



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ
FACULTAD METALURGIA-ELECTROMECAÁNICA
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA.

Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Eléctrico.

Título: Uso de las prestaciones del
interruptor
Nu-lec serie U para su óptima explotación
dentro de la Red.

Autor: Abdel Cruz Lores.
Tutores: Dr.C. Michel García Avilés.
Ing. Delfín Silva Días.

Moa 2010
“Año 52 de la Revolución.”





Declaración de Autoridad.

Yo: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Avilés.
Ing. Delfín Silva Días.

Autor de este Trabajo de Diploma titulado: **Uso de las prestaciones del interruptor Nu-lec para su óptima explotación dentro de la Red** certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

(Diplomante)

Abdel Cruz Lores.

(Tutores)

Dr.C. Michel García Avilés.
Ing. Delfín Silva Días.

Autor: Abdel Cruz Lores.

*Tutores: Dr.C. Michel García Avilés.
Ing. Delfín Silva Días.*



Pensamiento.



"... Si los jóvenes fallan, todo fallará. Es mi más profunda convicción que la juventud cubana luchará por impedirlo. Creo en ustedes."

Fidel Castro Ruz.



Dedicatoria.

Este Trabajo de Diploma está dedicado en primer lugar a mi familia, quien siempre me han apoyado incondicionalmente ha lo largo de toda mi vida y a su vez son en realidad merecedores de este logro tan importante en mi vida.

Muy en especial a mis padres, hermana: Felina Lores Espinosa, Odel Cruz Rodríguez y Arletis Cruz Lores, a quienes siempre estaré agradecido por todo el apoyo y la confianza;

A todos aquellos que no imaginaron que esto seria posible, y de manera muy grata a las personas que me dieron su apoyo incondicional en todo momento.

.....A mis amigos y a todas aquellas personas que me quieren.

Abdel Cruz Lores.



Agradecimientos.

Para agradecer, no solo hay que recibir algo material sino un gesto, una frase, un criterio, amistad: expresiones sencillas de valor incalculable.

.....Sin dudar y en primer lugar a mis padres y hermana, por brindar siempre su apoyo incondicional bajo condiciones de cualquier índole.....

A mis familiares más allegados que dijeron presente cuando los necesite.....

.....A mis compañeros de aula y de beca, en especial a Lázaro y Ernesto por la ayuda brindada durante este periodo....

.....A mis tutores Michel García Avilés y Delfín Silva Días unido a Pedro Barrera por la tutela brindada....

.....A todas aquellas personas que de forma (directa u indirecta) han hecho posible la realización de este trabajo aunque no los mencione a todos les estaré por siempre, muy agradecido.



Resumen.

Con motivo de la necesidad que presenta hoy en día el país, inmerso desde hace un tiempo atrás en la Revolución Energética en aras de un futuro energético mejor y próspero, la empresa Eléctrica provincial de Las Tunas se dio a la tarea de realizar un cambio en la configuración existente en los Interruptores Nu-lec serie U con previo estudio de las afectaciones que se producen debido a la subutilización de estos equipos.

El presente trabajo de investigación incluye el estudio de Circuitos de Distribución que estos interruptores alimentan, las características en el ajuste que los mismos poseen así como su funcionamiento previo. Dicho estudio responde a las expectativas formuladas en él, en base a los resultados que puedan alcanzarse.

Para ello el contenido del trabajo se dividió en tres capítulos, configurado y estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1: Este capítulo incluye las bases teóricas de la investigación: funcionamiento de las protecciones eléctricas, características de los interruptores no automáticos y del equipo en cuestión así como algunas de sus principales opciones y comportamiento.

Capítulo 2: En él se incluye las pruebas a los diversos Circuitos de Distribución de muestreo así como el posterior ajuste de las prestaciones de los interruptores Nu-lec serie U.

Capítulo 3: En el mismo se valora la factibilidad de la puesta en marcha de este proyecto seguido de la valoración técnico-económica contando con los objetivos y propósitos del trabajo.

Finalizando se muestran conclusiones y recomendaciones como resultado del estudio realizado a lo largo de la investigación.



Summary.

By reason of the need that the country presents nowadays, immersed from some time back get back in the Energetic Revolution for the sake of a better and prosperous future, the Electric provincial company of Las Tunas told someone to accomplish a change in the existent configuration in the Interruptores Nu- lec itself serie U with previous study of the affectations that they produce themselves due to the team's sub-utilization.

The present research work includes Distribution's study of Circuit that these feed, the characteristics in the adjustment than the same they possess. The aforementioned study responds to the expectations formulated in him, on the basis of the results that they may be enough.

The contents of work split into three chapters for it, configured and structured of the following way:

Chapter1: This subject matter includes investigation's theoretic bases: functioning of the electric protections, characteristics of the breakers not automatic and of the team in point as well as some of his principal options and behaviour.

Chapter2: Nu includes to the various Circuits of Sampling Distribution the proofs as well as the later adjustment of the social benefits of the breakers in him lec serie U.

Chapter3: In the same the feasibility of the starting of this project followed of the technical cost-reducing assessment counting on the objectives and purposes of work is appraised.

Finalizing findings and recommendations as a result of the evidence realized study themselves to I deliver it of investigation.



Índice.

