.A)
- Poca precisión en respuesta y en caída
- Mayor mantenimiento debido a la tendencia al desajuste

### **1.4.- Tipos de protecciones asociadas a los relés digitales propuestos.**

Las protecciones eléctricas en la actualidad se diferencian según la función a realizar, el tiempo y la precisión de la respuesta, las dimensiones, el tipo de variable a controlar, equipo a proteger entre otros elementos.

Según la función se pueden enumerar las siguientes.

#### **1. Protección de *distancia***

2. Protección contra **Sobrecorriente**
3. Protección Diferencial
4. Protección de Gas o Bushoolz
5. Protección UROV
6. Protección Direccional
7. Protección contra S/V
8. Protección contra marcha asincrónica
9. Protección de alta temperatura

#### 1.4.1.- Protección de distancia

En los relés de distancia, existe un balance entre voltaje y corriente, la que se expresa en impedancia. Esta es una medida eléctrica de la distancia a través de la línea. Lo que explica el nombre dado a estos relés. Esta última tiene una relación proporcional con la distancia entre el punto de colocación del Relé y el lugar de la falla durante el cortocircuito.

Son utilizadas como protecciones secundarias. Este papel secundario lo toma por la desventaja que poseen de no proteger el 100% de las líneas; es decir, por naturaleza o funcionamiento no es sensible de forma instantánea a todos los fallos hasta el final de la línea, dejando desde un 10 a 15% sin protección.

#### 1.4.2.- Protección con Relés de Sobrecorriente

Están instalados varios Relés de Sobrecorriente, dependiendo el tipo de actuación relacionado a la corriente de cortocircuito se clasifican en (tiempo independiente o constante ó de tiempo dependiente). Su clasificación es variada. Según la forma de temporización, de tiempo definido y tiempo inverso. Por la componente de la señal medida, existen Relés de Fase, de Secuencia Negativa y de Secuencia Cero.

Los de Sobrecorriente de fase, miden el valor eficaz de la corriente y se activan cuando estos valores superan un valor establecido por el usuario. En el caso de los de Secuencias, la diferencia radica en que el valor eficaz es extraído de la componente de secuencia negativa o cero.

### **1.4.3.- Protecciones Diferenciales de Corriente**

Las protecciones diferenciales basan su funcionamiento en la primera Ley de Kirchhoff. La suma de todas las corrientes que salen y entran a un nodo debe ser cero. Esta operan cuando cuando la diferencia vectorial de 2 o más cantidades eléctricas excede un valor determinado. Existen factores que lo afectan. La polaridad de los TC, la relación de transformación, su posible saturación, la diferencia entre la magnitud y el ángulo de las corrientes medidas, entre otros, son ejemplos de estos factores.

### **1.4.4.- Protección de Gas o Buchholtz**

Adicionalmente a la protección diferencial, los Autotransformadore 1 y 2 AT sumergido en aceite con depósito de expansión cuenta con este relé, para la protección de defecto en el interior de los mismos. Basado que el aceite esta precedido de una series de fenómenos, sin gravedad, a veces imperceptibles que a la larga provoca la destrucción de los autotransformadores, al detectar los primeros síntomas de perturbación, avisa mediante una señal acústica u óptica. Su principio de funcionamiento se basa en el almacenamiento de gases productos a los diferentes fenómenos que aparecen dentro de los transformadores, tales como cortocircuitos, chisporroteo, manipulación de los conmutadores (taps), entre otras. Los defectos se pueden identificar por el color de los gases.

### **1.4.5.- Las Protecciones UROV**

La protección UROV posee dos reles de respaldo que actúan contra fallas mecánicas de los interruptores. Al ocurrir una falla y no abrir los contactos de los interruptores estos relé, mandan a abrir a los que aporten a la falla.

### **1.4.6.- Relés Direccionales**

Estos son utilizados en combinación con los Relés de Sobrecorriente, para detectar los cortocircuitos en una dirección determinada. Los Relés Direccionales de Potencia (32) son combinados con Relés de Baja tensión y/o Baja Frecuencia, para detectar una inversión peligrosa del flujo de la potencia [60].

### 1.5.- Descripción de fallas comunes en el sistema.

En el sistema ocurren fallas propias y causadas por deterioro de las instalaciones, envejecimiento de los elementos que componen el sistema, por fuerzas naturales, problemas presentados por los equipos y los errores de manipulaciones del personal de operación.

En los sistemas trifásicos se pueden dar cuatro tipos de faltas:

- Falla trifásica.
- Falla entre dos fases.
- Falla de fase a tierra.
- Falla de dos fase a tierra simultáneamente

Entre las más comunes tenemos

1. Cortocircuito entre fase
2. Cortocircuito a tierra
3. Aperturas de puentes
4. Descargas atmosféricas
5. Pérdida del aislamiento en aisladores

Las ecuaciones que regulan la relación entre las tensiones e intensidades en el punto de ubicación de las protecciones, son diferentes para cada modalidad de fallas. Esto obliga a alimentar los relés con las magnitudes eléctricas adecuadas para que las unidades de distancia puedan medir correctamente las impedancias de falla.

#### 1.5.1.- Fallas entre fases

Hemos representado los circuitos de las componentes directa e inversa de una falla entre dos fases que en nuestro caso, vamos a suponer que sea entre las fases **b** y **c**

Las componentes directa e inversa de la tensión en el punto F de falla son iguales y por lo tanto,

$Z_{F1} = Z_{F2}$  esta es  $E_1 - Z_{F1}I_1 = E_2 - Z_{F2}I_2$  donde  $E_1, E_2, I_1, I_2$ , representan las componentes simétricas de las tensiones e intensidades del sistema en el punto A de ubicación de las protecciones, siendo iguales las componentes directa e inversa de la impedancia

$$Z_{F1} = Z_{F2}$$

Esto significa que  $Z_{F1} = \frac{E_1 - E_2}{I_1 - I_2}$  Las tensiones en este mismo punto vendrán expresadas

por  $E_b = E_0 + a^2 E_1 + a E_2$  y  $E_c = E_0 + a E_1 + a^2 E_2$  lo que

$$E_b - E_c = (E_1 - E_2)(a^2 - a)$$

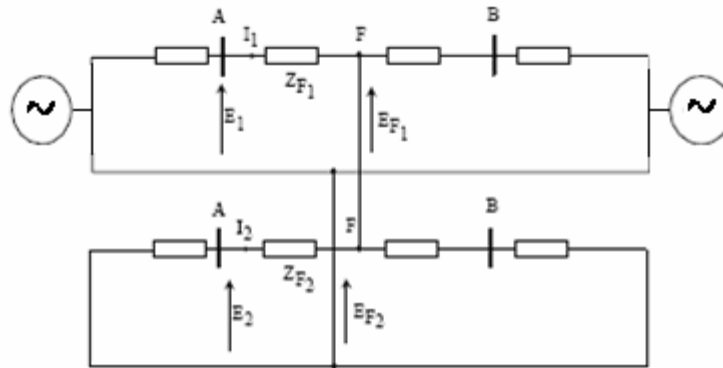


Fig. 1.3 Circuito de componentes simétricas para una falla F entre la fase b- c

Y de forma análoga  $I_b - I_c = (I_1 - I_2)(a^2 - a)$  resultando  $Z_F = \frac{E_1 - E_2}{I_1 - I_2} = \frac{E_b - E_c}{I_b - I_c}$

Las expresiones anteriores indican que si conectamos la unidad de distancia a la tensión compuesta entre las fases **b-c** y la alimentamos con la diferencia de las intensidades de esas dos mismas fases, la unidad medirá la componente directa de la impedancia a la falla, cuando esta se produzca entre las fases **b** y **c**. Un análisis similar para las fallas entre las fases **a-b** y **c-a** nos conduciría a las mismas conclusiones.

### 1.5.2- Fallas de dos fases a tierra

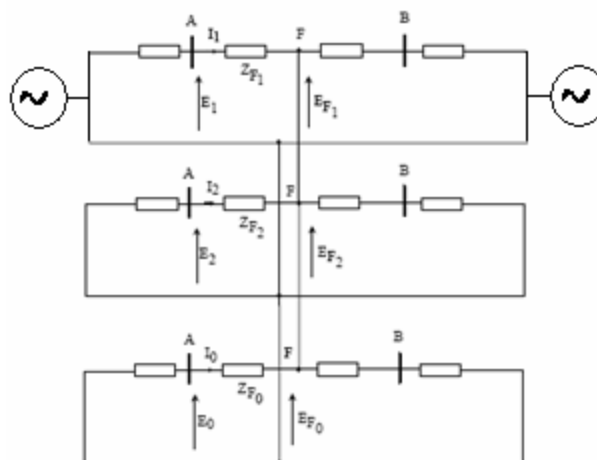


Fig 1.4 Circuito de componentes simétricas entre las fases b-c y tierra

En este caso  $E_1 = E_2 = Z_1 I_1 = Z_{f1} I_a$  y también  $E_2 - E_0 = I_2 = I_0$  para las fases b y c se tiene  $E_b = a^2 E_1$  esto conduce a las expresiones.

$$E_a - E_b = (E_1 - E_2)(a^2 - a)$$

$$\frac{E_a - E_b}{I_a - I_b} = \frac{E_b - E_c}{I_b - I_c} = \frac{E_c - E_a}{I_c - I_a} = Z_{F1}$$

### Fallas a tierra

Para las fallas entre una fase y tierra, por ejemplo la fase a y b (tierra), haríamos las conexiones de los circuitos de componentes simétricas para dos fases y tierra, pero acomodadas en este caso, a una falla entre a y b. Las tensiones e intensidades serán:

