



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA

“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”

FACULTAD DE METALURGIA Y ELECTROMECAÁNICA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA

Título: Confiabilidad del sistema de suministro eléctrico en La Empresa Moa Nickel
S/A Pedro Soto Alba.

Autor: Juan José Montero Ramírez

Tutor: MSc. Gabriel Hernández Ramírez.

Consultante: Ing. Geolvis Galano Urtate

Curso 2014-2015

“Año 57 de la Revolución”

Declaración de autoría.

Yo: Juan José Montero Ramírez

Autor de este Trabajo de Diploma, tutorado por MSc. Gabriel Hernández Ramírez, declaro la propiedad intelectual de este trabajo a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, para que disponga de su uso con la finalidad que estime conveniente.

Diplomante

Tutor

Pensamiento

“El futuro de toda la industria, el futuro de la Humanidad, no está en la gente que llena papeles; está en la gente que construye máquinas, que entre otras cosas puede llenar papeles... Está en la gente que estudia los grandes problemas tecnológicos, los resuelve, los de hoy y los del mañana, descubre nuevas cosas, aprende a sacarle a la naturaleza nuevas cosas. Tenemos que ir entonces hacia ese salto, hacia esa revolución técnica, que ya ha planteado Fidel, con paso de carga...”

Ernesto Che Guevara

En la tierra hacen falta personas

QUE:

Trabajen más y critiquen menos,

Construyan más y destruyan menos,

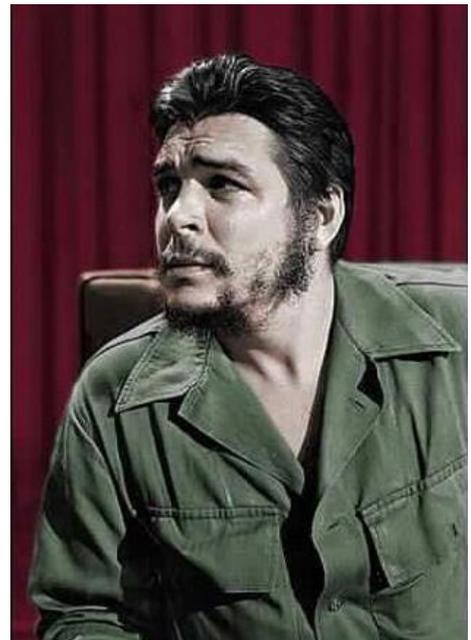
Prometan menos y resuelvan más,

Esperen recibir menos, dar más,

Digan mejor ahora que mañana.

Che.

Ernesto Che Guevara



Agradecimientos.

Por la especial significación que tiene la culminación de este trabajo y de mis estudios, quisiera expresar mis más sinceros agradecimientos a mi familia en general, por abrirme cada puerta que se interpuso en mi camino, por la confianza que siempre depositaron en mí, por sus esfuerzos realizados en todas las esferas de la vida para que pudiera terminar este sueño que hoy es una hermosa realidad, a ese excelente colectivo de profesores por su sacrificio e incondicional apoyo que hicieron cumplir esta etapa de mi vida, a todos mis amigos y colegas que estuvieron cerca y al tanto de cuantos sucesos atravesamos, al personal del Laboratorio Eléctrico de la empresa Moa Nickel S/A Pedro Sotto Alba por la ayuda brindada en general, a mis tutores de la tesis por su valiosa colaboración y guía en el desarrollo de este proyecto, y a la Revolución Cubana por haberme dado la oportunidad de formarme como profesional.

A todos ustedes les agradezco.

Muchas Gracias.

Dedicatoria.

Cuando al culminar una meta deseada impone momentos de alegría, se deben tener presentes aquellas personas que con su constancia y dedicación contribuyeron a la realidad que representa llegar hasta el final, obviando de manera impredecible los obstáculos que la vida misma impone y en total conformidad con mis sentimientos dedico este logro personal:

A: Eugenia Idealiza Ramírez Castillo (mi madre) por su constante lucha ante las dificultades, a ella que además de mi existencia le debo lo que soy y lo que pueda ser mientras viva.

A Juan De Dios Montero De La Cruz (mi padre) Que aunque no está presente siempre me guío como persona de bien por su ejemplo de honestidad.

A; José Alejandro Montero Justis y Estefany Montero Justis mis nene lo más hermoso que me ha dado Dios para quienes me esfuerzo por ser un digno ejemplo en su formación mientras viva.

A mi familia que siempre me apoyó de todas las formas posible en todos estos años de estudios, a aquellos que de manera muy sencilla me ayudaron y a los que imaginaron que esto sería posible y uno muy especial a mis tutores por haber logrado conmigo el objetivo final.

A todos “les dedico este éxito”

Resumen

En vista de la necesidad que tiene la empresa Moa Nickel S/A Pedro Sotto Alba, Moa Holguín, se ha propuesto realizar el montaje de una nueva sección en la pizarra de suministro eléctrico de 480 V para esto se hizo necesario hacer un estudio de las necesidades energéticas y revisión de las protecciones eléctricas, que permita una propuesta de recomendaciones para resolver el problema.

El presente trabajo de investigación incluye el cálculo de corrientes de cortocircuito en las variantes a proponer para el ajuste de las protecciones de la misma; así como su coordinación. Dichos estudios son muy valiosos para la generación de las propuestas que darán una solución al problema, en base a los resultados obtenidos.

El contenido de los trabajos dividido en tres capítulos, definidos de la siguiente manera:

El capítulo uno Incluye los fundamentos teóricos de la investigación: averías en el Sistema Eléctrico de Potencia, métodos de cálculo para corrientes de cortocircuito, teorías de las protecciones, etc.; finalizando con una metodología adecuada de varios tipos de relés que incluye los utilizados en dicha industria.

En el capítulo dos se abordó sobre los cálculos desarrollados para realizar el adecuado ajuste de los dispositivos de protección. Entre estos tenemos los cálculos de cortocircuito en las diferentes barras del circuito para las diferentes variantes a implementar.

El capítulo tres se dedicó a definir las propuestas de ajustes de las protecciones ya instaladas, se realizó un análisis técnico teniendo en cuenta todos los requisitos que se tuvieron para realizar este estudio.

Por últimos se expusieron conclusiones y recomendaciones como consecuencia del profundo estudio realizado a lo largo de la investigación.

Summary

In view of the need for the company Moa Nickel S / A Pedro Sotto Alba, Moa Holguin, has been proposed to perform the installation of a new section on the board power supply of 480 V to this it was necessary to make a study of the energy needs and review of the electrical protections, allowing a proposed recommendations for resolventar the problem.

This research includes the calculation of short circuit currents in the variants propose to adjust protections thereof; and coordination. These studies are valuable for generating proposals that will solve the problem, based on the results.

The contents of jobs divided enter chapters, defined as follows:

Chapter one includes the theoretical foundations of the research: damage to the electrical power system, calculation methods for short-circuit current theories of protections, etc.; ending with a suitable methodology for various types of relays including those used in that industry.

In chapter two, it was addressed on calculations developed to make the appropriate adjustment of protection devices. Among these are the calculations of the different bars shorted circuit for implementing the different variants.

Chapter three is devoted to defining the proposed adjustments of the protections already in place, a technical analysis taking into account all the requirements that were taken for this study was conducted.

By recent findings and recommendations as a result of deep study throughout the research they were presented.

RECOMENDACIONES.	34
Bibliografía	35
Anexo	i

INTRODUCCION

En el sector industrial existe un interés común por un suministro de energía estable y de alta calidad. Las interrupciones del suministro de energía eléctrica pueden ser perjudiciales y costosas, por lo que el perfeccionamiento y dominio de antemano de la calidad de cualquier sistema eléctrico es de vital importancia. Existen muchas causas por las que se pueden originar afectaciones en el suministro eléctrico de una red de potencia; por esta razón su estudio se suele realizar atendiendo al origen, al tipo de fallas y al tiempo de duración. En este capítulo se mostrarán los principales aspectos metodológicos, así como, una panorámica de los trabajos realizados sobre el tema, cómo se comportan a nivel mundial las investigaciones relacionadas con el mismo y una breve descripción del sistema eléctrico

La Empresa Pedro Soto Alba cuenta en Planta de Termoeléctrica con dos alimentadores provenientes del Sistema Electro energético Nacional SEN, enlazados a tres sesiones de barras denominadas sección 100, 200 y 300 todas ellas con sus respectivos interruptores de enlace, además de dos Turbogeneradores denominados TG-1 y TG-2 de 7.5 MW respectivamente conectados a las secciones de barra 100 y 200, estas a su vez alimentan la pizarra actual de 480 Volt, a través de dos transformadores de 13.8/0.48 kV, denominados AUX-1A y AUX-2A respectivamente. El AUX-1A alimenta la primera sección de barra de 480 Volts (Centros de Control de Motores #. 1, 3, 5) y las bombas 321-PU-1A/B. Además, posee interconexión con la planta auxiliar generadora de 450 kW de potencia activa, para usar en caso de emergencia. El AUX-2A alimenta los Centro de Control de Motores #. 2, 4, 6, las bombas 321-PU-1C/D y el compresor 303-CM-1C.