PORTADA.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORIDAD.....	II
PENSAMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
RESUMEN.....	VI
SUMMARY.....	VII
ÍNDICE.....	VIII
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
PROBLEMA:	1
OBJETIVO GENERAL:	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
OBJETO DE ESTUDIO:.....	2
CAMPO DE ACCIÓN:	2
HIPÓTESIS:	2
TAREAS:	3
RESULTADOS ESPERADOS:.....	3
CAPÍTULO I BASES TEÓRICAS.....	4
1.1 GENERALIDADES DE LAS PROTECCIONES.....	5
<i>Coordinación de las protecciones.....</i>	9
1.2 TEORÍA DE LOS INTERRUPTORES NO AUTOMÁTICOS.....	11
1.21 Recerradores.....	12
1.211 Tipos de Recerradores:.....	13
1.22 Coordinación Recerrador –Fusible.....	14
1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS INTERRUPTORES NU-LEC.....	15
1.31 Características técnicas:	16
➤ DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE PROTECCIÓN.....	21
1.33 Descripción general del dispositivo.....	28
1.34 Características del software que lo rige.....	30
1.35 Automatización del interruptor Nu-lec serie U.....	32
CONCLUSIONES.....	35



CAPÍTULO II. ANÁLISIS DE LAS PRESTACIONES DE LOS INTERRUPTORES NU-LEC PARA SU ÓPTIMA CONFIGURACIÓN.	36
2.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.	37
2.11 Subestaciones Eléctricas.	38
➤ Transformadores.	39
2.2 PRUEBA EN VARIOS DE LOS CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN.	41
2.21 Análisis en los Circuitos de Distribución de muestreo (prueba).	42
CONCLUSIONES.	49
CAPÍTULO III VALORACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA.....	50
INTRODUCCIÓN.	50
3.1 VALORACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROYECTO.....	51
3.11 Valoración técnica.....	51
3.12 Valoración económica.	52
CONCLUSIONES.....	55
CONCLUSIONES GENERALES.....	56
RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.	



Introducción General.

En el mundo actual no se puede dejar de mencionar el desarrollo de la energía y con ella el uso racional de la misma, es por eso que en nuestro país se realizan grandes esfuerzos para elevar los parámetros de eficiencia con vista a aumentar los valores de rendimiento económico.

Los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) poseen diversas características al igual que las protecciones eléctricas implementadas en los mismos, es por ello que la debida selección de estos últimos garantizan la protección de los elementos del sistema contra los defectos que comúnmente en ellos ocurren.

El presente trabajo de investigación aborda el ajuste de las protecciones eléctricas implementadas en los interruptores Nu-lec serie U en la empresa provincial de Las Tunas teniendo en cuenta las características de la red, regímenes de funcionamiento y componentes principales de los circuitos para realizar una correcta selección.

Para concretar dicho estudio se tiene el siguiente planteamiento de la investigación y desarrollo del trabajo:

Problema:

¿Cómo utilizar las prestaciones del interruptor Nu-lec serie U para incidir en la calidad del servicio eléctrico que se brinda, por concepto de disminución de las interrupciones, reducción del tiempo de afectación y disminución de pérdidas eléctricas?



Objetivo General:

Analizar las prestaciones del Interruptor Nu-lec serie U y su utilización para el análisis técnico que permita ejecutar las acciones que mejoren los indicadores de eficiencia y la explotación óptima de los dispositivos dentro de las redes.

Objetivos Específicos:

- Analizar el uso de las prestaciones del interruptor Nu-lec serie U.
- Determinar la óptima explotación de las características de protección del dispositivo.
- Verificar la influencia en la calidad del servicio brindado por concepto de:
 1. Disminución del # de interrupciones.
 2. Reducción del tiempo de afectación.
 3. Pérdidas eléctricas.

Objeto de estudio:

Sistemas Eléctricos de Distribución en la provincia de Las Tunas protegidos por interruptores Nu-lec serie U.

Campo de acción:

Optimización del uso de los interruptores Nu-lec serie U.

Hipótesis:

Con la utilización de las principales prestaciones del interruptor Nu-lec es posible mejorar los indicadores de eficiencia de la Empresa Eléctrica en la empresa provincial de Las Tunas, junto con la explotación óptima de los dispositivos dentro de las redes.



Tareas:

- Estudio de las prestaciones del interruptor Nu-lec serie U.
- Análisis y estudio de los Circuitos de Distribución.
- Comportamiento del dispositivo de protección Nu-lec serie U antes de realizar el estudio.
- Reajuste en la programación de equipamiento.

Resultados esperados:

- Determinar todas las prestaciones que brinda el interruptor Nu-lec.
- Seleccionar que prestaciones se pueden utilizar para el análisis técnico del comportamiento de la red.
- Propuesta de capacitación para el personal técnico que opera los interruptores Nu-lec serie U para el uso de las principales prestaciones
- Aplicar las experiencias y resultados de la investigación a los circuitos de distribución y valorar el resultado que se obtiene en los indicadores de eficiencia y en la explotación de la red para generalizarlo en la provincia.



Capítulo I Bases Teóricas.

Introducción.

El uso de las protecciones eléctricas hoy en día se hace más complejo y diverso de ahí que toda instalación eléctrica debe estar equipada de una serie de protecciones que la hagan segura, ya sea desde el punto de vista de su manipulación como seguridad del personal que opera en ella. El desarrollo moderno ha traído consigo un aumento en el uso de las protecciones eléctricas ya que marca pautas en todo el quehacer del hombre en su andar. Por lo general en la actualidad todas las grandes tecnologías y acontecimientos novedosos poseen un sistema de protección, es por ello que se hace inevitable superar valores de acción de los elementos de desconexión puesto que los mismos deben estar listos para la desconexión de la zona o parte del sistema averiado en cualquier momento.