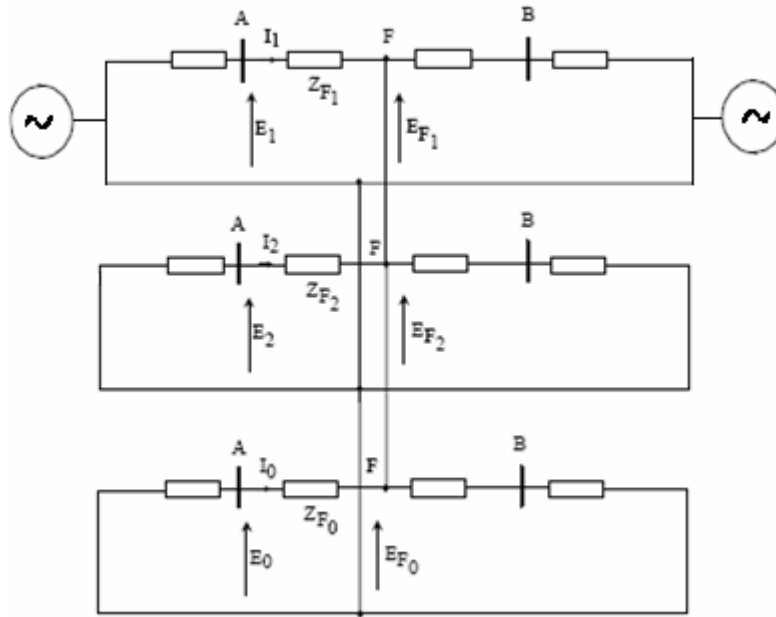


Fig 1.5 Circuito de componentes simétricas

$$E_{F1} = E_1 I_1 \quad E_{F2} = E_2 - Z_{F1} I_2 \quad E_{F0} = E_0 - Z_{F0} I_0 \quad \text{Y como } E_{aF} = E_{F0} + E_{F1} + E_{F2}$$

$$E_{aF} = (E_0 + E_1 + E_2) - (I_1 - I_2)Z_{F1} - I_0 Z_{F0} = 0 \quad \text{Si en esta última ecuación sustituimos}$$

$$(I_1 + I_2)Z_{F1} + I_0 Z_{F0} \text{ por } (I_1 + I_2 + I_0)Z_{F1} + I_0(Z_{F0} - Z_{F1}) \text{ Tendremos}$$

$$E_{aF} = E_a = I_a Z_{F1} - I_0(Z_{F0} - Z_{F1}) \text{ ya que } (I_0 + I_1 + I_2) = I_a \text{ y continuando,}$$

$E_a = I_a Z_{F1} - I_0 (Z_{F0} - Z_{F1})$  Por lo tanto,  $\frac{E_a}{Z_{F1}} = I_a + I_0 \frac{Z_{F0} - Z_{F1}}{Z_{F1}} I_a + KI_0$  donde tenemos la

ecuación de una nueva intensidad  $I_a^i = I_a + KI_0$  este valor  $K = \frac{Z_{F0} - Z_{F1}}{Z_{F1}} = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}$  siendo

$Z_0$  y  $Z_1$  las componentes homopolares y directas de la impedancia total de la línea.

La expresión  $\frac{E_a}{I_a} = Z_{F1}$  significa, que si una unidad de distancia se energiza con una

tensión de fase y la intensidad de esa misma fase es compensada con  $KI_0$ , esa unidad también medirá la impedancia directa de la falla. Este factor K es un número real y en líneas aéreas su valor oscila entre 1,25 y 2,50, siendo 2 un valor aceptable y en una línea de transmisión, a  $Z_0 = 3Z_1$ .

### 1.7- Conclusiones.

Las protecciones aparecen con el primer sistema eléctrico de Potencia y en un siglo alcanzan un desarrollo tecnológico sorprendente comenzando con dispositivos electromagnéticos hasta dispositivos digitales. Por considerarse adecuado para su aplicación en la disminución del tiempo de respuesta frente a operaciones incorrectas en los sistemas de protecciones se están implementando la sustitución del relé electromecánico por los digitales.

## **Capítulo II. Materiales y Métodos empleados para la sustitución de los relés de protección.**

### **2.1-Introducción**

En este capítulo se presenta un análisis de los materiales y métodos para determinar la posibilidad de sustituir las protecciones que se encuentran funcionando hasta la actualidad; presentando un sin números de averías que dificulta el funcionamiento de la subestación en aras de transmitir la energía eléctrica a los consumidores y llevar el buen control de los eventos ocurridos en el sistema. En este se hace uso de los materiales necesarios, para realizar el cambio de los relés, determinando los valores correctos para el buen funcionamiento de los mismos.

### **2.2- Materiales y equipos para la sustitución.**

Para realizar la sustitución propuesta es necesario disponer de materiales, equipos e instrumentos que permitan realizar los trabajos de medición de las diferentes variables a controlar, para garantizar el correcto funcionamiento de la nueva instalación.

#### **2.2.1 Instrumentos de medición**

Con el multímetro digital marca FACOM 711 (fig. 2.1) de capacidad 10A, 600V se medirán los valores de tensión, en las regletas del panel (Y6) en los puntos (+шщ and - шщ), donde se alimentaran los relés, también se empleará este instrumento para medir la integridad de los circuitos de corriente en el panel (P20) en los puntos de 1 al 15, se debe controlar la continuidad para que no exista ningún circuito abierto (Ver figura 2.1 Anexo 2).



Figura 2.1. Multímetro digital FACOM 711

El megger digital marca BM25 de capacidad 5kV se empleará para medir la resistencia de aislamiento en los circuitos de corriente y potencial, para comprobar el estado de aislamiento de los conductores con respecto a tierra, en las regletas del panel (P20) en los puntos de 1 al 15 y del 17 al 22 (ver Anex 2 figura 2.1), antes y después de la sustitución.

La maleta SMC-ISA (fig. 2.2) que posee sistema trifásico completo en dos unidades (PTE-300-V/PTE-50-CET), salidas reversibles (hasta 6 corrientes, 6 tensiones), intensidad trifásica variable hasta 3 x 50A o 3 x 150V, tensión trifásica variable hasta 3 x 300V o 3x 8A. Ángulo de fase variable de 0°- 360°, independiente por canal de salida. Frecuencia fundamental variable entre 40 y 420Hz, programación de rampas de frecuencia, con velocidad de cambio seleccionable entre 0.01 Hz/s. A 10Hz/s, salto instantáneo de frecuencia de un valor a otro, selección de armónicos, independiente por fase de intensidad hasta el 7<sup>mo</sup>, 100VA de potencia de salida, por canal. Salidas totalmente aisladas. Regulación manual de los niveles de salida y ángulos de fase, independiente por canal.  $\hat{U}$  arrastrados en bifásica o trifásica. Con dicha maleta se realizaron las pruebas al relé antes de ponerlo en servicio.



Figura.2.2 Maleta de calibración SMC-ISA

Los oscilogramas de las simulaciones, visualización y distancia de las fallas en las líneas se realizan empleando el software "SIGRA", los que se desarrollarán a través de una LAPTOP HP COMPAC nc6120 de 1GB de SDRAM y 3,6GHz.

### 2.2.2.- Dispositivos de protección a emplear

Se emplearán dispositivos digitales para la sustitución de los relés electromecánicos, dentro de ellos están los relés de la marca SIEMENS de tipo 7SA 522 de protección de distancia y el 7SJ 63 para la protección de sobrecorriente.

La gama de relés SIEMES está especial mente calificada para ser usada como protección eléctrica por su alta fiabilidad y su extenso concepto de monitorización. Estos han presentado la mayor calidad y eficiencia en la historia de las protecciones de los sistemas de potencias y demuestran su amplia gama de explotación. Además sus componentes son de excelente calidad y se pueden adquirir en el mercado mundial. Son equipos de protección de servicio digital, para todos los niveles de tensión, de múltiples aplicaciones, mando y automatización. Su alta flexibilidad permite su aplicación a cualquier nivel de tensión entre 5 kV y 765. Ver figura 2.3



Figura 2.3 relés propuestos.

#### **2.2.2.1 Relé de protección de distancia**

La protección de distancia SIPROTEC 4 7SA522 es un equipo selectivo y rápido para líneas aéreas y cables, que pueden estar alimentados tanto de un lado como de varios lados, en redes radiales, de anillo o malladas de cualquier nivel de tensión. El neutro puede estar puesto tierra, compensado o aislado.

El equipo está equipado con todas las funciones que son normalmente requeridas para la protección de línea y por lo tanto es aplicable en forma universal. Este tiene también aplicación como protección de reserva con escalonamiento de tiempo para las funciones de protección por comparación para todo tipo de líneas, transformadores, generadores, motores y barras para cualquier nivel de tensión.

Pueden intercambiar informaciones mediante esquemas de teleprotección a través de líneas o interfaces opcionales para datos de protección utilizando medios de comunicación dedicados (por lo general conductores de fibra óptica) o a través de una red de comunicación.

La función básica del equipo es determinar la distancia a la falla mediante los procedimientos de medida de distancia. Especialmente para la detección de fallas complejas multifásicas, la medida de la distancia se efectúa bajo un concepto multisistemático. Diferentes procedimientos de detección de fallas permiten una amplia adaptación a las condiciones. El neutro puede estar aislado, compensado o puesto a tierra (con o sin límite de la intensidad a tierra).

### Propiedades generales

- Sistema microprocesador de 32 bit de alta potencia.
- Tratamiento digital completo de los valores de medida y control desde el proceso de muestreo y digitalización de las magnitudes de medida hasta la decisión de cierre o disparo de los interruptores de potencia
- Aislamiento galvánico íntegro y libre de interferencias entre los circuitos internos de elaboración y los circuitos de medida, control y alimentación de la instalación mediante transformadores de medida, módulos de entrada/salida binarios y rectificadores de corriente continua
- Amplio número de funciones, todas las normalmente requeridas para la protección de línea
- Operaciones de servicio fáciles mediante el panel frontal integrado o mediante un PC conectado utilizando software DIGSI.
- Memorización de avisos de perturbación como también de los valores instantáneos para una perturbografía
- Protección para todo tipo de cortocircuitos en redes con neutro puesto a tierra, compensado o aislado;
- Opcionalmente, característica de disparo poligonal o característica MHO;
- Diferenciación correcta entre condiciones de carga y condiciones de cortocircuito, también en líneas de gran longitud y con sobrecarga;
- Alta sensibilidad durante el funcionamiento a baja carga, estabilidad muy alta frente a los cambios bruscos de carga y oscilaciones de potencia;

- Adaptación efectiva a las condiciones de la línea mediante la característica de disparo poligonal con diversos parámetros configurables y „cono de carga“ (sección de la posible impedancia de carga);
- 6 sistemas de medida para cada zona de distancia;
- 6 zonas de distancia, opcionalmente en dirección hacia adelante, hacia atrás o no direccionales, una de ellas configurable como zona de sobrealcance;
- 9 escalones de tiempo para las zonas de distancia;
- Determinación direccional (para característica poligonal) o bien polarización (para característica circular MHO) con tensiones ajenas al cortocircuito y memoria de tensiones, por lo cual resulta una sensibilidad direccional sin límite y sin influencias de los procesos de compensación capacitiva de los transformadores de tensión;
- Apropiado para líneas con compensación serie;
- Insensible en caso de saturación del transformador de intensidad;
- Posible compensación contra las influencias de una línea paralela;
- Tiempo mínimo de disparo aprox. 17 ms (con  $f_N = 50$  Hz) o 15 ms (con  $f_N = 60$  Hz);
- Disparo de una fase segregada (conjuntamente con reenganche monopolar o tripolar y reenganche automático);
- Disparo inmediato por cierre sobre falla;
- Adaptación de la impedancia a tierra mediante dos pares de valores de ajuste.