La pizarra 480 Volts objeto de estudio, modelo Klockner Moeller fue instalada en 1998 y tiene un diseño obsoleto, presenta 15 años de operación y se encuentran en mal

estado técnico. Adicionalmente este diseño no está disponible en el mercado por lo que no hay suministro fiable de piezas de repuesto.

Los mantenimientos en la pizarra por norma deben ejecutarse cada 6 meses. Este incluye reparación o sustitución de los interruptores, limpieza de los alfileres, ajustes de las protecciones de los relees Multilin, entre los cuales se encuentran los modelos SR-750, SR-469 y SR-269.

Según datos históricos registrados en el CITECT, la carga máxima estuvo alrededor de los 1,164 Amp por el alimentador AUX-1A y 1,205 Amp por el alimentador AUX-2A, para un total de 2,369 Amp, valor que supera la capacidad nominal de la pizarra.

Actualmente para efectuar los mantenimientos se hace imprescindible el uso correcto de los bancos de capacitores instalados en los Centro Control de Motores (por sus siglas en inglés, Motors Center Controls), para la reducción en 300 Amps por concepto de mejora del factor de potencia. Bajo estas circunstancias se pueden realizar los mantenimientos pero con alto riesgo de disparo, pues se encuentra en dependencia de la carga que esté demandando la planta, así como la disponibilidad de los bancos de condensadores. Durante el mantenimiento de una de las secciones de la pizarra, podrían incrementarse las cargas por cuestiones de operación, lo que requeriría una reducción de la carga hasta lograr los parámetros normales de temperatura siendo esto un punto vital para el correcto funcionamiento de la misma.

Situación Problemática.

Debido al sobrecalentamiento que presenta la pizarra de 480 Volt por la necesidad de mayor capacidad de suministro y al no ser confiable su funcionamiento se hace necesario un estudio para su sustitución.

Problema.

La situación actual de la pizarra de 480 Volt en la planta Termoeléctrica provoca baja fiabilidad del sistema de suministro eléctrico a la empresa. Pedro Soto Alba

Objetivo General.

Analizar la fiabilidad del sistema de la empresa Pedro Soto Alba para evitar afectaciones en el proceso productivo.

Hipótesis

Si se elabora un procedimiento para la sustitución de pizarra eléctrica que tenga en cuenta las normas y los requerimientos del proceso productivo, se podría garantizar la fiabilidad del sistema de suministro eléctrico en la empresa. Pedro Soto Alba.

Objetivos específicos.

2. Definir los criterios de selección de la nueva pizarra, modelo Siemens.
3. Realizar los cálculos y ajustes, para la correcta selección de la nueva pizarra.
4. Seleccionarlos elementos de la nueva pizarra (transformadores de potencial y corriente), interruptores, barras y conductores.
5. Confeccionar el procedimiento para la sustitución de la pizarra actual existente.

Tareas.

1. Valoración de los diferentes criterios de selección de la pizarra nueva modelo Siemens, garantizando de forma confiable los cálculos y ajustes pertinentes, para la correcta selección de la misma.
2. Selección de los elementos de la nueva pizarra Siemens (transformadores de potencial y corriente), interruptores, barras y conductores y relees de protección.
3. Confección de un procedimiento que establezca los pasos a seguir para la sustitución de la pizarra actual existente.

CAPITULO I Marco teórico de la investigación

1.1. Introducción

En este capítulo se muestra un estudio precedente sobre la temática de la confiabilidad del sistema de suministro, relacionados con los criterios de evaluación de eficiencia, donde se incluyen las protecciones. Al mismo tiempo se caracteriza el suministro eléctrico para las condiciones de explotación.

La elaboración del marco teórico comprende dos momentos, primero la revisión de la literatura correspondiente y segundo el desarrollo de una perspectiva teórica a partir de la revisión de libros, artículos de publicaciones periódicas, tesis, trabajos presentados en conferencias y seminarios, testimonios de expertos, videocintas, etc.

La revisión bibliográfica estuvo dirigida fundamentalmente a la recolección de la información relacionada con una evaluación a la gestión de la calidad y la eficiencia del suministro eléctrico en la termoeléctrica, su teoría de cálculo y los criterios que permiten evaluar la efectividad de funcionamiento; lo que unido al análisis de los trabajos precedentes que sobre el tema se han efectuado en los últimos años permite establecer el marco teórico que guiará la investigación a realizar.

1.2. Estado del arte.

Hoy en día es importante diseñar y operar sistemas eléctricos que no sólo tengan la máxima eficiencia sino que presten su servicio bajo normas de calidad. Las normas aceptadas establecen que la energía eléctrica debe distribuirse bajo distorsiones de la onda y número de interrupciones en términos de valores aceptables. En tal sentido, la calidad de energía eléctrica se puede definir como los requerimientos de las variaciones de las ondas y de la continuidad que satisfacen las necesidades de sus consumidores o clientes. Ésta se evalúa en función de los valores admisibles que

garanticen el funcionamiento de los equipos eléctricos y electrónicos. La calidad de la energía eléctrica puede dividirse en dos grandes temas: la calidad de la potencia eléctrica (la cual se refiere a las variaciones en la forma, frecuencia y amplitud de las señales de corriente y tensión) y la continuidad del servicio, para la cual se consideran las interrupciones del suministro eléctrico [1].

Los principales problemas de calidad de la red eléctrica son los siguientes:

- a) Interrupción del suministro de energía eléctrica. Estas interrupciones, causadas por fallas en las plantas generadoras, en cortes en las líneas de distribución o desconexión de la carga debido a sobrecarga del sistema, se caracterizan por la pérdida total del suministro por más de un minuto.
- b) Interrupción transitoria del suministro de energía eléctrica. Estas interrupciones, causadas generalmente por la apertura y cierre de interruptores, se caracterizan por la interrupción del servicio durante menos de un minuto.
- c) Transitorios. Se caracteriza por un voltaje impulsivo de alto valor, pero de corta duración, ocasionado en general por la conexión de condensadores o la desconexión de cargas inductivas, tales como motores de inducción, soldadoras de arco, etc.
- d) Mala regulación de voltaje. Se caracteriza por bajas o subidas de voltaje de duración superior a un minuto. Se debe, en general, a un mal ajuste de los transformadores de alimentación del sistema, particularmente su voltaje y a un diseño del sistema no apropiado a la demanda de los usuarios. Una demanda alta de los usuarios ocasiona una baja del voltaje y, por el contrario, una demanda baja hace subir el voltaje por sobre lo permitido.
- e) Desbalance de voltaje. Se caracteriza por la existencia de asimetría en una de las tres fases de un sistema trifásico. Se debe, en general, a que el consumo está conectado fundamentalmente a una sola de las fases del sistema.

- f) Flicker o parpadeo de la iluminación. Se caracteriza por una fluctuación del voltaje que ocasiona el centelleo de la iluminación, visible por el ojo humano. Se debe, fundamentalmente, a la conexión y desconexión de consumos relevantes, tales como el refrigerador o la calefacción intra-domiciliaria, conexión de hornos y soldadoras de arco, etc.
- g) Distorsión armónica. Se caracteriza por una distorsión del voltaje de alimentación de los equipos, el que deja de ser perfectamente sinusoidal. Se debe, fundamentalmente a la conexión de cargas no lineales en el sistema, tales como equipos electrónicos industriales o domiciliarios: variadores de velocidad de motores, televisores, computadores, etc. El fenómeno puede acentuarse hasta el punto de ocasionar daños irreparables, caso en el que recibe el nombre de resonancia armónica, la que se debe fundamentalmente a la interacción entre los condensadores de compensación de factor de potencia y las reactancias de los transformadores de alimentación del sistema.
- h) Elevación de los voltaje de neutro y tierra. Se caracteriza por una diferencia de voltaje entre el neutro y la tierra del sistema. Se debe, fundamentalmente a que circulan corrientes elevadas por el conductor de neutro y/o por el conductor a tierra, o bien porque su dimensionamiento es inadecuado.

La combinación de factores que permiten valorar el trabajo integral de un sistema eléctrico se relacionan más allá de la calidad del servicio o de la energía y engloban compromisos técnicos y económicos.

El análisis de las interrupciones con la idea de minimizar sus causas, se realiza de diversas formas y, esto constituye la base de la teoría de confiabilidad.

Para evaluar el impacto de las interrupciones a los usuarios en los sistemas de distribución se han establecido los índices de confiabilidad. Estos índices permiten evaluar el desempeño de estos sistemas y, en muchos casos, establecer las mejoras a

implementar para disminuir las interrupciones y, en consecuencia, las pérdidas por este concepto y los costos por las sanciones contempladas en la legislación.

La forma metodológica que se asume son los llamados estudios de confiabilidad.

La confiabilidad abarca elementos cuantitativos y cualitativos tanto a nivel de elementos como a nivel de sistema generando en consecuencia una pléyade de métodos y condiciones de aplicación, y un esbozo de algunos de estos son puestos a consideración, aunque de forma somera en el siguiente epígrafe.