En el presente capítulo se exponen perspectivas de desarrollo encaminando todo el estudio al análisis de las prestaciones del interruptor Nu-lec serie U, así como los regímenes de trabajo que posee el dispositivo en estos momentos, haciendo énfasis en las características, partes constructivas y funcionamiento de estos dispositivos.



Figura: 1.1 Recerrador Automático de montaje en poste (Nu-lec) serie U.



1.1 Generalidades de las protecciones.

El primer Sistema Eléctrico de Potencia fue construido por la compañía Norte Americana General Electric en 1878. De ahí que la ciencia de las protecciones eléctricas es tan antigua como el SEP mismo y tiene ya un poco más de un siglo de existencia.

Las protecciones eléctricas no son más que dispositivos cuya finalidad como su nombre lo indica es desconectar tan rápido como sea posible y necesario, la parte del sistema eléctrico que este averiada [7].

Los dispositivos de protección datan de siglos pasados aunque no es hasta inicios del siglo pasado que cobran mayor auge es decir que poseen ya más de 70 años, a lo largo de los cuales se han realizado grandes evoluciones con la utilización de la tecnología.

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 elementos está el elemento de comparación, que accionará cuando el valor del o 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 [6].

Podemos decir que las protecciones se caracterizan por ser dispositivos **primarios** o **secundarios** dependiendo de que si la señales serán medidas directamente de la línea o a través de dispositivos de medición (transformadores de corriente, de potencial, etc.).



La acción de las protecciones nunca es instantánea. Aunque se han logrado tiempos muy pequeños, siempre hay un retraso entre la ocurrencia del fallo y la desconexión del mismo, en esto influyen los retardos de tiempo de cada uno de los elementos de la protección. En ocasiones, estos elementos presentan una demora de tiempo que no tiene relación alguna con el valor o nivel del fenómeno transitorio (Temporización Independiente) y en otros casos si (temporización dependiente). 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.

El **problema** fundamental que se presenta a la hora de proteger eficazmente un SEP es lograr la diferenciación adecuadamente entre un régimen de avería intolerable y un régimen transitorio permisible por muy severo que este sea.

Las averías en los Sistemas Eléctricos de Potencia son inevitables, es por eso que toda instalación eléctrica debe estar provista de una serie de protecciones que la hagan segura, debido a que su misión es realizar la desconexión de la parte dañada tan rápido sea posible[8].

Los sistemas eléctricos de potencia (SEP) son protegidos por los dispositivos de protección adecuados, utilizando en la actualidad dispositivos de gran reacción garantizando que ocurra la menor cantidad posible de fallas [3].

Las anomalías de la red siguen siendo prácticamente las mismas y las fallas de las que proteger también, pero las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías deben de hacernos modificar todos los fenómenos derivados de las perturbaciones en el sistema eléctrico, para hacer el mejor uso y aplicar nuevas



técnicas en la selección y detección de las fallas. Se deben tener en cuenta tres principios básicos de las protecciones:

- 1- Todas las fallas deben considerarse como transitorias.
- 2- Si la falla es permanente, se debe desconectar (eliminar) la falla.
- 3- Se debe desconectar la menor parte del circuito.

Los objetivos de la protección de los Sistemas de Distribución son tres (3):

- Prevenir o minimizar los daños a los equipos y circuitos.
- Prevenir daños al público.
- Mantener y mejorar la continuidad de servicios al cliente.

Nota: En ocasiones las protecciones no son seleccionadas con el cuidado debido y ello implica que no se vean afectadas por las fallas que se produzcan fuera de los equipos o de las zonas que tienen bajo su responsabilidad.

Existen seis aspectos fundamentales a tener en cuenta en el diseño de los sistemas de protección de los SEP [7]:

- 1) Confiabilidad.- Se relaciona con el hecho de que la protección actúe de manera correcta cuando se requiere y no opere innecesariamente.
- 2) Selectividad. - Es la capacidad de la protección para reconocer una falla y operar el mínimo número de interruptores para aislar la misma. Un sistema de protección bien diseñado debe dar un máximo de continuidad en el servicio con el mínimo número de desconexiones.



- En ocasiones las protecciones no son seleccionadas con el cuidado debido y ello implica el que no se vean afectadas por las faltas que se produzcan fuera de los equipos o de las zonas que tienen bajo su responsabilidad.
 - La selectividad de una protección determina la posibilidad de escoger adecuadamente dentro de que zona de protección se ubica la falla y luego realizar el disparo. Las protecciones deben diferenciar entre aquellas fallas para las que deben de operar por haberse producido en los propios equipos que protegen, de las fallas que se produzcan en otros equipos para las que no deben de operar.
 - Otro tipo de protecciones, con actuación diferida en fallas fuera de su zona encomendada, son consideradas relativamente selectivas. En estas protecciones generalmente, la selectividad se obtiene a través de diferentes ajustes de los niveles de respuesta y de los tiempos de operación, en coordinación con los que se pretende sean selectivos.
- 3) Velocidad. – Es la propiedad de desconectar un sistema fallado tan rápido como sea posible con un daño mínimo del equipamiento y de las condiciones de estabilidad del SEP.
- La Rapidez es un aspecto esencial para el correcto uso de las protecciones eléctricas, puesto que estas garantizan una respuesta eficaz, por ende evitan que se produzcan insuficiencia en el Sistema por su mala selección. La rapidez de operación tiene además, repercusión directa en la estabilidad general del sistema eléctrico.