#### 2.2.2.2 Relé de protección de sobrecorriente

El equipo numérico de protección multifuncional SIPROTEC® 7SJ63 se aplica como equipo de protección, control y mando para las salidas de barra colectora. Como protección de línea el equipo puede ser instalado en redes con conexión de punto estrella puesta a tierra por directo o por baja impedancia, aislada o compensada. Es apropiada para redes radiales alimentadas por un lado, redes en anillos de configuración abierta o cerrada, como también para líneas de doble alimentación.

Este contiene las funciones necesarias usuales para la protección, la vigilancia de la posición del interruptor y para las funciones de mando de las unidades de conmutación en las barras colectoras simples y dobles. También, como protección de reserva de tiempo

para los equipos de protección diferenciales de cualquier tipo para líneas, transformadores, generadores, y barras colectoras para todas las tensiones eléctricas.

#### Función del relé

La función básica es una protección de sobreintensidad temporizada no direccional. Ésta tiene respectivamente dos escalones independientes de la corriente (tiempo definido) y un escalón dependiente (tiempo inverso) para las corrientes de fase y la corriente a tierra. Para el escalón de tiempo inverso, es disponible una serie de curvas características de diferentes Standard. Opcionalmente, se puede ajustar una curva característica definida por el usuario.

El equipo dispone de una función de mando, con la cual es posible conectar y desconectar las unidades de conmutación por teclas operacionales, por la interfase del sistema, vía entradas binarias y mediante el PC y el programa de servicio DIGSI® 4 .

Para la comunicación con sistemas externos de servicio, mando o memorización se disponen de interfaces.

Un conector DSUB en la parte frontal sirve para la comunicación local con un PC.

Mediante el programa de servicio DIGSI® 4 de SIPROTEC® se pueden efectuar, por las interfaces operacional, todas las operaciones de servicio y evaluación, como determinación y modificación de los parámetros de configuración y ajuste.

#### Propiedades

- Sistema de microprocesador de 32 bit de tecnología avanzada.
- Elaboración de valores de medida y funciones de mando completamente numéricos desde el proceso de muestreo y digitalización de las magnitudes de medida hasta la decisión de cierre o disparo para el interruptor de potencia.
- Aislamiento galvánico íntegro y libre de interferencias entre los circuitos internos de elaboración y los circuitos de medición, control y alimentación de la instalación mediante transformadores instrumentales de medida, módulos binarios de entrada/salida y rectificadores de corriente continua.
- Capacidad completa de las funciones necesarias para la protección y el control de una salida de línea o una barra colectora.
- Extensas funciones adicionales como opción de pedido.

- Cálculo permanente y señalización de los valores de medida sobre la parte frontal.
- Operaciones de servicio fáciles mediante el panel integrado de servicio y señalización o mediante un PC conectado con programa de guía.
- Memorización de avisos de perturbación como también de los valores instantáneos para una perturbografía.
- Posibilidad de comunicación con unidades centrales de control-mando y de memorización por los interfaces serie, opcionalmente por línea de datos, módem o fibras ópticas.
- Supervisión permanente de los valores de medida como también del hard- y software del equipo.

### 2.2.2.3- Otros materiales

Los breakers de alimentación tipo POWER CB6 con capacidad de 5 amperes están instalados en los paneles de corriente directa Y6 los cuales se alimentan de los puntos (+шц y - шц) alimentando los relés en el panel (P20) en los puntos. (k1 y k2 del relé.)

Los cables de 7 vías por 1.5mm se utilizaron en el cableado de las regletas del panel (P 20) para el control y señalización de los diferentes elementos asociados al relé. (Ver Figura 2.1 Anexo 2).

Los de 7 vías por 4mm fueron utilizados en el cableado de las regletas en el panel (P 20) para la conexión con los elementos de fuerza que intervienen en el correcto funcionamiento de estos equipos. (Ver figura 2.1 Anexo 2).

Estos rele' con características ya explicadas anteriormente, fueron instalados en los paneles de protecciones P20 y (P16). De los interruptores de entradas 201 y 203 donde se ubican los complejos de las protecciones de distancia y sobrecorriente electromecánicos a retirar. Se hace mención en el desarrollo del trabajo solo al panel 20 ya que para el panel 16 es ídem. (Ver figura 2.2 Anexo 2).

En estos paneles están montados cuatro relés SIEMES que monitorean el comportamiento de las líneas. Dando respuestas frente a las averías producidas, registrando las fallas, osciloperturbografía y eventos para los análisis, y la distancia de falla.

### 2.3.- Conexión y lógica de los relés digitales.

Este proceso es muy importante, ya que es quien define el trabajo a realizar por los equipos que se pondrán en servicio, de esto depende el correcto funcionamiento de ellos, así como el destino de cada elemento.

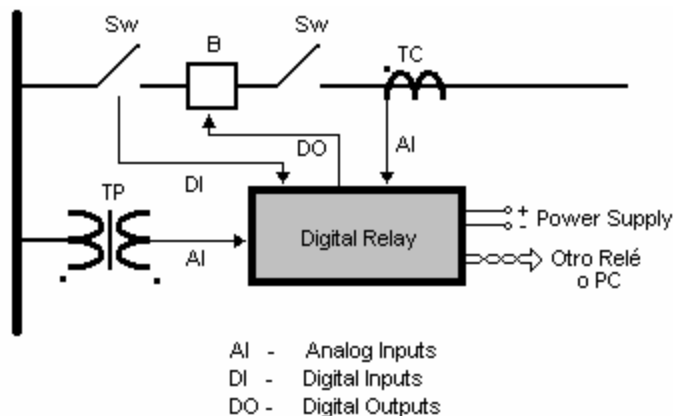


Figura 1.2. Conexión de los relés digitales

Figura. 2.3.1 Diagrama esquemático de CD. Alimentación del relé y entradas binarias. Protección de sobrecorriente.

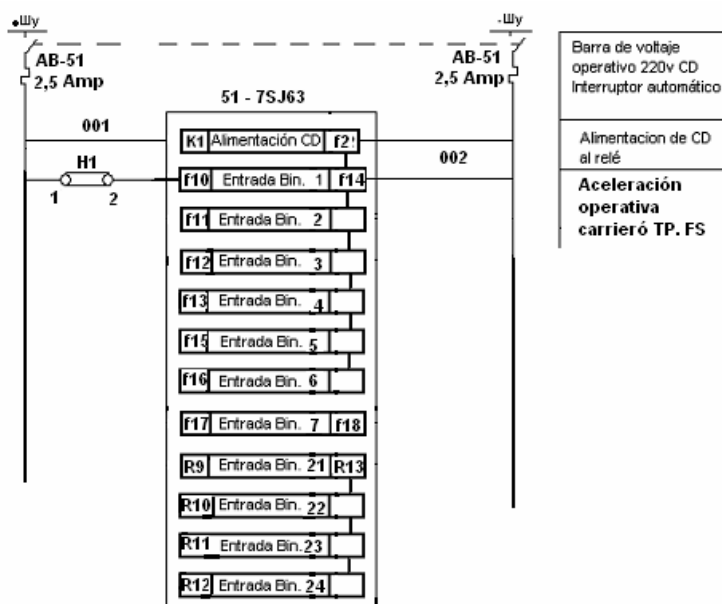


Figura. 2.3.2 Diagrama esquemático de CD. Alimentación del relé y entradas binarias. Protección de distancia.

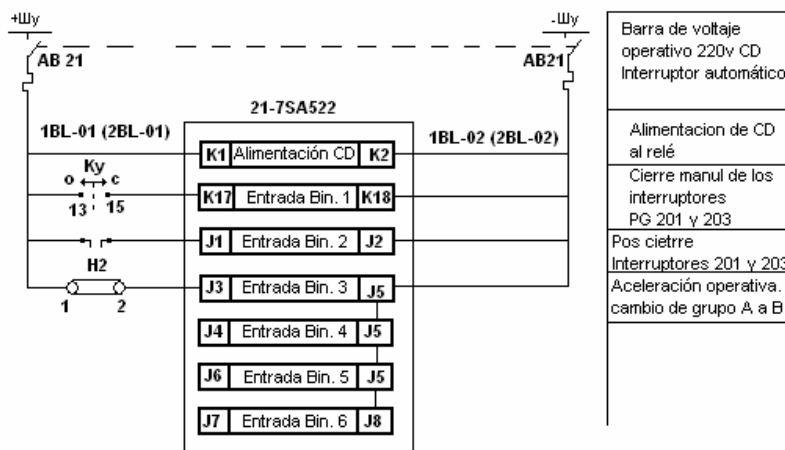


Figura. 2.3.3 Diagrama esquemático de los circuitos de potenciales 220kv relés 21 y 51 7SA522 y 7SJ63.