1.3 Métodos de estudio de la confiabilidad

La idea sobre la confiabilidad en la operación de un equipo o sistema, se relaciona con su habilidad o capacidad de realizar una tarea específica durante cierto periodo de tiempo. Por esta razón, normalmente es considerada una propiedad cualitativa más que cuantitativa. Sin embargo, se debe convenir en que, en la práctica ingenieril, resulta mucho más atractivo disponer de un índice cuantitativo.

Esta cuantificación de la habilidad de un sistema, se denomina confiabilidad, o bien fiabilidad y puede expresarse por una gran variedad de índices, dependiendo de los objetivos que se persigan con la evaluación.

El objetivo de la evaluación de confiabilidad de una red eléctrica, sea esta de distribución, transmisión o industrial es determinar índices que reflejen la calidad de servicio que presenta el sistema para el usuario final.

La confiabilidad del servicio de energía eléctrica, medida a través de índices de desempeño, tiene dos orientaciones diferentes: el registro de eventos pasados y la predicción de confiabilidad.

La predicción de índices de confiabilidad pretende determinar el comportamiento que tendrá la red, basado en el desempeño pasado, y ayudar en la toma de decisiones sobre modificaciones de elementos componentes de la red y/o topología.

Se describen a continuación algunas técnicas de modelación y evaluación de confiabilidad, orientadas a predecir índices de comportamiento futuro.

1.4 Métodos para evaluar la confiabilidad

Existen dos clases de métodos para evaluar la confiabilidad: los métodos de simulación estocástica y los métodos de análisis.

De los métodos de simulación estocástica, el más conocido es el de Monte Carlo y, entre los métodos de análisis se tienen los procesos continuos de Markov, los de redes y sus aproximaciones.

1. Método de Monte Carlo.

El método de Monte Carlo consiste en la simulación de un número considerable de situaciones, generadas en forma aleatoria, donde los valores de los índices de confiabilidad corresponden a los valores de los momentos de las distribuciones de probabilidad.

Reconoce la naturaleza aleatoria de la carga y de la salida de generadores y líneas en el sistema. De este método existen dos versiones:

- a. Método de Monte Carlo secuencial: simula cronológicamente cada hora del año y el estado actual depende de los estados anteriores. (Sistema con memoria).
- b. Método de Monte Carlo no secuencial: simula aleatoriamente todas las horas del año y el estado actual no depende del anterior. (Sistema sin memoria).

El método de Monte Carlo se utiliza para sistemas en que las fallas dominantes son las de generación. La ventaja principal de este método es la facilidad que ofrece de

poder tener en cuenta cualquier variable aleatoria y cualquier contingencia y la posibilidad de adoptar políticas de operación similares a las reales. Sin embargo, por ser un método estocástico hay preferencia por los métodos de análisis, dado que es mucho más fácil su manejo.

Consideraciones básicas

La teoría de la confiabilidad se basa en evaluar los indicadores de tasa de falla, tiempo entre fallas y la duración de las fallas en cualquier sistema que este sujeto a fallar]. La Figura 1 muestra, de forma esquemática, la forma de obtener el tiempo entre fallas. Esta teoría se basa, en forma general, en determinar la confiabilidad de un sistema en función de la ocurrencia de las fallas. Para el caso de sistemas de distribución se consideran que estas fallas provocan una suspensión o interrupción

Pruebas de diseño:

Estas son pruebas realizadas usualmente en un laboratorio para determinar los niveles adecuados de aislamiento previos a la fabricación.

Prueba de fábrica:

Estas son las pruebas realizadas por el fabricante para determinar la conformidad con el diseño o requerimientos de producción.

Al equipamiento eléctrico se le realiza la prueba de aterramiento a un voltaje igual al doble de voltaje nominal más 1000V durante un minuto a 60 HZ.

Prueba de Fabrica = $2E + 1000 @ 60 \text{ Hz}$ durante un minuto.

1.5 Conclusiones del capítulo.

- El resumen del estado del arte demostró la actividad del suministro en la planta termoeléctrica aunque cuenta con un cronograma de aplicación y se realiza correctamente no es suficiente para evitar averías catastróficas.
- El análisis bibliográfico permitió identificar las principales características de los sistemas de gestión de suministro, y la ausencia de una metodología para alcanzar los peldaños superiores de esta forma de gestión (suministro predictivo y proactivo).

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Introducción

Lo que le proporciona a la actividad de suministro una visión de negocio pues se convierte en un factor de vital importancia dentro de la estructura competitiva de la empresa. Por otra parte, sistemas más avanzados de mantenimiento permiten una mayor disponibilidad de equipamiento con una significativa reducción de los costes y un desarrollo ascendente en cuanto a confiabilidad de suministro operacional se refiere, esto constituye a la implantación de un sistema de gestión de calidad y además representa pasos firmes para la introducción de un programa de mejora continua.

Mejorar la eficiencia de los equipos e instalaciones que componen la termoeléctrica de la fábrica Comandante Pedro Sotto Alba es una prioridad de los dirigentes y trabajadores de dicha entidad pero esta tarea pasa inevitablemente por la necesidad de sostener y lograr el correcto funcionamiento de estos medios el mayor tiempo posible y en las mejores condiciones por esta razón la labor del mantenimiento cobra cada día más importancia y es vital en el desarrollo de la empresa y en el cumplimiento de los lineamientos de la política económica de la Revolución.

En el presente capítulo se desarrollará la evaluación técnica del equipamiento eléctrico y se definirá la metodología a aplicar para evaluar la gestión de mantenimiento.

2.2 Descripción del suministro de la planta termoeléctrica.

La planta termoeléctrica se encuentra enclavada en Avenida Demetrio Presilla perteneciente al municipio de Moa, provincia de Holguín, consta de dos unidades. La energía eléctrica consumida en nuestra industria para el proceso metalúrgico es producida fundamentalmente por dos Turbo Generadores, conectados a una barra

común de 13.8 kV, de la cual se distribuye por sus respectivos alimentadores a los Talleres y Plantas de proceso.

Ambos Turbos Generadores poseen similares características diferenciándose entre otras cosas por su sistema de excitación.

Ambos Turbos Generadores poseen similares características diferenciándose entre otras cosas por su sistema de excitación.

Datos técnicos:

Cantidad de equipos ----- 2

Código-----303-TG-1,2

Marca----- Worthington

Datos placa del generador.

Potencia	7500 kVA	Velocidad	3600 r.p.m.
Voltaje nominal	13800 V	Temp.aire	60
Corriente nominal	314 A	Risefield	65
Cosφ	0.80	Field Volt	125
Fases	3	Field Amp	245
Frecuencia	60 Hz	Inst.fos	86
Potencia activa	6000 kW		

Datos de la turbina y la excitatriz.

Turbina:

Números de etapas ----- (TG-1) 1 curtis, 13 rateau, (TG-2) 1 curtis, 16 rateau.

Velocidad de trabajo -----3600 r.p.m.

Velocidad de disparo ----3960 r.p.m.

Velocidad crítica -----2100 r.p.m. (TG-1)

Velocidad crítica ----- 2320 r.p.m. (TG-2,3)

Rotación ----- Contrario agujas del reloj

Presión de vapor ----- 625 lbs/in²

Excitatriz :

Fabricante ----- Electric Machinery.

Frame----- 93.

kW----- 40.

Volt.----- 125 FL.

Duty----- Cont, Hr. 40 °C Rise.

Tipo----- E.D.F

R.P.M----- 3600

Amp.----- 320

Wound----- Shunt.

2.2.1 Descripción de la Pizarra 480 V.

La Empresa Pedro Soto Alba es alimentada a través de dos líneas de 110 kV desde un Tap existente desde Punta Gorda hasta la subestación de 110 kV en Centeno, estas alimentan a dos transformadores de 20 MVA y estos son los encargados de alimentar con un voltaje de 13.8 kV a la Empresa.

La planta termoeléctrica es la encargada de suministrar toda la energía consumida por la empresa, la cual consta en su sistema eléctrico con dos turbogeneradores denominados TG-1 y TG-2 de 7.5 MW cada uno acoplados a las barras de la sección 100 y 200 respectivamente, está a su vez presenta una tercera sección denominada 300 la cual es alimentada a través del breaker denominado UT-2 del sistema electro energético nacional (SEN), además de presentar en la sección 100 otro breaker denominado UT-1 el cual tiene la misma función que el UT-2; es importante aclarar que todas la barras de la sección 100, 200 y 300 tienen la posibilidad de enlazarse a través de los breaker denominados TIE 100/200 y TIE 200/300.