- 4) Simplicidad. – Se relaciona con la utilización de la mínima cantidad de equipamientos y conexiones en la estructura de las protecciones, lo que necesariamente implicará más fácil mantenimiento y confiabilidad.
- 5) Economía. – Debe asegurarse máxima protección del sistema al más bajo costo posible.
- 6) Sensibilidad – Que la protección responda a la mínima falla de la zona que protege.

Los Sistema de protección debe ser lo suficientemente sensible al realizar la desconexión ante la ocurrencia de la falla mínima que se pueda dar en la parte del sistema que tenga encomendada su evacuación. En cualquier sistema eléctrico, en varias ocasiones durante los distintos horarios del día y en diferentes épocas del año, la carga puede variar entre límites muy amplios.

Para cubrir tales exigencias cambiantes de la carga, es preciso poner diferentes combinaciones en la generación que propicien los disparos pertinentes. En estas condiciones, circulará por la protección la mínima corriente de falla al producirse un cortocircuito y esta deberá ser lo suficientemente sensible para detectar dicha falla.

Coordinación de las protecciones.

En esta característica se seleccionan los diferentes dispositivos para la protección, de forma tal que trabajen en cadena y así poder detectar la falla y solo sacar de servicio la zona afectada [6].

Para la realización de esta operación hay que tener en cuenta una serie de pasos generales los cuales son:



-
- Poseer la información necesaria del Sistema Eléctrico a proteger, indicando las características de los elementos del sistema en el diagrama unifilar.
 - Determinar los valores máximos de carga, de acuerdo a la capacidad nominal del circuito protegido.
 - Calcular las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los puntos del sistema que sean importantes para la coordinación.
 - Recopilar y seleccionar información técnica sobre los equipos de protección existentes o que se instalarán en el sistema eléctrico, entre ellas las curvas características de tiempo-corriente de cada dispositivo de protección.
 - Ubicar y seleccionar las características y rango de ajustes de los equipos de protección para que cumplan con las exigencias básicas del circuito a proteger y las normas existentes para tal fin.
 - El proceso de coordinación debe realizarse desde la carga hacia la fuente, en los sistemas radiales.
 - Realizar la coordinación, es decir, escoger las características de operación y ajuste de los dispositivos de protección de modo que exista selectividad.

Nota: Un sistema incorrectamente protegido no tendrá calidad, sin importar si ha sido correctamente diseñado y que se esté siendo explotado de forma óptima.



1.2 Teoría de los Interruptores no automáticos.

Los interruptores no automáticos son artículos o aparatos diseñados para interrumpir o cortar valores máximos de corriente en un circuito de forma manual teniendo una gran aplicación en los Sistemas Eléctricos y en la Industria.

Los interruptores no automáticos que realizan la conexión o desconexión de las redes eléctricas son generalmente gobernados por relees y operan directamente en el Sistema de Potencia.

El relee es el centro de control de todas las funciones que puedan implementarse en un interruptor ya que es, un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos.

Dado que el relee es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

Estos interruptores no automáticos poseen un relee de protección que ordenan disparos en caso de falla. Es decir son el cerebro del sistema de protecciones ya que contienen la lógica que deben seguir los interruptores. Se comunican con el sistema de potencia por medio de los elementos de medida y ordenan operar a dispositivos tales como interruptores, reconectadores, seccionadores u otros.

El Sistema de alimentación de las protecciones es energizado de forma independiente con el fin de garantizar autonomía en la operación. De esta forma los relees e interruptores puedan efectuar su trabajo sin interferir. Es común que estos sistemas sean de tensión continua y estén alimentados por baterías o pilas.

Sistema de comunicaciones. Es el que permite conocer el estado de interruptores y relees con el fin de poder realizar operaciones y analizar el estado del sistema eléctrico de potencia.



Los diseños y prestaciones específicas varían mucho con los requerimientos de aplicación, con las diferencias de construcción así como con el ciclo de vida del diseño en particular. Originalmente, todos los relevadores de protección fueron del tipo electromagnético y electromecánico, los que siguen estando en gran uso, pero los diseños de estado sólido están proliferando.

1.21 Recerradores.

Existen dispositivos de protección destinados a proteger los Sistemas Eléctricos contra fallas transitorias (90%) o permanentes (10%) dentro de los que se encuentran algunos relees de sobrecorriente y los Recreadores [6].

Los Recerradores son dispositivos capaces de desconectar un circuito o porción de él ante la ocurrencia de una falla y pasado un período predeterminado conectar de nuevo el circuito, manteniendo la continuidad del servicio en caso de que la falla se limpie (si es transitoria), o desconecte definitivamente si la falla es permanente y antes no ha operado la protección local de la porción fallada.

En su forma más básica un Reconectador como también suelen llamarse detectarán una falla y luego abrirá por un tiempo preprogramado antes de cerrar automáticamente. Este cierre automático es denominado auto-recierre y se pueden utilizar múltiples operaciones de apertura y cierre para despejar fallas transitorias. Si la falla es transitoria y es despejada cuando la línea está desenergizada el siguiente auto-recierre restituirá el suministro. Si la falla es permanente eventualmente el Reconectador abrirá y no intentará cerrar hasta que sea indicado por el operador. Este estado es denominado como bloqueo del reconectador.