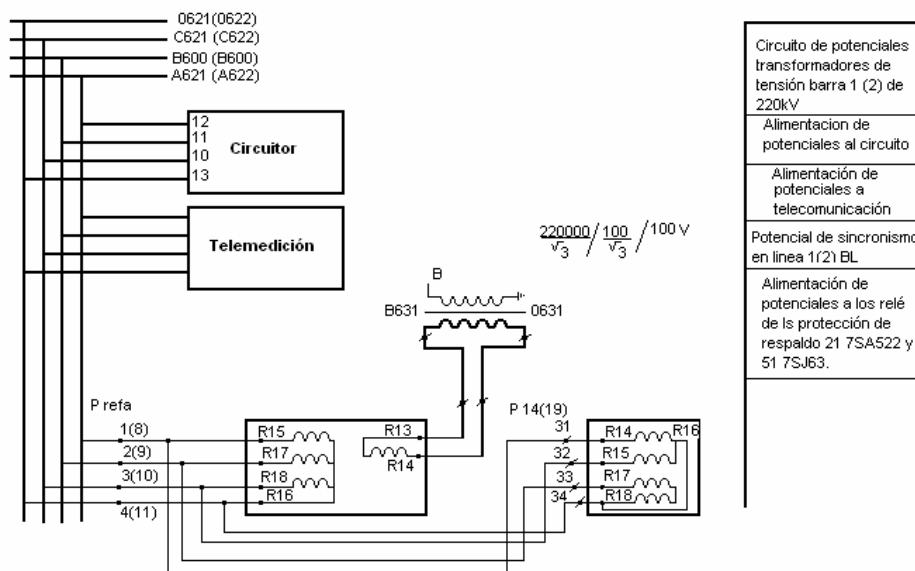


Figura. 2.3.4 Diagrama esquemático de CA. Circuitos de corriente. TC alas protecciones de respaldo. 7SA522 y 7SJ63

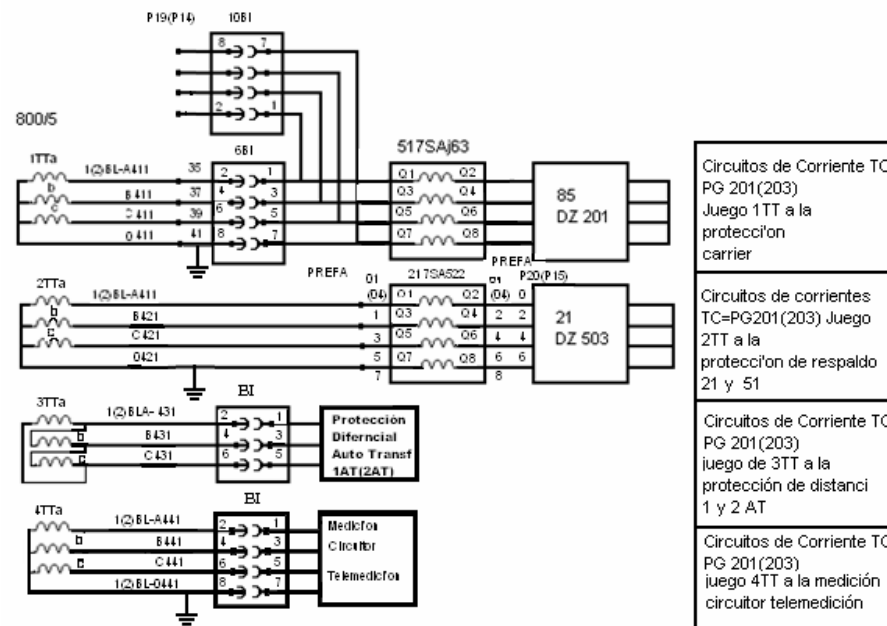
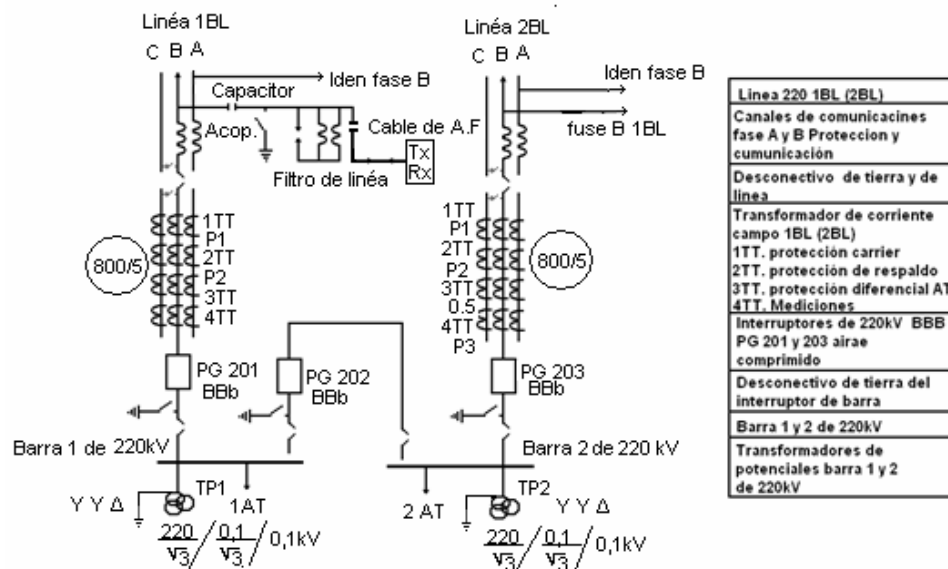


Figura. 2.3.5 Monolineal explicativo de las protecciones de los interruptores PG 201 y 203



## 2.4.- Programación de los led en la matriz.

Esta se realiza para determinar el trabajo de los relés, el operario se auxilia de esta información lumínica para observar las señalizaciones que existen frente a los eventos ocurridos en las averías sin tener que utilizar la PC. Ver anexo 2 tabla 1

## 2.5.- Ajustes para fallas en las líneas.

El ajuste de los datos de línea se basa en los datos comunes independientes del escalonamiento concreto de las protecciones.

El ángulo de la línea (dirección 1105 ÁNGULO IMP.LÍN.) puede ser determinado con la constante de la línea. Se aplica:

$$\tan \varphi = \frac{X_L}{R_L} \quad o \quad \varphi = \arctan\left(\frac{X'_1}{R'_1}\right) . . . . . 2.1$$

Con:

$R_L$ .- resistencia real de la línea

$X_L$ .- reactancia de la línea a proteger.

Estos datos de línea son aplicados para la línea completa o como valores relativos de longitud, ya que los cocientes son independientes de la longitud. Para los cocientes no importa si éstos son calculados con valores primarios o secundarios.

El ángulo de línea tiene un papel importante, por ejemplo, en la adaptación de la impedancia a tierra según la magnitud y ángulo o para la medida de las componentes simétricas en la protección.

Los valores de ajustes están relacionados con los parámetros de las líneas, (Impedancia, corriente de servicio máxima, etc.) y se mostrará una metodología (Chernobrovov, 1974<sup>9</sup>).

$$\underline{Z}'_{op_{21(n)}} = K_{Seg} \cdot \underline{Z}_{L1} \quad 2.3$$

$$K_{seq} \approx (0.85 \div 0.90)$$

$$T'op_{21(n)} = 0$$

Estos relé de distancia poseen características de temporización escalonada muy similar a los relés de sobrecorriente pero su principio de acción es bien diferente. Este tipo de relé mide tensión además de corriente y opera para el valor determinado por la relación de

$$Z_r = \frac{U_r}{I_r} \quad \dots \dots \dots 2.4$$

Zr: Valor de impedancia ideal calculado por el relé.


$$\underline{U}_{AB} = \underline{I}_A \cdot \underline{Z}_{1k} - \underline{I}_B \cdot \underline{Z}_{1k} = (\underline{I}_A - \underline{I}_B) \underline{Z}_1 L \quad 2.5$$

L: Longitud de la línea







$$t = M \left( A + \frac{B}{(I - C)} + \frac{D}{(I - C)^2} + \frac{E}{(I - C)^3} \right) \quad 2.15$$

A, B, C, D, E: valores constantes que dependen del grado de inversión que se esté utilizando.

- Tensión máxima
- Tensión mínima
- Corriente máxima
- Corriente mínima
- Impedancia de la línea
- Reactancia
- Inductancia
- Distancia del circuito a proteger
- Características del sistema de generación

## 2.6.- Conclusiones.

Se utilizaron los materiales y métodos para el cambio de las Protecciones con los modelos: Relés 7SA552 y los 7SJ63, haciendo valoraciones de las fallas más comunes, estos dispositivos digitales modernos han incorporado nuevas facilidades que hacen más eficaz la protección de la líneas tales como: almacenamiento de eventos, lógica flexible, distancias de fallas, entre otras.

Con la puesta en servicio de estos relés para la protección de los interruptores de líneas PG 201 y 203 de la subestación. Se obtuvieron resultados que permitieron su puesta en servicio, eliminando los problemas que existían con los relés retirados, en la selectividad, sensibilidad y la velocidad de operación. Igualmente se brindaron soluciones que fueron comprobadas mediante la simulación.

La metodología desarrollada y aplicada a estos casos de protección de las líneas 220kV de la subestación de Punta Gorda Potencia, puede ser utilizada para la comprobación de la selección y los ajustes de protecciones, en cualquier posición del Sistema Eléctrico de Potencia.

## **Capítulo 3: Análisis de los resultados**

### **3.1 Introducción**

La valoración técnica, económica y medioambiental. Es una parte fundamental de todo proyecto, debido a que son el parámetro que define el desarrollo, del proyecto, brindando la información necesaria para el entendimiento de los resultados de la investigación. En este capítulo se mostraran los resultados obtenidos, se da a conocer los ahorros relacionados con la sustitución de los relés digitales permitiendo una mejora para la economía así como el impacto medio ambiental.

### **3.2.- Valores para los puntos de medición**

Se midió los valores de tensión en los puntos (+щц y - щц) y la integridad de los circuitos de corriente para ajustar los relés a instalar, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.1 y 3.2, como se observa los resultados obtenidos son apropiados para el ajuste correcto de los relés a instalar.