La pizarra de 480 Volts de la planta de termoeléctrica es la encargada de alimentar una series de cargas las cuales son de vital importancia para la planta, actualmente esta tiene dos seccione de barras pertenecientes al MAIN-1del cual se alimentanlos Centro de control de motores (MCC- 1, 3, 5, y las de bombas de agua 321 PU-1A y 321 PU-1B además de la planta auxiliar de 450KW usada en caso de emergencia y la sección de barra o MAIN-2 alimentan los Centro de control de motores MCC-2.4.6las bombas321-PU-1C y 321-PU-1Dademás compresores. Los alimentadores principalesMAIN-1 y 2 están alimentados por interruptores Klockner Moeller modelo IZM 32 sv 3200 de 2340 A. El TIEinterruptor de enlace Modelo Klockner Moeller IZM 32 sv 3200 de 2600 A. Los centro de control de motores MCC-1y2 están alimentados por dos Interruptores modelo Klockner Moeller IZM-32- v -1600 de 1600 A Los centro de control de motores MCC-3y4 están alimentados por dos interruptores modelo Klockner Moeller IZM -32 v -1600-SOND 303 de 1400 A.Los centro de control de motores MCC-

5y6 están alimentados por dos Interruptores modelo Klockner Moeller IZM -32 v -1600 de 720 A. Las bombas de agua de enfriamiento de la torre 321 PU-1A , 321 PU-1B 321-PU-1C y 321 PU-1D están alimentadas por interruptores modelo IN 32 -800 de 720 A y el compresor 303-CM-1C .Alimentado por un interruptor IN-32-800 de 720 para más información ver esquema monolinial.

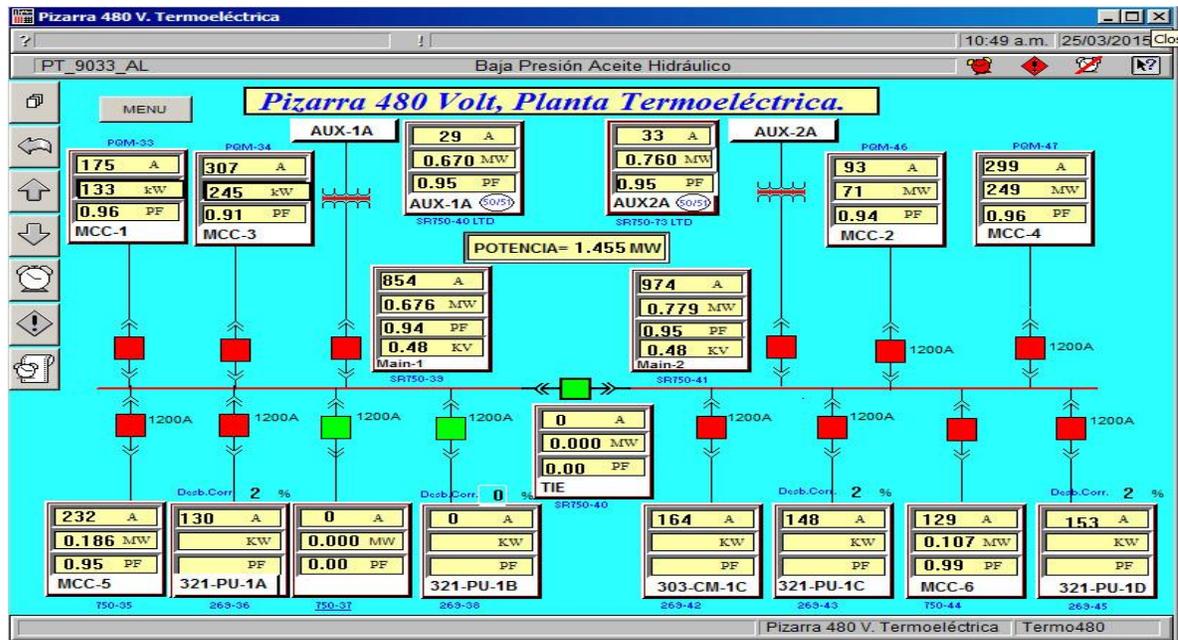


Figura 2.1. Pizarra de 480 V



Figura 2.2 Pizarra 480 V

Para tener en cuenta el comportamiento de los parámetros eléctrico se analizará el comportamiento de la corriente en las secciones de barra pertenecientes al MAIN-1 y MAIN-2.

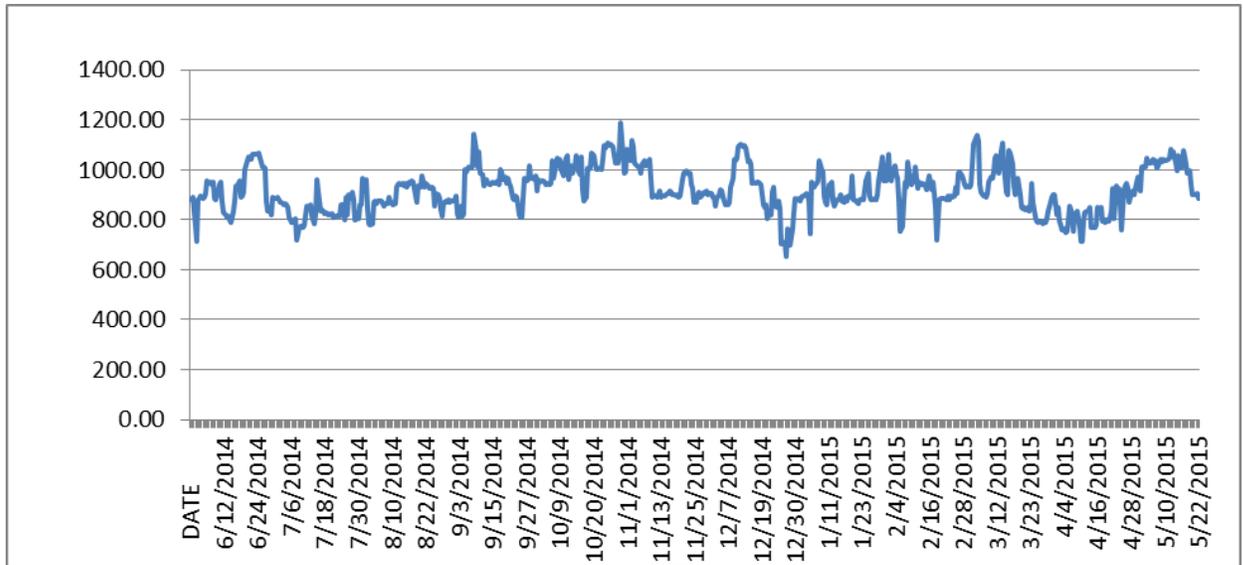


Figura: 2.3 Comportamiento de la corriente en la sección de barra MAIN-1.

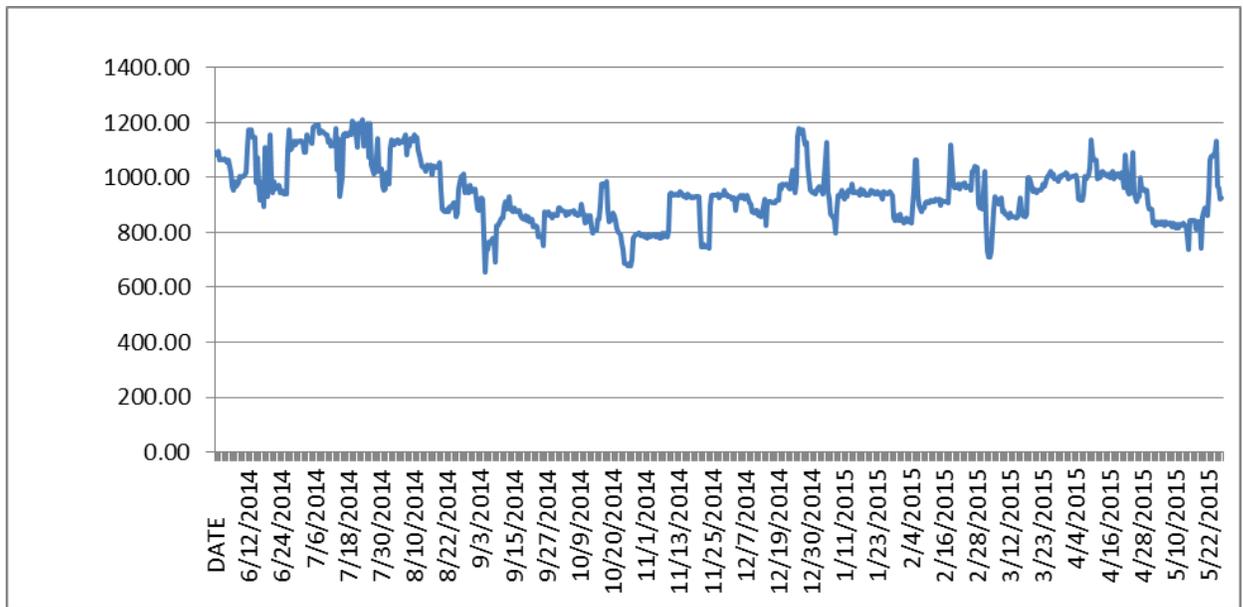


Figura: 2.4. Comportamiento de la corriente en la sección de barra MAIN-2.

En la figura 2.3 y 2.4 se observa el comportamiento de la corriente en las secciones de barras perteneciente al MAIN-1 y MAIN-2 para los cuales se hizo un balance de consumo en un periodo de seis meses, donde se puede apreciar que el alto consumo es prácticamente constante, por encima de los 1000Amp en ambas secciones o sea más de 2000Amp y su capacidad instalada es de 1000Amp por cada sección, lo que es notable el alto consumo, puesto que se encuentra por encima de la capacidad para la cual fue diseñada la pizarra actual y esto ha provocado un sobrecalentamiento en ambas secciones de barra de la pizarra de 480 Volt por lo que se hace necesario la sustitución de esta por una de mayor capacidad de suministro al no ser confiable su funcionamiento.