La experiencia en el uso de estos dispositivos de protección señala que en el primer re cierre se elimina el 80%, en el segundo el 5% y un 2% en el tercero siendo el resto de las fallas permanentes.



Estos dispositivos se diseñan para operar siguiendo una secuencia de operaciones de disparo, lo anterior se justifica por el hecho de que si la falla no persiste sea limpiada en dos recierres rápidos y no se produzcan después de restablecimiento transitorios intensos.

1.211 Tipos de Recerradores:

Según el número de fases se clasifican en trifásicos y monofásicos, de acuerdo con el medio interruptivo pueden ser de aceite, SF₆ o vacío. Se fabrican de capacidad interruptiva Standard, media y de gran capacidad, y el control puede ser hidráulico o electrónico.

Curvas de operación.

Los Recerradores tienen dos tipos de curvas de trabajo, una rápida (curva A) esta es la de operación rápida del recerrador y una lenta (curva B) o con retardo de tiempo.

La selección y ubicación de un recerrador es una decisión importante por el hecho de que representa un alto costo de inversión y porque disminuye considerablemente los tiempos de interrupciones cuando se ubica en una porción del circuito que lo justifique. Para su ubicación hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Índice de fallas de las porciones de circuito o ramales y la naturaleza de dichas fallas. Si existe algún circuito en que la naturaleza de las fallas es permanente, no es lógico ubicarles un recerrador, igualmente sucede si el índice de fallas es bajo.
- b) Importancia del circuito o porción del mismo, atendiendo a los consumidores, debe observarse en caso de tener un consumidor de extrema importancia no ubicar el recerrador de forma que la alimentación pase a través del mismo para evitarse recierres innecesarios.
- c) El recerrador debe ubicarse en el tronco principal de la línea y no en los ramales



1.22 Coordinación Recerrador –Fusible.

Los Recerradores en algunos casos deben ser más rápidos que las protecciones adyacentes y en ocasiones deben ser más lentos. Para esto, se suelen crear con diferentes curvas de temporización en cada una de las conmutaciones. La primera de las conmutaciones suele ser de acción rápida (en ocasiones de tiempo definido o instantánea) (curva A) y las restantes de tiempo inverso con grandes demoras de tiempos (Curva B y C) (figura 1.3).

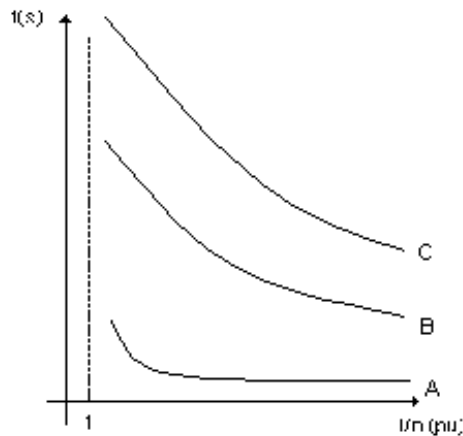


Figura: 1.3 Característica hipotética de temporización de un Recerrador.

Para efectuar esta coordinación se supone que los fusibles han sido seleccionados previamente después de coordinarlos con elementos aguas abajo, lo que se busca con la coordinación es que para todos los valores de I_{cc} se tiene que cumplir la condición de que el tiempo mínimo de fusión (t_{mf}) del fusible sea mayor que el de apertura del recerrador en la curva rápida (A) y en la curva lenta (B) debe ser menor que el valor de tiempo que el tiempo máximo de limpieza (t_{ml}) del fusible. La peor condición si se analizan las curvas rápida y de fusión del fusible es con el cortocircuito máximo[1].

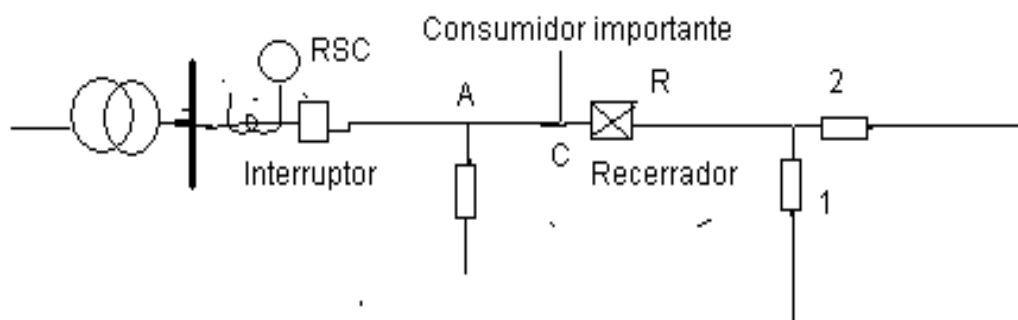


Fig:1.3 Esquema típico recerrador- fusibles.

1.3 Descripción de los interruptores Nu-lec.

Dentro de los dispositivos de protección más utilizados de última generación se encuentra el Interruptor **Nu-lec serie U** que no es más Recerrador Automático de montaje en poste; el mismo data del año 1999, pero solo hasta el año 2006 es que se produce su inserción en Cuba fue fabricante por la compañía Australiana Nu-lec Industries Pty Ltd.