Tabla 3.1. Tensión en los puntos medidos

| Punto        | Tensión de alimentación del relé (V) |
|--------------|--------------------------------------|
| (+щц y - щц) | 220V                                 |

Tabla 3.2. Integridad de los circuitos de corriente

| Juego de TC No 1 para la 21 | Valor        | Juego de TC No 2 para la 51 | Valor        |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| 1-2 AB                      | 0.9 $\Omega$ | 5-6-AB                      | 1.0 $\Omega$ |
| 1-4 A0                      | 0.6 $\Omega$ | 5-8 A0                      | 0.7 $\Omega$ |
| 2-3 BC                      | 1.0 $\Omega$ | 6-7 BC                      | 1.0 $\Omega$ |
| 2-4 B0                      | 0.7 $\Omega$ | 6-8 B0                      | 0.6 $\Omega$ |
| 3-2 CA                      | 1.9 $\Omega$ | 7-6 CA                      | 1.0 $\Omega$ |
| 3-4 C0                      | 0.7 $\Omega$ | 7-8 C0                      | 0.6 $\Omega$ |

Se mide la resistencia de aislamiento en los circuitos y cables en los puntos (1 al 15), (17 al 22), de las regletas del panel (P20). Como se observa los resultados obtenidos son apropiados para el trabajo correcto de los relés a instalar. Ver tabla 3.2

Tabla 3.3. Valores obtenidos en la integridad de los circuitos de corriente y cables principales.

| No. Del cable | Señales                 | Volt. aplic. (V)<br>En 1 minuto | R aislam.<br>Mohmios | Integridad<br>Ohmios | Uso                             |
|---------------|-------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|
| 6BK-1         | A411, B411, C411        | 500                             | 24                   | 3.5                  | Protecc. Difer. 1AT.            |
| 6BK-1         | A421, B421, C421        | 500                             | 27                   | 3.5                  | Protecc. Difer. 2AT.            |
| 6BK-1         | A431, B431, C431, 0431. | 500                             | 26                   | 3.9                  | Protecc. C60 201 y PG203.       |
| 6BK-1         | B441, 0441              | 500                             | 27                   | 4.1                  | Circuito de medic. Amperímetro. |

Circuitos de corriente directa.

| No. Del cable o circuito | Señal          | Volt. aplic. (V)<br>En 1 minuto | R <sub>aislam.</sub> MOhm | Integridad MOhm | Uso                           |
|--------------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 6BK-6 6BK-7              | + y –vs tierra | 500                             | 24.5                      | 2.48            | Control del Int. PG201 y 203. |

### 3.3.- Ajustes de los relés.

Los ajustes son lo que permiten el buen funcionamiento de la lógica del relé, para esto se cuenta con el software X.TEST 3000 propia del relé, este tiene las siguientes aplicaciones. Puede utilizarse para ensayar cualquier relé de protección en: Plantas de generación; Redes de transmisión; Redes de distribución; en general.

Este tiene los siguientes módulos de software: Interface grafica de usuario de uso intuitivo; Control virtual de panel frontal; Control vectorial del grafico; Ensayo de pendiente.

#### 3.3.1- Ajustes de los relés

Los ajustes de los relés se realizaron empleado el software “SIGRA” para los que se introdujeron los siguientes parámetros:

#### **Protección de Distancia 7SA522 -V4.6**

Bloque No.11 - Datos del Sistema

Sólidamente aterrado

Factor de compensación residual  $RE/RL = 0.61$

$XE/XL = 0.51$

Longitud de la línea = 128.0 Kms. 63.6 Ohm/prim.

Reactancia sec / Km. = 0.0361 ohm/Km. (0.497 Ohm/Km. prim)

Angulo de la línea = 80°

Bloque No. 13 - Ajustes:

#### Zona 1

X1 = 3.9 Ohm/sec (53.6 Ohm/prim.)

R1 = 3.27 " (45 " )

R1E = 3.64 " 50 " )

T1 = T1PH Instantáneo

#### Zona 2

X2 = 6.4 ohms/sec (88.0 Ohm/prim.)

R2 = 4.0 " (55 " )

R2E = 4.4 " (60 " )

T2 = 0.8 seg

T2 1PH = 0.8 seg

T2 1PH = 0.6 seg. 2do Grupo Ajuste por fuera servicio Teleprotección ó Carrier

Estos tiempos menores, se implementaran, al estar fuera de servicio la teleprotección, por la activación de un Segundo Grupo de Ajustes con estos tiempo, ó bien por Lógica - CFC.

#### Zona 3

X3 = 8.8 ohms/sec (121.0 Ohm/prim)

R3 = 4.6 " (63 " )

R3E = 4.8 " (66 " )

T3 = 1.2 seg

#### Zona 4

X4 = 16.0 ohms/sec (220 Ohm/prim)

R4 = 5.10 " (70 " )

R4E = 5.45 " (75 " )

T4 = 2.2 seg.

#### Zona 5

X5 = 20.0 ohms/sec (275 Ohm/prim)

R5 = 5.81 " (80 " )

R5E = 6.2 " (85 " )

$T5 = 3.0 \text{ seg.}$

X (Z5), Reactance for Reverse = 1.2 ohms/sec (16.5 ohms/prim)

Bloque No. 13 - Zona de Sobrealcance (aceleración en el cierre del interruptor)

$X1B = 8.8 \text{ Ohms/sec}$  (121 Ohm/prim)

$R1B = 4.6$  “ (63 “ )

$R1BE = 4.8$  “ (66 “ )

$T1B = 0.05 \text{ seg}$

$T1B \text{ 1PH} = 0.05 \text{ seg.}$  contactos auxiliares del Interruptor y del Relé de Cierre

Zona Direccional hacia la línea.

Bloque No. 12 - Detector de fallas por impedancia:

- $I_{ph} = 0.5 \text{ Amp/sec.}$  (80 Amp/prim.)
- $3I_o = 0.5 \text{ Amp/sec.}$  (80 Amp/prim.)

Bloque No.20 - Bloqueo contra oscilaciones

- Bloqueadas zona Z1, Z1B y Z2.

Bloque No.26 - Protección Sobrecorriente de Emergencia:

- Sobrecorriente de Fase no direccional  
 $I = 13.5 \text{ Amp/ sec.}$  (2160 Amp/ prim.)  
 $T-I = 0.4 \text{ seg.}$   
 $I = 6.0 \text{ Amp/ sec.}$  (960 Amp / prim.)  
 $T-2 = 3.5 \text{ seg.}$
- Sobrecorriente de Tierra no direccional  
 $I_e = 3.5 \text{ Amp/sec.}$  (560 Amp/ prim.)  
 $T-I_e = 0.8 \text{ seg}$   
 $I_e = 0.4 \text{ Amp /sec.}$  (64 Amp/ prim.)  
 $T-I_e = 3.5 \text{ seg.}$

Bloque No.29 – Supervisión de la medición

2910: Fuse Failure Monitor = ON

2911A: Minimum Voltage Threshold  $U > = 10 \text{ V}$

2912A: Maximum Current Threshold  $I < = 0.1 \text{ A}$

2913A: Maximum Voltage Threshold  $U < \text{ (3phase)} = 10 \text{ V}$

2914A: Delta Current Threshold (3phase) = 0.5 A

2915: Voltage Failure Supervision = with current supervision

2916A: Delay Voltage Failure Supervision = 0.00 sec

2921 : VT mcb operating time = 0.0 mseg.

Bloque No. 31 - Protección Sobrecorriente Direccional de Secuencia Cero.

Direccional hacia la Línea.

- $I_e >>>> 6.5 \text{ Amp/sec}$  (1040 Amp/ prim.) Ajuste PG-203
- $I_e >>>> 5.5 \text{ Amp/sec}$  (880 Amp/ prim.) Ajuste PG-201
- $T = \text{Instantáneo}$  (0.0 seg.)
- $I_e >>> 2.5 \text{ Amp/sec}$  (400 Amp/ prim.)
- $T >>> = 0.8 \text{ seg.}$   
 $T >>> = 0.6 \text{ seg.}$  2do Grupo Ajuste por fuera servicio Teleprotección ó Carrier
- $I_e >> 1.0 \text{ Amp/sec}$  (160 Amp/ prim.)
- $T >> = 1.3 \text{ seg.}$
- $I_e > 0.5 \text{ Amp/sec}$  (80 Amp/prim.)
- $T = 3.5 \text{ seg.}$

Bloque No. 04 - Registro de fallas

Tiempo de registro del evento = 4.5seg

Pre-time = 0.1seg

Post-time = 0.05seg

Bloques No. 34 y 35 - Recierre, con Ausencia de Voltaje en Línea y con presencia voltaje y chequeo de sincronismo. Internos

Se implementará el recierre tripolar por Ausencia de Voltaje en línea 30 volts y por control de sincronismo 30g y presencia de Voltaje: 60 volts. El tiempo del recierre será 1.5seg.

Se comprobó mediante pruebas al relé, el funcionamiento del esquema de bloqueo de la protección de distancia ante la pérdida de los potenciales.

## **2.- Protección de Sobrecorriente Direccional de Fase y Tierra.**

Relé SIPROTEC, 7SJ63

TC = 800/5 TP = 2200/1 Tipo: 7SJ63

Bloque No.4 - Datos del Sistema 2

Factor de compensación residual  $R_G/R_L = 0.78$

Factor de compensación residual  $X_G/X_L = 0.52$

Reactancia sec / Km.  $= 0.0361 \text{ ohm/Km. (0.497 ohm/Km. prim)}$

Longitud de la línea = 128 Kms. - Angulo de la línea =  $80^\circ$

Bloque No.5 – Protección Sobrecorriente No Direccional

Sobrecorriente de Fase

$I_{>>} > 13.5 \text{ Amp/sec. (2160 Amp/prim)}$

$T_{>>} > 0.4 \text{ seg.}$

$I = 6.0 \text{ Amp/ sec. (960 Amp/prim)}$

$T > 3.5 \text{ seg.}$

Sobrecorriente de Tierra

$I_{e>>} > 3.5 \text{ Amp/sec. (560 Amp/prim)}$

$T_{e>>} > 0.8 \text{ seg.}$

$I_e > 0.5 \text{ Amp/sec. (80 Amp/prim)}$

$T_e > 3.5 \text{ seg.}$

Bloque No.6 – Protección Sobrecorriente Direccional. Hacia la Línea

Sobrecorriente de Fase. Direccional Hacia la Línea

$I_{>>} > 5.0 \text{ Amp/sec. (800 Amp/prim)}$

$T_{>>} > 0.4 \text{ seg}$

$I > 4.0 \text{ Amp/sec. (640 Amp / prim)}$

$T > 1.3 \text{ seg.}$

Sobrecorriente de Tierra. Direccional Hacia la Línea

$I_{e>>} > 6.5 \text{ Amp/ sec (1040 Amp/ prim) Ajuste PG-203}$

$I_{e>>} > 5.5 \text{ Amp/ sec. (880 Amp/prim) Ajuste PG-201}$

$T_{e>>} > \text{Instantáneo (0.0 seg)}$

$I_e > 2.5 \text{ Amp/ sec (400 Amp/ prim)}$

$T_e > 0.8 \text{ seg.}$

$T_e > = 0.6 \text{ seg. 2do Grupo Ajuste por fuera servicio Teleprotección ó Carrier}$

Bloque No.9 – Secuencia Negativa 46 Carga desequilibrada - Direccional hacia Línea

$I_{2>>} > 2.2 \text{ Amp/sec. (352 Amp/prim)}$

$T_{>>} > 0.8 \text{ seg.}$

$T > 0.6 \text{ seg.}$  2do Grupo Ajuste por fuera servicio Teleprotección ó Carrier

$I_2 > 0.5 \text{ Amp/ sec. (80Amp/prim.)}$

$T > 3.5 \text{ seg.}$

Habilitar la retención por segundo armónico para el Inrush (Dirección 0122)

Bloque No.5 - Inrush Restrain

2nd. Harmonic in % of fundamental      20 %

Cross Block      YES

Cross Block Time      500 ms

Maximum Current for Inrush Restrain      21.9 Amp/sec. (3504 Amp/prim)

### 3.4.- Resultados de las simulaciones de las fallas

Los resultados de las simulaciones de las fallas se desarrollaron a través del programa (Sigrá), observando los resultados en los diferentes oscilogramas obtenidos para las diferentes zonas de operación de los relés.