2.3 Problemas de confiabilidad de la pizarra.

Actualmente los alimentadores Main-1 y Main-2 están llevando alrededor de 1138 Amp y 936 Amp respectivamente, lo que da una carga total de 2076 Amp, lo que evidentemente supera los límites permisibles para la pizarra y para los TC (sensores de medición para las protecciones eléctricas), esto provocaría que por cualquier razón que hubiese que abrir un MAIN por mantenimiento o por el funcionamiento de la transferencia ya sea correcto o incorrecto se sobrecargaría en este caso los TC y las barras, pudiendo dar errores de medición los TC al equipo de protección (Multilin SR-750) o provocando sobre calentamientos.

Actualmente la potencia instalada en la misma supera los valores nominales para los cuales fue diseñada, los que se describen a continuación.

Tabla 2.1 Potencia instalada

Barra de la pizarra	2000 Amp.
Transformadores de corrientes	2000 Amp.
Breaker Klockner Moeller	2340 Amp

Realización de la prueba para determinar la conformidad con el diseño

1. Inspeccionar fabricación de pizarra 480 Volts, 2500 Amp, fabricada por GPAI y Comprobar que cumple con las especificaciones técnicas suministradas por Moa Nickel.

Se inspeccionó la pizarra, las dimensiones de las mismas coinciden con la especificada por el cliente, incluyendo todos sus componentes, (etiquetas, Multilin, cableado, barras), las barras se encontraban presestañadas y pintadas por sugerencia de Moa Nickel, todos los transformadores de corrientes presentaban la relación de transformación especificada, se verifico los transformadores potenciales y su conexión, se revisaron y chequearon los selectores manual de apertura y cierre de cada interruptor al igual que los selectores de tres posiciones (Manual automático y bloqueado), se revisaron el estado de los interruptores y alfileres se le realizaron pruebas sin cargas y se realizó una demostración del mantenimiento que se le debe de dar al mismo una vez instalado.

2. Participar en la revisión del alambrado y control de la pizarra, verificar que cumpla con el estándar de Moa Nickel.

Se revisó todo el alambrado de control y fuerza de la pizarra de cada uno de los 19 cubículos (transformadores de corrientes, potenciales, selectores de apertura y cierre,

relay multilin comunicaciones, puntos en regletas de conexión), se revisó el código de colores tanto para la comunicación como para el multilin según lo especificado por Moa Nickel y se corrigieron todos los errores según especificación técnica del cliente.

1. Participar en las pruebas de funcionamiento del equipamiento a nivel de banco de Pruebas y carga nominal, modificar y/o adicionar ajustes según las exigencias de Nuestra instalación.

Se participó en todas las pruebas del equipamiento con carga, con resultados satisfactorios. Las pruebas con cargas no se realizan a valor nominal por recomendación del fabricante, el suministrador emitirá reportes de calidad y prueba efectuado a los interruptores en fábrica realizada por un tercero. Se probaron los interruptores con cargas y se le realizaron pruebas a los transformadores de corrientes revisando las mediciones desde los relay Multilin y comprándola con amperímetro de gancho, se revisaron el desfasajes de los ángulos e igual se realizó la comprobación de los transformadores de voltaje y su desfasaje de los ángulos, se le aplicaron varios disparos a los interruptores de forma manual y a través los selectores de apertura y cierre, se probó la transferencia de energía automática de la pizarra a través de interruptor de enlace y también de forma manual, todos los resultados dieron de las pruebas dieron satisfactorios.

2. Simulación y búsqueda de falla del equipamiento bajo prueba antes de ser enviado a Moa Nickel y su puesta en operación.

Se simularon todo tipo de fallas reales a los diferentes cubículos, falla sobre corriente instantánea y sobre corriente con tiempo, se verificaron las curvas de disparo cortocircuitos, perdida de sincronismos para el cubículo de transferencia automática y

para el cubículo del generador auxiliar, pruebas de bajo voltaje y bloqueo la transferencia, se revisaron toda la comunicación de los multilin y la pizarra (RS232, RJ485 y Ethernet), se realizaron pruebas a las entradas y salidas digitales y analógicas, al igual que pruebas a las RTD de los relay 469 (Protección para motores) provocando disparos y alarmas, en todas las pruebas realizada se registraron valores esperados.

De forma complementaria el seguimiento a la continuidad del servicio, en términos de impactos y costos por las pérdidas de producción y por la reparación de equipos dañados.

De los estudios internacionalmente realizados puede observarse que un elemento que define los criterios de confiabilidad es el estudio de los registros históricos de los problemas o las interrupciones, y desde los que se demuestra la incidencia según fuentes y estadísticas de las fallas.

De los problemas que afectan la confiabilidad y calidad de las redes eléctricas es siempre de interés saber cuáles son más frecuentes que otros y, también, cuáles son las causas más frecuentes de que estos problemas se presenten.

Capítulo III. Análisis de los Resultados y Propuestas de Mejora.

3.1. Introducción.

La revisión de los temas tratados en el capítulo anterior y el cumplimiento de las tareas de investigación permiten lograr a partir de las mediciones y la recolección de datos seleccionar la propuesta que brinde una mayor operatividad y flexibilidad del esquema de suministro eléctrico de la empresa.

3.2. Análisis de las propuestas de mejoras

La importancia del proceso de mejora continua radica en que con su aplicación se puede contribuir a erradicar las debilidades y afianzar las fortalezas de la organización. A través de esta técnica gerencial se logra ser más productivos y competitivos en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte, la organización debe analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede ser que la organización crezca dentro del mercado y hasta lleguen a ser líderes.

La efectividad de la gestión del mantenimiento sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, constituyen la aportación del mantenimiento a la calidad de los servicios prestados.

Con esta investigación se identifican las deficiencias en estas diferentes áreas, permitiendo a la alta dirección un valioso instrumento para la toma de decisiones con respecto a la actividad de mantenimiento.

El estudio de la Ingeniería de la confiabilidad del suministro en la planta, ilustra como el suministro cumple a cabalidad las exigencias necesarias para lograr el nivel deseado. No siendo así para las condiciones anteriores ya que se alejan del estado deseado.

- El estudio bibliográfico permitió identificar el método de evaluación del sistema de suministro en las áreas de actuación como idóneo para realizarlo en la planta termoeléctrica.
- Los resultados de la aplicación de la metodología planteada y el análisis de la matriz DAFO permitieron realizar siete propuestas para alzar la gestión del mantenimiento del nivel planificado a un mantenimiento predictivo.

Se propone la ampliación del cuarto eléctrico, instalación y sustitución de la vieja pizarra por la nueva pizarra, se tendría mayor facilidad de distribución de las cargas de las cargas. Ejecución de los mantenimientos independientemente de las condiciones de trabajo de termoeléctrica. Mayor confiabilidad y estabilidad en el funcionamiento de los interruptores. Una disminución de riesgo de afectaciones a la producción y un ahorro sustancial de los costos de mantenimientos se restablecería de 2.5 meses a cada 6 meses como está establecido.

Para la investigación se analizaron las siguientes variantes:

Variante 1

No hacer nada. Continuar operando el sistema bajo las mismas condiciones no resolvería los problemas actuales.

- Aumento de los costos de mantenimiento por el aumento del ciclo de manteniendo.
- Riesgos de calentamiento de las barras de la pizarra por alta corriente.
- En el momento de ejecución de los mantenimientos se debe reducir la capacidad de producción de la fábrica, debido a que la barra no soporta la corriente de los 2 alimentadores.
- Se puede parar la fábrica por avería, por la falta de mantenimiento y la no existencia de piezas de repuesto en almacén.

Variante 2

Agregar una nueva pizarra manteniendo la actual con cargas de poca importancia.

- Realizar un cuarto nuevo. (No hay espacio)

Variante 3

Ampliar el cuarto eléctrico y cambiar la pizarra 480V de termoeléctrica por una pizarra con 3 secciones en barra y que soporte hasta 2500 A de corriente.

- Disminución en los gastos por mantenimiento.
- Disminución de la frecuencia de fallos.
- Posibilidad de aumentar las cargas en la pizarra de 480 V termoeléctrica.
- Operación más segura del sistema.
- Posibilidad de ejecutar los mantenimientos en tiempo.

Los principales indicadores para la evaluación de los resultados serán:

- Posibilidad de ejecución de los mantenimientos porque no estaría en los límites de la carga.
- Aumento de la disponibilidad de las cargas.
- Redistribución de las cargas esenciales a 2 secciones 100 y 200.
- Aseguramiento de suministros de los materiales en el almacén.

Después de analizar estos indicadores se propone cambiar la pizarra, ver figura 3.1.



Figura 3.1. Pizarra de 480 V propuesta

3.3 Metodología para el ajuste de las protecciones de la pizarra propuesta.

Ajuste del Relé 750/760 o protecciones de sobrecorriente.