El Restaurador Automático Nu-lec es un interruptor trifásico montado en poste para uso intemperie, diseñado con tecnología de punta. El Restaurador forma parte de la familia de dispositivos de distribución optimizados de Nu-lec operados a control remoto y compatible con cualquier sistema automatizado.

El mismo cuenta con interruptores en vacío aislados con gas SF₆, se encuentran en un tanque de acero inoxidable completamente sellado. Estas características reducen el mantenimiento que se le tuviera que dar a la unidad como mantenimiento, reemplazos de partes, ajustes, entre otros. Los cables completamente resistentes al agua, los soportes integrados para los apartarrayos y dinámico diseño del montaje en poste, contribuyen a la rápida instalación a bajo costo. Su operación se basa en solenoides que no requieren alimentación de alto voltaje.



Cuenta con un Control Electrónico el cual se encuentra ubicado dentro del Gabinete de Control y Comunicaciones fabricado con acero inoxidable diseñado para operar bajo condiciones ambientales extremas. Posee un Panel de Control para todo tipo de clima de fácil operación del operador local. Se monitorean y controlan los eventos incorporando una UTR Unidad Terminal Remota como una de las ventajas ofrecidas por el dispositivo.

1.31 Características técnicas:

El Recerrador Automático de montaje en poste es un equipamiento que cuenta con diferentes partes y dispositivos dentro de los que se destacan:

- ❖ Gabinete de Control.
 - A. Control Electrónico.
 - Panel de Control.
 - Tarjeta de Control del CAMP.
- ❖ Reconectador.
 - A. Terminal I.
 - B. Interruptor en vacío.
 - C. Punto de puesta a tierra.
 - D. Bushing epoxi.
 - E. Tanque de acero inoxidable.
 - F. Actuador magnético.
 - G. Tarjeta SCHEM.
 - H. Cable al gabinete de Control.
 - I. Anillo de apertura Manual.
 - J. Indicador de posición.
 - K. Tapa de acero inoxidable.
 - L. Transformador de corriente.
 - M. Transformador Capacitivo de Tensión.
 - N. Terminal lado X.



[Ver Anexo # 1](#)

Todas estas funciones de protección son controladas mediante el **Control Electrónico** donde una característica única de Recerrador es la fuente microprocesadora incorporada que cuenta con un relee de protección de sobrecorriente, un relee de protección para tierra de alta sensibilidad y un relee de recierre conjuntamente con una Unidad Terminal Remota (UTR).

El dispositivo de protección optimizado con tecnología Nu-lec cuenta con prestaciones o servicios de protección programados desde el Gabinete de Control por el operador almacenando hasta diez parámetros que van desde la A-J. contando con estas características:

- Bloqueo direccional.
- Baja/Sobre frecuencia.
- Protección de fase.
- Protección de corte simple de fase.
- Protección de banderas de trabajo por fase.
- Protección de tierra.
- Protección de corte simple de tierra.
- Protección de banderas de trabajo de tierra.
- Protección de secuencia negativa de fase.
- Protección de corte simple de secuencia negativa de fase.
- Protección de banderas de trabajo de secuencia negativa de fase.
- Protección de Baja/Sobre voltaje.

Las protecciones de alta tecnología que provee el Nu-lec serie U al usuario (operador) son de muy fácil utilización ya que los parámetros de protección que ofrece el mismo mediante la programación pueden ser reprogramados, por lo que permite además otro tipo de protecciones:

- Es decir cuando se detecta una falla en la Línea, el Restaurador se dispara activando estos elementos de protección:



-
- Falla de tierra (E/F).
 - Falla de tierra sensitiva (SEF).
 - Protección de sobrecorriente.
 - Protección de pérdida de fase (LOP).
 - Protección de baja/sobre frecuencia.
 - Protección de secuencia de fase negativa (NPS).

Todas estas características de protección pueden ser programadas por el operador (usuario) desde el "**Panel de Control o Gabinete**" del equipamiento mediante el CAMP que no es más que el módulo de protección y control del equipo siendo este el primer contacto de interacción con el dispositivo permitiendo las siguientes operaciones:

- ✓ Disparo y cierre de los interruptores.
- ✓ Habilitación del disparo y cierre de los circuitos.
- ✓ Cambio de ajustes del operador tales como: Auto Recierre ON/OFF, modo Local/Remoto.
- ✓ Cambio en los ajustes de configuración de protección, comunicaciones y mediciones.
- ✓ Verificación de estado de los interruptores.
- ✓ Visualización del estado del sistema y otros valores análogos.
- ✓ Observación de la bitácora (ventana) de eventos.
- ✓ Monitoreo de los valores de máxima demanda.

[Ver Anexo # 2.](#)

1. El CAMP cuenta con 2 versiones (CAMP4 y 5) cada una de ella con múltiples y diversas características como se muestran a continuación:

Utiliza un microprocesador Motorola 68332, EPROM con memoria Flash "no volátil" y 1Mbyte de memoria estática volátil de lectura y escritura.

La memoria no volátil se utiliza para almacenar programas, parámetros de configuración y el historial.

- El CAMP4 tiene 2 Mega byte de memoria.



-
- El CAMP5 tiene 4 Mega byte de memoria.

La memoria volátil se utiliza mientras se esta trabajando; es decir, no retiene información luego de apagar el sistema.

Figura: 1.4 Visualización de una tarjeta CAMP.