#### 3.4.1- Oscilograma de la zona 1

El oscilograma de la zona 1, muestra que para una falla en esta zona la corriente y tensión toman valores de operación normal del relé lo que muestra que para esta los ajustes son los correctos.

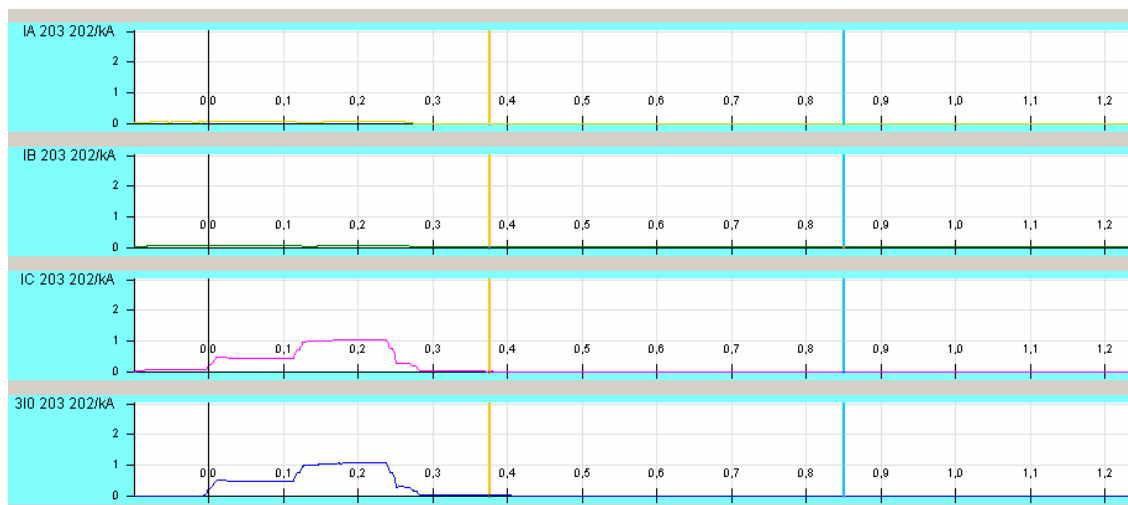


Figura 3.1 Oscilograma Z1

### 3.4.2- Oscilograma de la zona 2

El oscilograma de la zona 2, muestra que para una falla en esta zona la corriente y tensión toma valores de operación del relé, lo que nos muestra que los ajustes son los correctos.

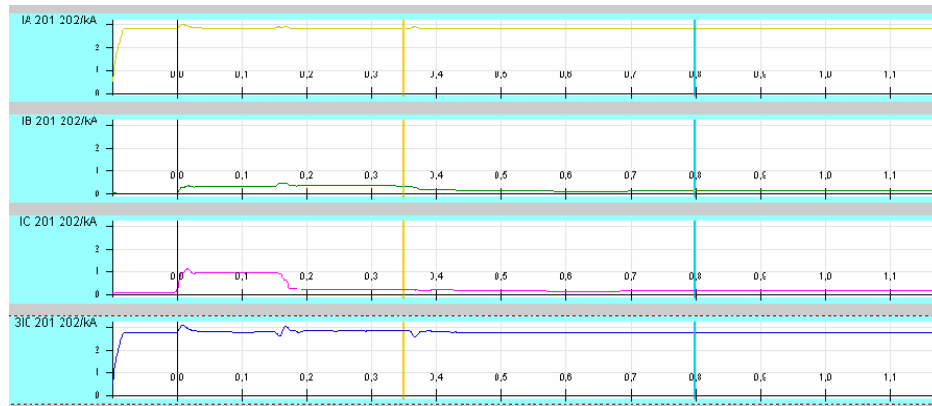


Figura 3.2 Oscilograma de la zona (simulación de avería)

### 3.4.3- Oscilograma de la zona 3

El oscilograma de la zona 3, muestra que para una falla en esta zona la corriente y tensión toma valores de operación del relé, lo que nos muestra que los ajustes son los correctos para su funcionamiento.

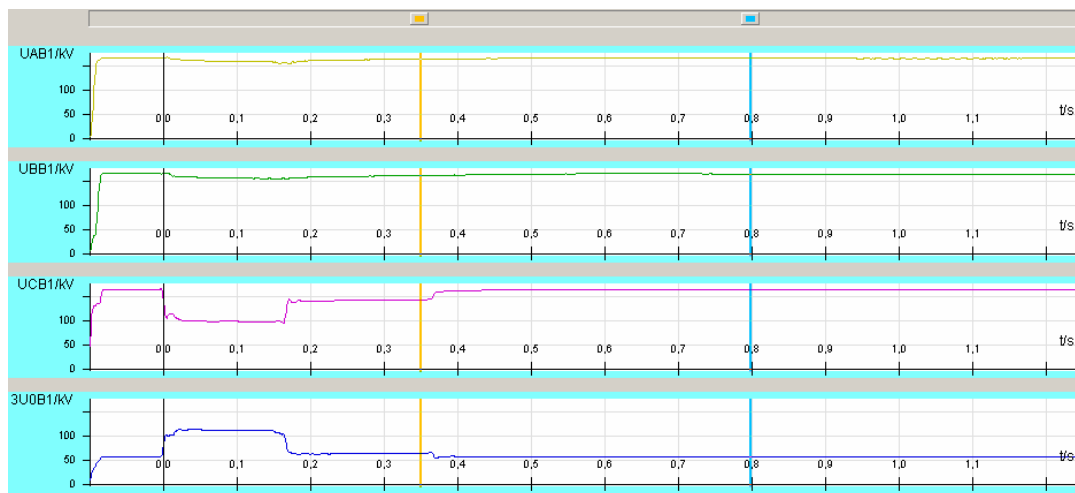


Figura 3.3 Oscilograma de la zona 3 (simulación de avería)

### 3.4.4- Oscilograma de la zona 4

El oscilograma de la zona 4, muestra que para una falla en esta zona la corriente y tensión toman valores de operación normal del relé.

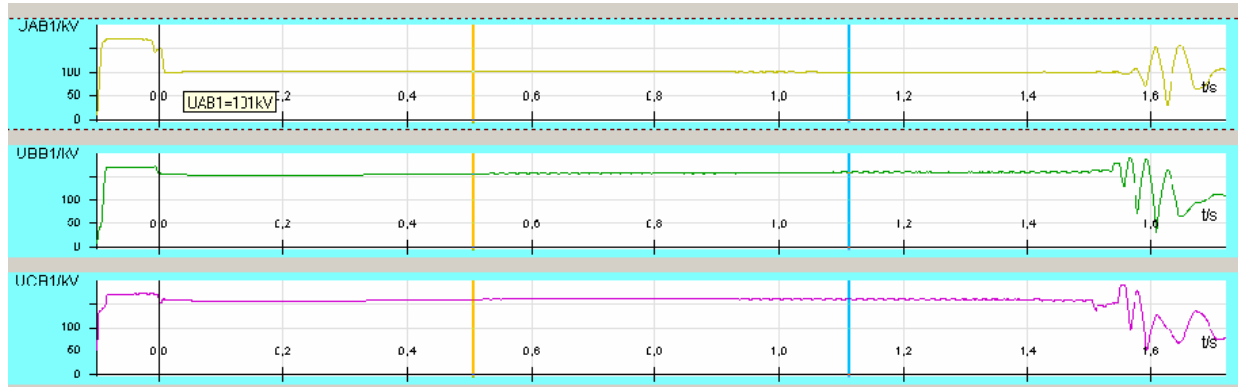


Figura 3.4 Oscilograma de la zona 4 (simulación de avería)

### 3.4.5- Oscilograma de la zona 5

El oscilograma de la zona 5, muestra que para una falla en esta zona la corriente y tensión toman valores de operación normal del relé.

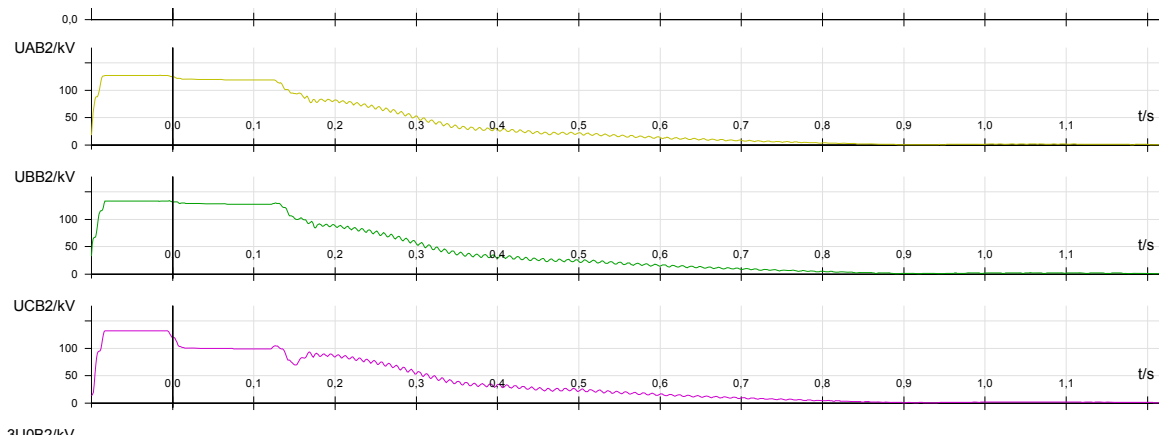


Figura 3.5 Oscilograma de la zona 5 (simulación de avería)

El montaje de los relés digitales de Sobrecorriente DSJ 63 y de distancia 7SA63, conectados a la red nacional en los interruptores de líneas PG 201 y 203 de la Subestación de Punta Gorda. Figura 2.2 del Anexo 2 muestran dichos paneles. Con los principales componentes, que se emplearán para proteger las líneas de 220 kV en la Subestación.