El relé 750 Feeder Management es una unidad basada en microprocesadores pretendidas para el manejo y la protección primaria de alimentadores de distribución, así como para el manejo y la protección de apoyo de barras, transformadores, y las líneas de transmisión. El relé 750 es particularmente adecuado para alimentadores aéreos, dónde el recierre automático es normalmente aplicado. Cada relé provee protección, control y funciones de monitoreo con interfaces locales y las controladas remotas por humanos. También ostenta las condiciones presentes de disparo / alarma y la mayor parte de los más de 35 parámetros medidos del sistema. La grabación de

anteriores disparos, alarma o eventos de control, los niveles de demanda máxima y el consumo de energía son también realizados este relé se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Este relé contiene muchas características innovadoras. Para responsabilizarse por normas superiores de utilidad y los requisitos de la industria, estos rasgos tienen la flexibilidad para estar programados para utilizarse como el usuario específico necesite. Esta flexibilidad naturalmente hará de este equipo difícil. Para auxiliar a los usuarios nuevos a hacer funcionar la protección básica rápidamente, los puntos de referencia están configurados a valores predeterminados típicos y las características avanzadas están deshabilitadas. Estas configuraciones pueden ser reprogramado en cualquier momento. La programación puede ser realizada con el panel y el despliegue de la parte delantera. Debido a las numerosas configuraciones, este método manual puede ser algo difícil. Para simplificar la programación y proveer una interface más intuitiva, los puntos de referencia pueden ser introducidos con una PC que ejecuta el software EnerVista 750 Setup, lo cual viene con el relé. Aún con el mínimo conocimiento de la computadora, este software accionado por menú provee acceso fácil para todas las funciones del panel delantero. Los valores reales y los de referencia pueden ser exhibidos, alterados, guardados, e impresos. Si las configuraciones son guardadas en un archivo de referencia, estas pueden ser descargadas en cualquier momento al puerto de programas del panel delantero del relé a través de un cable de la computadora que se conecta al puerto serie de cualquier otra computadora personal(Multilin, 2004).



Figura 3.2 Relé protección de sobre corriente SR-750

Ajuste de la Protección de Sobre corriente de fase para tiempo definido (50p) y (50n).

$$Iop_{50PH} = Kseg * ICC_{extmáx} \quad Iop_{50N} = Kseg * ICC_{extmáx}$$

$$Ks = \frac{ICC_{2\Phi min}}{Iop_{50PH}} > 2 \quad Ks = \frac{ICC_{2\Phi min}}{Iop_{50N}} > 2$$

Ajuste de la protección de sobre corriente de fase para tiempo definido (50p) en la barra 110kV PSA para el interruptor H-941(V5=0) y en la barra Bus-1 para el interruptor H-942 (V4=0).

$$Iop_{50PH} = Kseg * ICC_{extmáx} \quad Ks = \frac{ICC_{2\Phi min}}{Iop_{50PH}} > 2$$

$$Iop_{50PH} = 1.2 * 4043A \quad Ks = \frac{3501}{4851} = 0.72 > 2 \quad \text{No se cumple el ajuste}$$

$$Iop_{50PH} = 4851A$$

Para lograr el ajuste se despeja:

$$2 = \frac{ICC_{2\Phi min}}{Iop_{50PH}} \quad Iop_{50PH} = \frac{ICC_{2\Phi min}}{2} = \frac{3501}{2} = 1750A$$

$Top_{50} = (0)_s$ Que actúa tan rápido como pueda (instantáneo)

Ajuste de la protección de sobre corriente de fase a tierra para tiempo definido (50p) en la barra 110kV PSA para el interruptor H-941(V5=0) y en la barra Bus-1 para el interruptor H-942 (V4=0).

$$Iop_{50N} = Kseg * ICC_{extm\acute{a}x} \quad Ks = \frac{ICC_{2\Phi min}}{Iop_{50N}} > 2$$

$$Iop_{50N} = 1.2 * 3807 A \quad Ks = \frac{3589}{4568} = 0.78 > 2 \quad \text{No se cumple el ajuste}$$

$$Iop_{50N} = 4568 A$$

Para lograr el ajuste se despeja:

$$2 = \frac{ICC_{2\Phi min}}{Iop_{50N}} \quad Iop_{50N} = \frac{ICC_{2\Phi min}}{2} = \frac{3589}{2} = 1794 A$$

$Top_{50} = (0)s$ Que actúa tan rápido como pueda (instantáneo)

Dónde:

Iccext máx.: Corriente de cortocircuito externa a máxima generación. Puede calcularse la que existe en el extremo de la línea

Kseg: Coeficiente que toma en cuenta los posibles errores de los relés, transformadores de corrientes, etc. (1,2 -1,3).

Iop50: Corriente de ajuste de los relés que constituyen el primer escalón.

Ks: Coeficiente de sensibilidad que garantiza el completo respaldo a las líneas adyacentes.

Ajuste de la protección de sobre corriente de fase a tierra para tiempo inverso (51p) y (51n).

$$Iop_{51P} = Kseg * I_{serm\acute{a}x} \quad S = \sqrt{3} * I * V$$

$$K_S = \frac{I_{CC_{2\Phi_{\min}}}}{I_{op_{51P}}} > 1.2 \quad I_{sm} = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Ajuste de la protección de sobre corriente de fase para tiempo inverso (51p) en la barra 110kV PSA para el interruptor H-941(V5=0) y en la barra Bus-1 para el interruptor H-942 (V4=0).

$$I_{op_{51P}} = K_{seg} * I_{serm\acute{a}x} \quad S = \sqrt{3} * I * V$$

$$I_{op_{51P}} = 1.5 * 105A \quad I_{sm} = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

$$I_{op_{51P}} = 1.5 * 105A \quad I_{sm} = \frac{20MVA}{\sqrt{3} * 110} = 105.5A$$

$$K_S = \frac{I_{CC_{2\Phi_{\min}}}}{I_{op_{51P}}} > 1.2 \quad K_S = \frac{3501}{157.5} = 22.2 > 1.2$$

Se cumple

$T_{op_{51}} = (0)s$ Que actúa tan rápido como pueda (instantáneo)

Ajuste de la protección de sobre corriente de fase a tierra para tiempo inverso (51n) en la barra 110kV PSA para el interruptor H-941(V5=0) y en la barra Bus-1 para el interruptor H-942 (V4=0).

$$I_{op_{51N}} = K_{seg} * I_{serm\acute{a}x} \quad S = \sqrt{3} * I * V$$

$$I_{op_{51N}} = 1.5 * 105A \quad I_{sm} = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

$$I_{op_{51N}} = 1.5 * 105A \quad I_{sm} = \frac{20MVA}{\sqrt{3} * 110} = 105.5A$$

$$K_s = \frac{I_{cc_{2\Phi_{\min}}}}{I_{op_{51N}}} > 1.2 \quad K_s = \frac{3589}{157.5} = 22.8 > 1.2$$

Se cumple

$Top_{51} = (0)s$ Que actúa tan rápido como pueda (instantáneo)

Dónde:

Kseg: Coeficiente de seguridad que toma en cuenta el error de medición del relé (1.5÷2).

Iser.máx: Máxima corriente permisible por la línea.

Ks: Coeficiente de sensibilidad que garantiza el completo respaldo a las líneas adyacentes.

3.4 Valoración Económica

Pérdida de producción.

Según análisis realizado el deterioro total de la pizarra por fallas o posibles incendios provocaría un paro total de termoeléctrica debido a que desde esta pizarra se alimentan todos los equipos auxiliares, bombas, compresores, calderas equipos esenciales para el funcionamiento de termoeléctrica.

La Variante 3 incluye sustitución completa de la Pizarra 480 V, por una pizarra de 3 secciones de barra y de 2600 A, ampliación del cuarto eléctrico de Termoeléctrica, reacomodo de los transformadores de 13.8/0.48 kV. Redistribución de las cargas esenciales de la pizarra.

Tabla 3.2 Estimado de costo detallado

	Capital	Total (Usd)
Costo directo		
Eléctrica e instalación	1,360,960	1,360,960
Civil, trabajo e instalación en el sitio	13,470	13,470
Estructuras, edificaciones e instalación	22,140	22,140
pintura e instalación	1,000	1,000
Costo directo total	1,397,570	1,397,570
Costo indirecto		
Ingeniería	100,610	100,610
Flete y construcción	180,390	180,390
Costo del propietario (solo capital)		
Costo indirecto total	281,000	281,000
Otros costos		
Contingencia y escalamiento	231,420	231,420
Total de otros costos	231,420	231,420
Costo total del proyecto		
Piezas de repuesto (otros)		

Contributions a Terceros		
Total de gastos para aprobación⁽²⁾	1,910,000	1,910,000

Los gastos de mantenimiento serán mínimos y estarán contemplados en el presupuesto del laboratorio.

¿Alguno de los componentes que comprenden la compra del equipamiento una parte esencial (Ej 80% o más) de algún componente existente según se detalla en el submayor de activos fijos del Baan?

¿Se espera que esta sustitución ocurra antes del final de la vida útil del componente existente?