Tarjeta Electrónica del Módulo de Control y Protección (CAMP)

El Gabinete de Control muestra los diferentes dispositivos y aplicaciones internas con que cuentan los Nu-lec. Siendo esta la parte, el componente de mayor importancia ya que es capaz de monitorear y controlar todas las acciones de protección que realiza el Nu-lec.

- Gabinete de Control.
 - Funciones de protección y Auto-cierre.
 - Protección de tiempo inverso.
 - Protección de tiempo definido.
 - Protección Instantánea.
 - Protección de falla de tierra sensible (SEF).
 - Protección de corriente de Inrush.
 - Protección de pérdida de fase (LOP).
 - Protección de sobre y baja frecuencia (únicamente CAMP 5).
 - Bloqueo por carga fría.
 - Bloqueo por altas corriente.
- Restaurador Automático.
 - Temporizaciones básicas.
 - Entrada de disparo rápida. Módulo de temporización.
 - Rangos de operación.



- Vida útil.
- Ciclo de operaciones.
- Botas de las boquillas.
- Cables de Alta Tensión.
- Transformadores de Corriente.
- Medio ambiente.

Nota: Estas funciones de protección implementadas en el dispositivo se encuentran dentro del Cubículo o Gabinete de Control.

.Figura:1.5 Vista del Gabinete de Control de un ACR.



Gabinete de Control y Comunicaciones de Montaje en Poste

Variantes de fuentes de suministro auxiliar.

El Gabinete de Control usa diversas vías de fuente de suministro auxiliar entre las que se destacan:

Fuente de alimentación auxiliar de baja tensión 110/o 240V AC.

Fuentes duales de alimentación auxiliar de baja tensión 110/o 240v AC.



Fuentes duales de alimentación auxiliar para los TC/TP ubicados en postes de 27V AC.

➤ ***Descripción de algunas de las características de protección.***

1. Protección de tiempo Inverso:

Esta protección posee un funcionamiento específico ya que actúan como protección auxiliar o adicional disponible para realizar una operación en caso fallas de fase, PSN, tierra; teniendo ajustes específicos programados por el operador desde el panel de control o su control remoto si posee. Es monitoreado por un total de 48 curvas que son programadas por el usuario.

2. Protección de tiempo definido:

Los parámetros de corriente de configuración de la protección, son similares que la protección de tiempo Inverso solo que operan para la curva de tiempo definido. Además podemos decir que esta variante trabaja abriendo al reconectador en un tiempo prefijado luego de la detección de la falla.

3. Protección Instantánea:

Esta es otra protección adicional o alternativa para la ausencia de las anteriores y se puede aplicar tanto a fase, PSN, protección a tierra. La misma opera abriendo al reconectador si la corriente de la línea excede el valor fijado en el Multiplicador Instantáneo * corriente Ajustada.

4. Protección de falla a tierra sensible SEF:

Esta protección esta disponible como una variante adicional, opera como el tiempo definido dando posibilidades al usuario de posibilidades de configuración del # de disparos que puedan ocurrir en una secuencia de



recierre, antes que el recerrador se bloquee. Funciona abriendo el reconectador cuando la corriente de tierra se eleva por encima del valor prefijado por un lapso mayor a un tiempo prefijado.

5. Arranque por carga fría.

Ambas protecciones son usualmente utilizadas como protección adicional operando como las variantes de tiempo Inverso e Instantánea. La primera permite que se produzca una pérdida de diversidad (aumento del nivel de la carga) cuando, luego de haber permanecido sin alimentación por un período de tiempo corto, el suministro a la carga sea reestablecido.

La carga fría es el resultado de la combinación de cargas conectadas en el circuito y que en el momento de energizar dicho circuito pueden intervenir. Es decir que la causa de la aparición de esta falla es la larga duración a que son sometidos los fusibles que protegen a los transformadores debido a la pérdida de diversidad de la carga después de una interrupción extendida (30 minutos o más).

Muchos especialistas han demostrado que las protecciones en los transformadores de subestaciones deben quedar por encima de varios puntos de tiempo contra corriente, los cuales se muestran en la **tabla 1.1**. Nótese como la corriente va decreciendo con el aumento del tiempo desde valores superiores a la corriente nominal hasta acercarse a ella.

Valor de corriente	Tiempo (s)
6 In	1 s
3 In	10 s
2 In	15 x 60 s

Tabla 1.1 Puntos de la curva de carga fría

6. Protección de corriente de Inrush.

*Autor: Abdel Cruz Lores. Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.
Ing. Delfin Silva Días.*



Su función es elevar los niveles de umbrales de corrientes de fase y tierra por un período de tiempo corto para permitir las corrientes Inrush de corta duración cuando se cierra el equipo sobre una carga.

Las corriente de Inrush no es más que es una condición transitoria que ocurre cuando se energiza un transformador, cuando el voltaje aumenta repentinamente después de haber aislado una falla y el sistema se restablece, o cuando se energizan dos transformadores en paralelo, su magnitud y duración dependen de factores externos y de diseño como:

- Impedancia de la fuente de alimentación.
- Capacidad del transformador.
- Localización del devanado energizado (Interno o externo) con respecto al núcleo laminado.
- Conexión de los arrollamientos.
- Punto de la onda de CA donde se cierran los contactos del interruptor que energiza al transformador.
- Características magnéticas del núcleo.
- Remanencia del núcleo.
- Uso de resistores de reinserción.
- Restablecimiento súbito de voltaje. Después de haber aislado una falla.
- Energización en paralelo de transformadores.