### 3.5.- Pruebas de campo de los relés

Con los relés digitales en funcionamiento se, disminuyó el tiempo de operación de los interruptores PG 201y 203 frente a las falla producidas en las líneas de 8 ciclo 128ms A 4 ciclo 64ms, lo que demuestra un aumenta en la confiabilidad del sistema, se cuenta con registros de los eventos ocurridos en el sistema, averías y distancias de las fallas, disminuye el tiempo de localización de estas, el proceso de restablecimiento para minimizar las perdidas en la producción de los consumidores disminuye, los despachadores y operadores de la subestación cuentan con una herramienta útil para realizar su trabajo con mejor calidad.

Podemos dar muestra del trabajo terminado y mostrar los valores correctos del funcionamiento de las protecciones ya instaladas.

Mostraremos una falla real registrada por los relees digitales ocurrida el 6/06/09 donde se observan los valores y parámetros obtenidos, demostrando que el proyecto cumplió los resultados dados esperados.

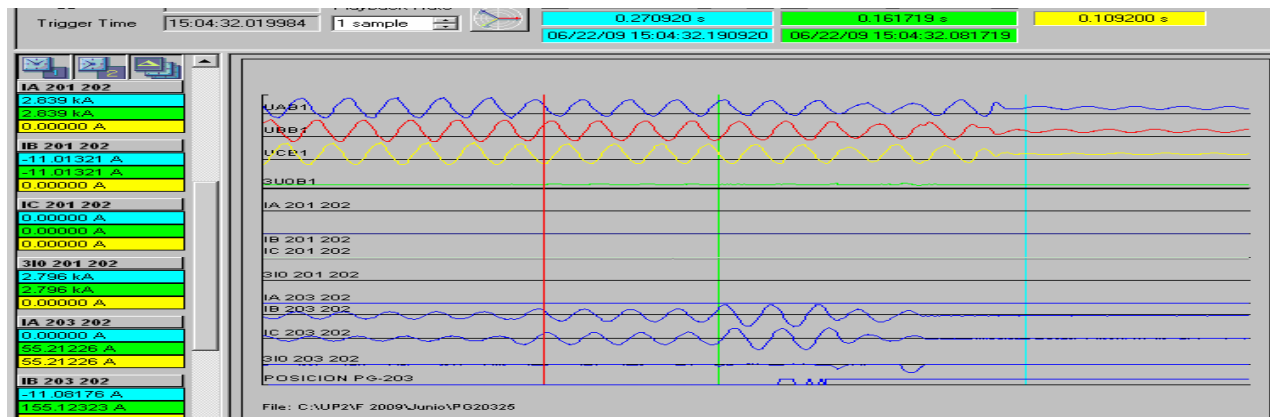


Figura 3.6 Oscilograma (avería)

### 3.6.- Valoración económica.

La valoración técnico-económica es una parte fundamental de todo proyecto, debido a que los parámetros brindan la posibilidad de justificar las inversiones para establecer mejoras, es intención dar a conocer los ahorros relacionados con la sustitución.

La puesta en servicio de un equipo tiene sus costos de inversión por diferentes conceptos tales como: mano de obra, salarios, aseguramientos, entre otros. Esta sustitución el costo de su inversión tuvo un monto de (10717,68 CUC) el cual se muestra en las tablas, 3.1, 3.2, 3.3.

#### 3.6.1 Determinación del gasto por concepto de mano de obra

Los costos por mano de obra se calculan teniendo en cuenta la incidencia que tiene cada una de las personas que intervienen en el proceso de ejecución:

$$GTs = \sum_{n=1}^{n=4} S_1 + S_2 + \dots + S_n; \$$$

Siendo:

$S_1; S_2; S_n$ .- salario cada especialista en el tiempo empleado (tabla 3.1)

Tabla 3.1. Gastos por conceptos de salario

| Mano de obra   | Tiempo de trabajo (días) | Tarifa horaria (\$/hr) | Salario Mensual (\$/mes) | Importe \$ |
|----------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|------------|
| J. Subestación | 17                       | 3,25                   | 625,00                   | 442,7      |
| Técnico A      | 17                       | 2,47                   | 475,00                   | 336,45     |
| Técnico B      | 17                       | 2,34                   | 450,00                   | 247,91     |
| Electricista A | 17                       | 1,95                   | 375,00                   | 265,62     |
|                |                          |                        |                          | 1294,68    |

Por lo que:

$$GTs = \$1298,68$$

#### 3.6.2 Determinación del gasto por concepto de materiales

Los gastos de materiales tienen en consideración todos los materiales tangibles que se utilizaron en la inversión:

$$GT_M = \sum_{n=1}^{n=5} M_1 + M_2 + \dots M_n; CUC$$

Con:

$M_1; M_2; M_n$ .- importe de cada material utilizado (tabla 3.2)

Tabla 3.2. Gastos por conceptos Materiales

| <b>Materiales</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Importe en CUC</b> |
|-------------------|-----------------|-----------------------|
| Relé 7SA 522      | 2 U             | 4550.00               |
| Relé 7SJ 64       | 2 U             | 4550.00               |
| Cables de 1.5mm   | 110 m           | 38.35                 |
| Cables de 4mm     | 80 m            | 42.25                 |
| Tape              | 4 U             | 12.60                 |

Sustituyendo:

$$GT_M = 9193, 20CUC$$

### 3.6.3 Determinación de los costos de transporte y alimentación

El costo de transporte y alimentación en que se incurre se determina en función de la incidencia de la utilización de estos:

$$GT_{T,A} = \sum_{n=1}^{n=2} T + A$$

Siendo:

T.- Gastos de transportación

A.- Gastos por concepto de alimentación

Ambos se muestran en la tabla 3.3

Tabla 3.3. Gastos por conceptos de transporte y alimentación

| <b>Indicador</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Importe en CUC</b> |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| Transporte       | 200 L diesel    | 155.00                |
| Alimentación     | 68 almuerzo     | 74.80                 |

Para lo que:

$$GT_{T,A} = 229,80\text{CUC}$$

### **3.6.4 Determinación de los costos de la inversión**

Con todos los indicadores de los gastos calculados se calcula el costo total en que se incurrió en la inversión:

$$GT_{INV} = \sum_{n=1}^{n=3} GT_S + GT_M + GT_{T,A}; \text{CUC}$$

Por lo que

$$GT_{INV} = 10\,717,68\text{CUC}$$

Como se puede apreciar el valor de la inversión no es alto, si se tiene en cuenta los beneficios tecnológicos y el ahorro que traerá consigo el cambio de estos equipos.

### **3.7- Valoración medioambiental.**

El medioambiente es un factor fundamental para la vida de todo ser viviente, su cuidado es deber de cada persona, este punto es algo muy importante. Ya que de esto depende el entorno de trabajo de muchas personas que intervienen en el flujo tecnológico de la subestación.

La introducción de la nueva tecnología corrige los impactos ambientales negativos producidos por la tecnología anterior. De esta manera se mitiga o elimina el ruido y la emisión de calor moderado, Es necesario conocer que “El ruido constituye hoy el agresor de la naturaleza física más difundido en el ambiente, tanto laboral como social”. El calor y el clima de trabajo también deben considerarse a la hora de evaluar si las condiciones laborales son óptimas para el buen desempeño del trabajador.

La exposición al calor no sólo influye en el organismo sino también se reflejan indirectamente en pérdidas en la producción.

Si se incrementa la tensión térmica habrá además incremento en los costos de producción y por lo tanto una disminución de la productividad del trabajo, teniendo en cuenta el ahorro de energía que es un elemento del ambiente que se obtiene a partir de un recurso natural agotable o renovable de energía. El área de montaje de los relees se reduce considerablemente, eliminando los residuos provenientes de bobinas quemadas, tapas partidas, contactos en mal estados, entre otros. Ver Figura 1.1 y 1.2 del Anexo 1.

### **3.8. - Conclusiones.**

En este se observaron los resultados obtenidos en las mediciones y eventos simulados para determinar el correcto funcionamiento de los equipos propuestos, se hace una valoración del costo de la inversión, para determinar el real de la sustitución, y observar en un periodo de tiempo el comportamiento del ahorro por estos conceptos, se muestran los beneficios obtenidos disminuyendo los impactos ambientales.

## **Conclusiones**

1. Se ha realizado el cambio de relés electromagnéticos de sobrecorriente y distancia para la subestación de 220kV de Punta Gorda que suministra la energía eléctrica al territorio
2. Con la sustitución de los relés electromecánicos por digitales se redujo el tiempo de respuesta a las fallas de la red de 8C, 128ms a 4C, 64ms.
3. Las simulaciones de las fallas realizadas muestran que los mismos son capaces de actuar para los eventos futuros
4. Los ajustes de las protecciones de la subestación de Punta Gorda se realizaron de manera apropiada, dando respuesta rápida y eficiente a las fallas que se producen en la línea.
5. Se aumenta la calidad de lectura y control de las averías reduciendo las intervenciones que en ocasiones introduce el elemento humano.
6. La valoración económica desarrollada muestra que la sustitución propuesta conduce a un ahorro de \_\_\_\_\_ CUC o CUP .