Identificación de componentes

- Todos los trabajos normales, de rutina y periódicos; incluyendo las reparaciones se deben considerar a la hora de determinar la vida útil.
- Este monto total debe estar en concordancia con el gasto total del proyecto expresado en la sección 7.0.
- Puede existir la necesidad de estimar el costo original si el elemento que se le tramita la baja no se registró como elemento independiente en el pasado. El costo original se estima descontando el precio actual al del año en que el activo entro en uso. Remítase al Apéndice D como referencia.
- La depreciación acumulada representa el total depreciado hasta la fecha de un activo o componente del mismo. Remítase al Apéndice D como referencia.

3.5 Conclusiones

Desde un punto de vista más general el análisis de confiabilidad implica pensar en otros elementos más abarcadores, por lo que algunas metodologías analizan la estadística de fallas a través de los registros periódicos de la empresa (fallas registradas en la bitácora de la subestación), se clasifican las fallas en función de los elementos fallados (transformador, descargador de sobretensión, cortacorrente y desconocidas), se estiman los índices de confiabilidad y se analizan estos resultados, para cada elemento fallado y cada circuito.

CONCLUSIONES GENERALES

Con la culminación de este trabajo:

- 1- Se garantizar una mayor confiabilidad y fiabilidad del sistema de suministro energético de la Planta Termoeléctrica, a través de la nueva pizarra Siemens.
- 2- Se evidencio que existen reservas teóricas y técnicas para la mejora continua del servicio de distribución en media tensión
- 3- Se puso de manifiesto la posibilidad de nuevas formas de evaluación del estado de las protecciones y la existencia de márgenes dinámicos de explotación y predicción mediante el cálculo de elementos de confiabilidad y su predicción.
- 4- Se formula la creencia de que este tipo de trabajo ayuda a la proyección técnica y aporta los espacios necesarios para la futura evolución del servicio de distribución de media tensión de la empresa.

RECOMENDACIONES.

- Realizar un control estadístico que registre de los resultados de la evaluación de las diferentes áreas de actuación que permita valorar el desarrollo de la actividad de suministro.
- Lograr la capacitación del personal y junto a ello la adquisición de los módulos de herramientas necesarios para la realización de esta actividad.
- Generalizar el uso de la metodología para comprobar su efectividad en empresas de otro perfil productivo.

Bibliografía

1. Arraigada M. A. "Evaluación de Confiabilidad en Sistemas Eléctricos de Distribución" Tesis para optar por el grado de Magister, Pontificia Universidad de Chile, 1994
2. Gestión., 10. AENOR. Sistemas de. 2005. Guía para la integración de los sistemas de gestión. UNE 66177 . 2005.
3. Hernández M. Eduardo "Comparación de Métodos de Análisis de Confiabilidad Aplicados a Sistemas Eléctricos Industriales", Instituto de Investigaciones Eléctricas, Morelos, 2007.
4. ININ. 2008. Especificación de requisitos comunes del sistema de gestión como marco para la integración. 8. 2008. NC PAS 99.
5. *Maintenance Management and Terotechnology*. Husband, M; Parkers, Denis. 1976. USA : s.n., 1976, Ashgate Publishing.
6. NC-ISO, 19011. 2004. Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad ambiental. 2004.
7. Puche Panadero, Rubén. 2008. *Nuevos métodos de diagnosis de excentricidad y otras asimetrías rotóricas en máquinas eléctricas de inducción a través del análisis de la corriente estatórica*. Valencia, España : s.n., 2008.
8. Sayago R. L., "Metodología de Cálculo de Pérdidas Técnicas en Sistemas de Distribución de Energía Eléctrica", Condensa S.A, 2007
9. Suárez Lores, Elvis. 2008. *Metodología para el diagnóstico vibro-eléctrico de motores de inducción* . Holguín, Cuba : s.n., 2008.
10. Vázquez C. et al "Cálculo de los índices de Confiabilidad en Sistemas Eléctricos de Distribución en Venezuela", CLADE 2008.

11. Vega, L.O. 2012..*Propuesta de mejora a la gestión de mantenimiento de la DIM de los Laboratorios AICA*. Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento. La Habana. : s.n., 2012.

Woodhouse, J. 2001. Asset Management. *Woodhouse partnership. LTD*. Newbury, UK : s.n.,2001.

Anexo



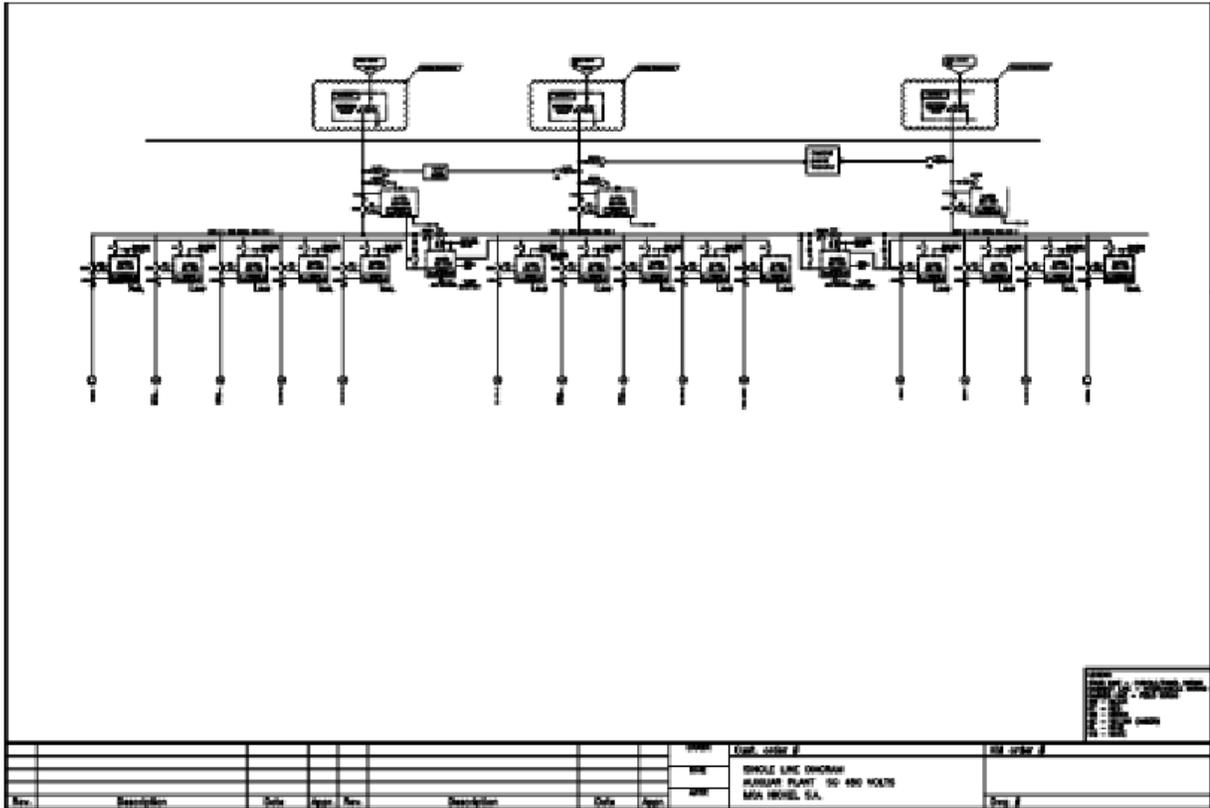
Anexo # 1. Interface de conexión de estos relés. Comunicaciones que usan el Puerto de RS232 Delantero.



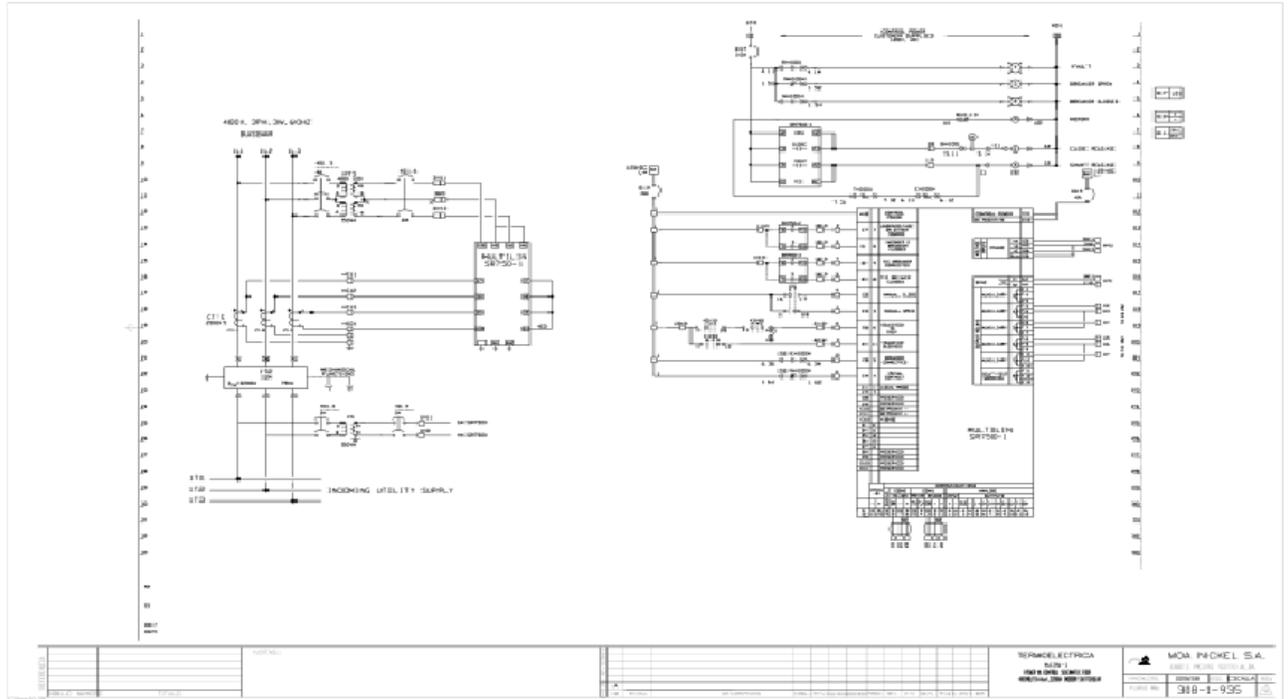
Anexo # 2 Conexión con el cable de red.



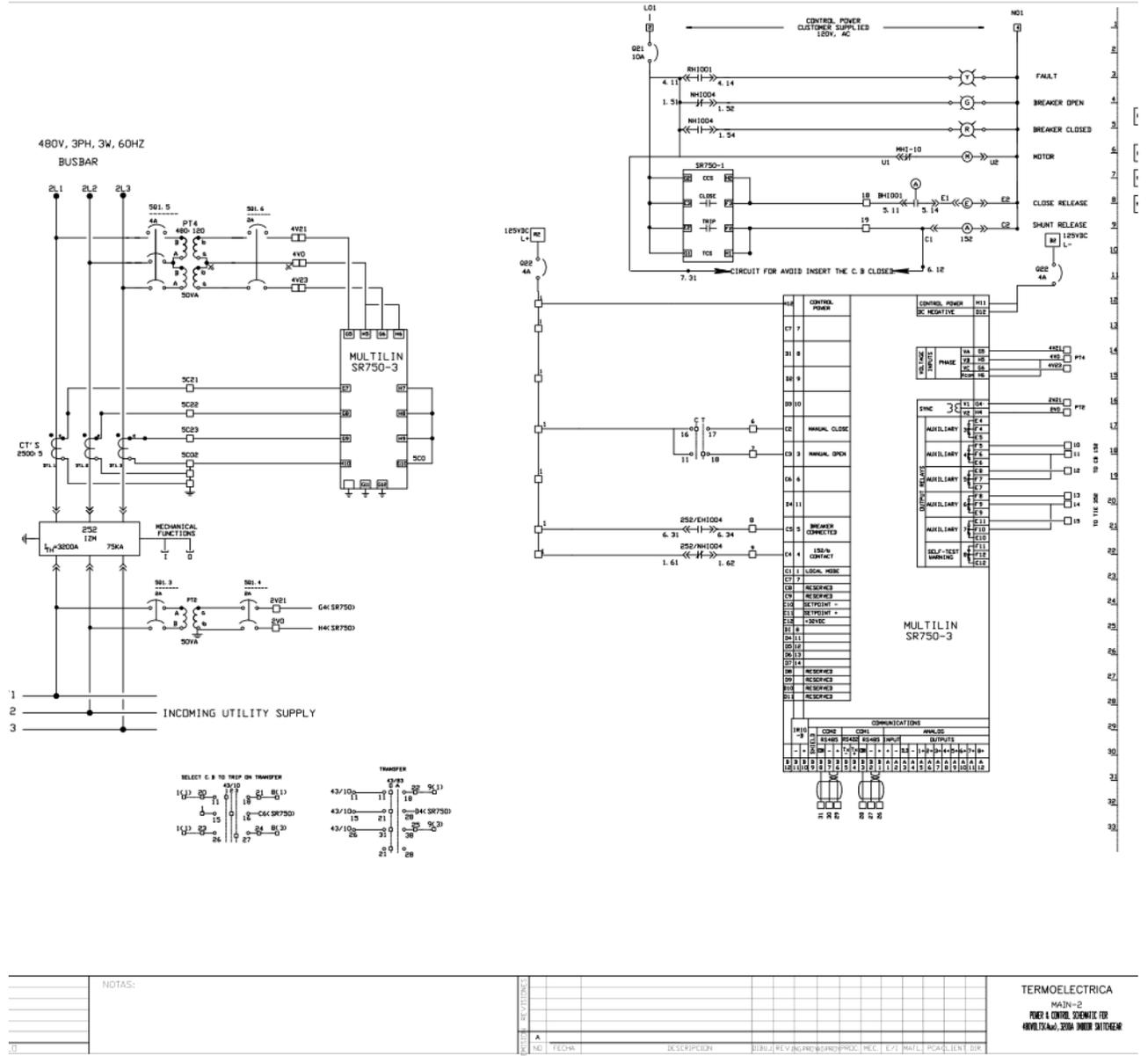
Anexo # 4. Termo-Eléctrica Fabrica Empresa Comandante Pedro Sotto Alba



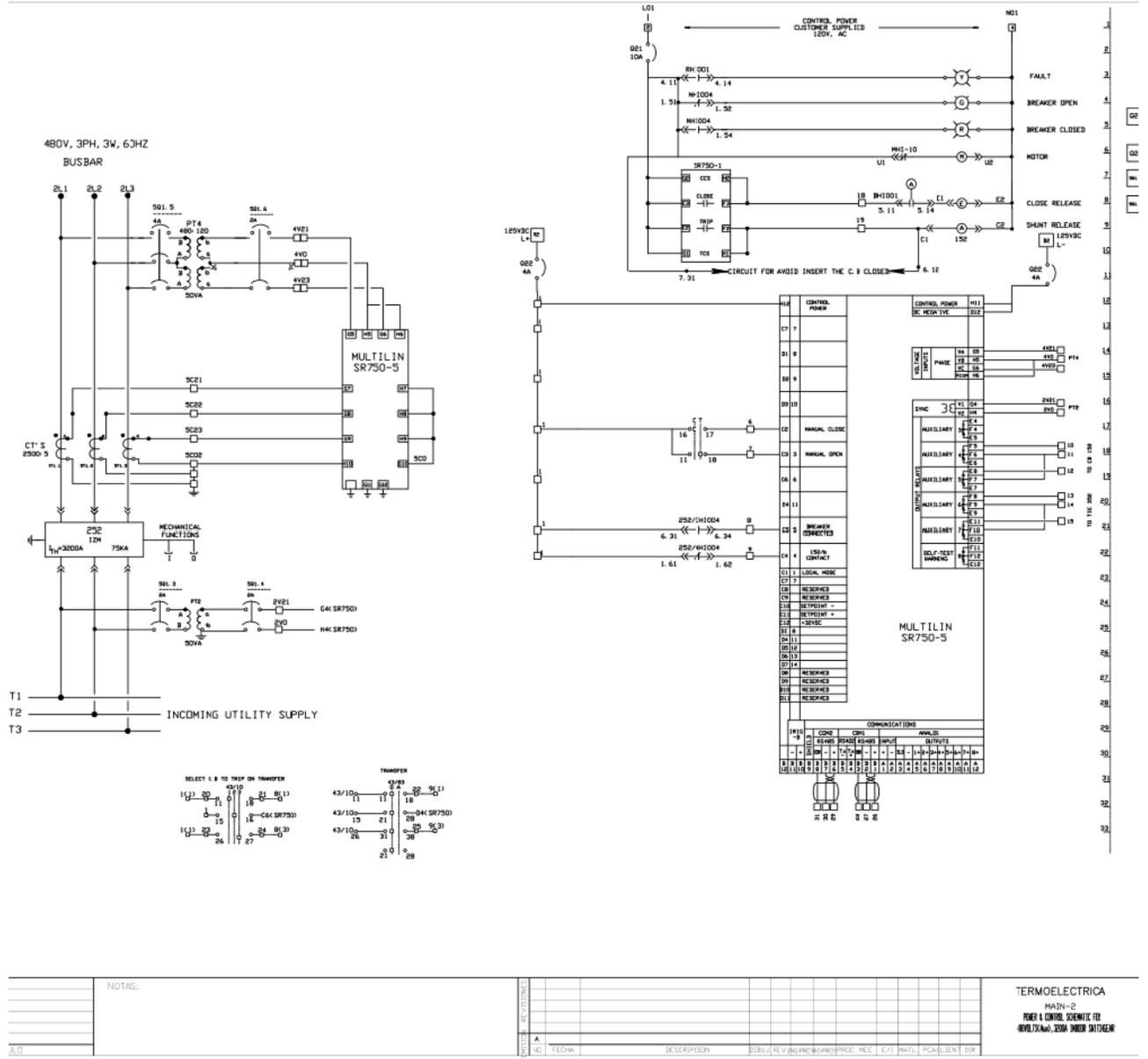
Anexo # 5. Esquema mono Lineal propuesto de 3 secciones



Anexo # 6. Sistema de control del MAIN-1



Anexo # 8. Sistema de control del MAIN-3



Anexo # 9. Sistema de control del TIE



Anexo # 11. Sección de Pizarra 480 V