## Recomendaciones

1. Retirar los registradores de falla instalados en las líneas de los interruptores PG 201 y 203. y analizar si es posible otro uso
2. Masificar el estudio de la propuesta digitales a todos los interruptores de la subestación.
3. Adiestrar a los operadores para trabajar con estos dispositivos
4. Modificar la norma de operación de la subestación teniendo en cuenta estos dispositivos
5. hacer un estudio en el tiempo para conocer el impacto económico real que producen los dispositivos instalados

## Bibliografía.

1. ALTUVE, F. Héctor. Protección de Redes Eléctricas\_ Santa Clara: *Universidad de las Villas*\_1990, 254p.
2. CHERNOBROVOV N. Protective Relaying.\_ Moscow. Mir, 1974 \_1789p  
GILCREST, G.B. ROCKEFELLER, G.D. UDREN, E.A. High-Speed Distance Relaying Using a Digital Computer. I – System Description. *IEEE Summer Meeting and International Symposium on High Power Testing, Portland, July 18-23, 1971.* p. 1235 - 1243.
3. EMPRESA ECIE (Cuba). Procedimiento de operaciones del Sistema Electroenergético Nacional (SEN). NRI 590, 1980
4. EMPRESA ECIE (Cuba). Norma de operación de la Subestación de Punta Gorda. Rogelio.2000.
5. EMPRESA ECIE (Cuba). Catálogo de sistema de la Subestación. 2005.
6. FANDIÑO, E. A. Fundamentos de la Teoría de Circuitos Eléctricos II La Habana: ISPJAE, 1984. 317p.
7. L & K INTERNATIONAL VIDEOTRAINING. Introducción a Relés Estáticos. Ontario, 1991.
8. Manual SIPROTEC and Power Quality Manual CD ROM 06/2005
9. MASSON, C Russell. The Art and Science of Protective Relaying\_ *La Habana:* Pueblo y Educación, 1975\_585p.
10. ORDÓÑEZ, J. G. Simulación de Transformadores de Corriente. Orlys Ernesto Torres Breffe (Tutor). Trabajo de Diploma. *Instituto Minero Metalúrgico*, 2004. 113p.
11. Orlis Torres. Conferencia teórica sobre relé Digitales. 2005
12. Pruebas a las protecciones con maletas ISA DRTS. Gilber G 2004

**Fig. 1** Esquema monolineal

### Esquema Monolineal Punta Gorda 220 kV



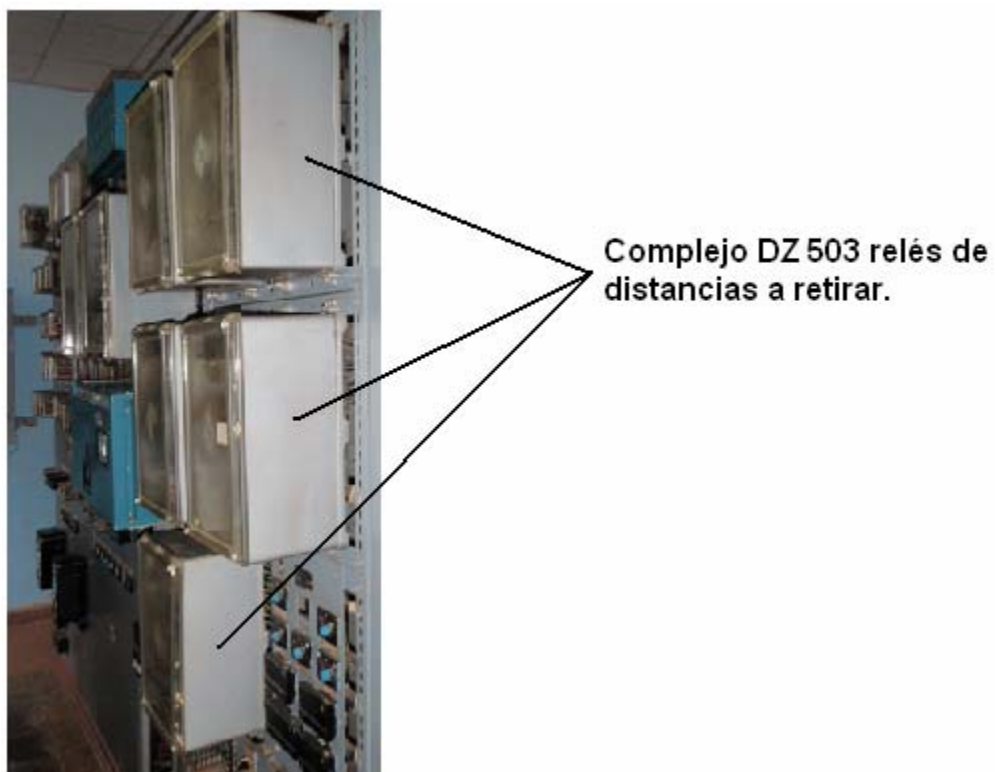


Fig. 1.1 relés de distancia



Conjunto de relés de  
sobrecorriente a retirar

**Fig. 1.2** relés de sobrecorriente.

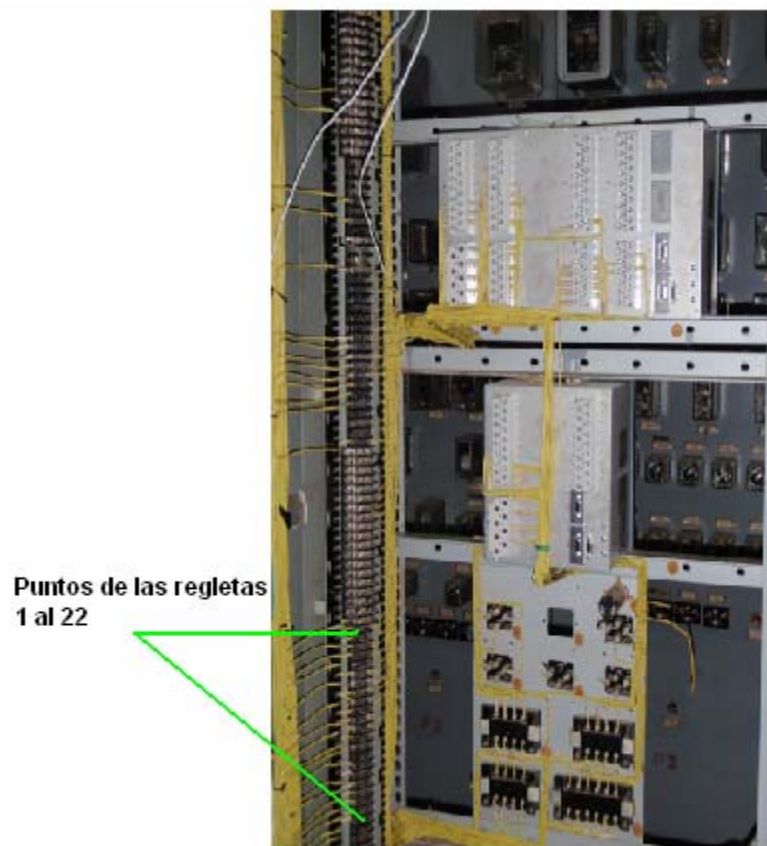


Figura.2.1 Regletas



Figura 2.2. Relés digitales instalados en el panel (P20).

Tabla .1: programación de los led.

| LED | Rótulo      | Significado                                                                                                             |
|-----|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | 21Z1 ó 21B  | La protección disparo por la primera zona de la distancia, normal o acelerada al cierre del interruptor.                |
| 2   | 21Z2        | La protección disparo por la segunda zona de la distancia.                                                              |
| 3   | 21Z3        | La protección disparo por la tercera zona de distancia la distancia.                                                    |
| 4   | 21Z4!Z5     | La protección disparo por la cuarta y quinta zona la distancia.                                                         |
| 5   | 51          | La protección disparo por la sobrecorriente de respaldo.                                                                |
| 6   | 67GT1       | La protección disparo por primer escalón de sobrecorriente direccional de tierra                                        |
| 7   | 67GT2       | La protección disparo por segundo escalón de sobrecorriente direccional de tierra                                       |
| 8   | 67GT3 ó T4  | La protección disparo por tercera y cuarto escalón de sobrecorriente direccional de tierra                              |
| 9   | 99          | La protección disparo por la UROV al propio interruptor PG 201(PG 203) ó al 1 y 2 AT                                    |
| 10  | Aj.Nor.gr.A | El grupo de ajuste activado en el rele es el A que corresponde a los ajustes normales                                   |
| 11  | Aj.Nor.gr.B | El grupo de ajuste activado en el rele es el B que corresponde a los ajustes acelerados por carrier ó teleprotección FS |
| 12  | 21 Arr      | La protección efectuó un arranque ante una falla ó sobrecorriente hacia tras                                            |
| 13  | Port. Emerg | La protección de distancia está bloqueada automáticamente en el modo de sobrecorriente de emergencia                    |
| 14  | Falla med.  | Las magnitudes de corriente o voltaje aplicadas al relé no son correctas                                                |



Figura 1 Registrador de falla.

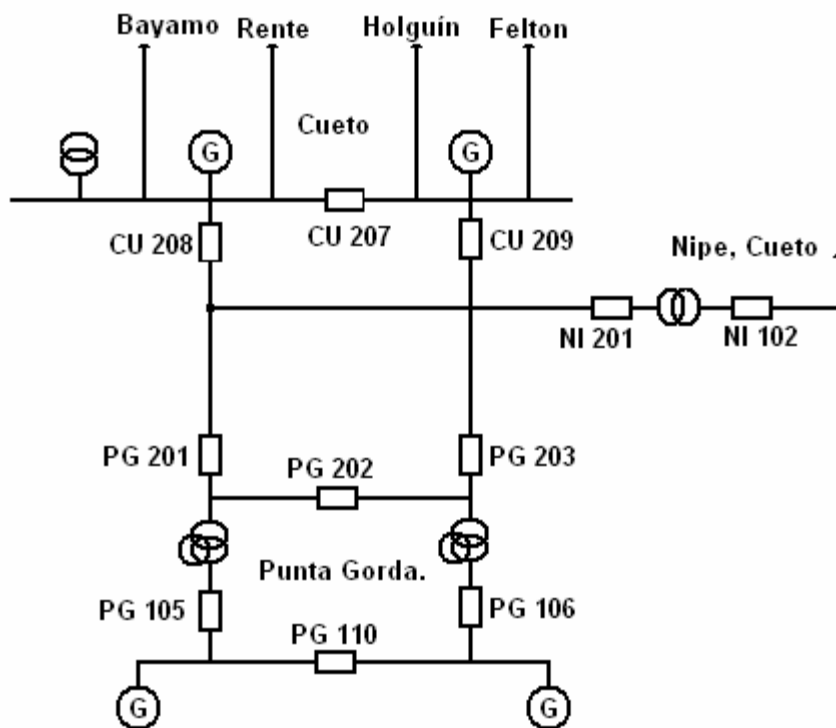


Figura. 2 circuitos a proteger por los relés propuestos.