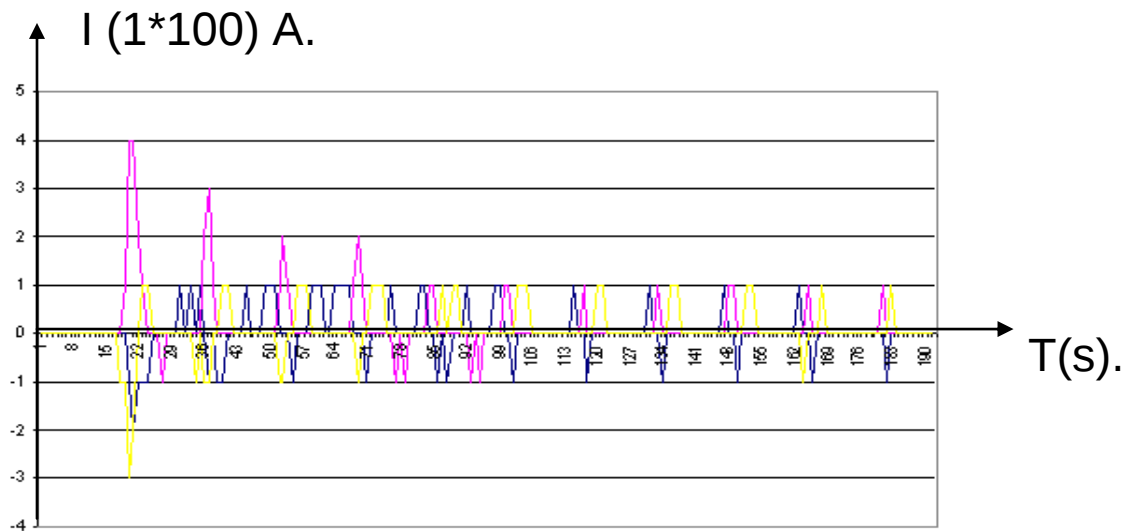


Figura 1.6 Corriente de Inrush en las tres fases de un transformador perteneciente al circuito de prueba.

Nota: Los valores de las corrientes de Inrush varían en dependencia del transformador en cuestión.

Vale aclarar que este efecto ocurre solo de la fuente hacia el transformador. Sin embargo esta condición no es de falla y el sistema conjuntamente con sus protecciones debe permanecer estable durante este transitorio.

El valor de la corriente Inrush depende del punto en la onda de CA donde se cierran los polos del interruptor. El máximo valor de la corriente Inrush se presenta cuando el interruptor cierra sus polos en el momento en que el voltaje es cero y el nuevo flujo magnético de la corriente Inrush toma la misma dirección que el flujo remanente. La corriente Inrush es pequeña cuando los flujos toman direcciones opuestas. La energización de grandes transformadores de potencia usualmente se realiza mediante el cierre simultáneo de los tres polos de un interruptor, dejando al azar el instante de la conexión, este proceso origina la presencia de grandes corrientes Inrush que pueden presentarse en las tres fases y en el neutro aterrado.

Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Días.



7. Protección por pérdidas de fase:

La misma posee una protección adicional que opera independiente de los elementos de protección. Su función es abrir el reconectador si la tensión de fase a tierra en una o 2 fases cae por debajo de un umbral de tensión prefijado por un período de tiempo determinado.

8. Protección por sobre o baja frecuencia (únicamente CAMP5):

Constituye una protección adicional que se encuentra disponible si y solo si el CAMP5 (módulo de protección y control) esta en uso.

9. Bloqueo de carga viva:

Es una función de protección adicional que opera independiente a otros elementos de protección. Esta previene al reconectador de cerrar si cualquiera de los terminales del lado de la carga está energizado.

10. Bloqueo por altas corrientes:

Es una función de protección adicional que opera conjuntamente con otros elementos de protección.

11. Selección automática del grupo de control y auto-recierre son otras 2 funciones independientes donde su función es realizada de forma adicional.

12. Bloqueo direccional y detección de pérdidas de voltaje son otras 2 funciones independientes donde su función es realizada de forma adicional. En el caso del bloqueo direccional provee al Reconectador de aperturas innecesarias si las condiciones particulares de la red están causando fallas a tierra” falsas”.En Sistemas Radiales el bloqueo direccional proviene de aperturas innecesarias



bloqueando fallas en la dirección de la fuente y solo respondiendo a fallas en la dirección de la carga.

- Selección automática del grupo de protección.
- Auto-cierre.
- Bloqueo direccional.
- Detección de pérdidas de voltaje.

➤ Otras funciones de protección.

- Mediciones del Sistema de Potencia.
- Historia de la Demanda.
- Medición electrónica de la presión del gas SF₆.
- Dimensiones del embalaje del Equipo.

1.32 Construcción y operación.

El Reconectador Serie U utiliza interruptores de vacío, contenidos en bushings de material epoxi, eliminando la necesidad de aislantes como el aceite y el gas.

El mecanismo está contenido dentro de un tanque de acero inoxidable con 316 grados marinos con una tapa del mismo material. El bushing de resina epoxi cicloalifática es abulonado a la tapa.

El Controlador puede almacenar hasta diez grupos de parámetros de protección seleccionados por el operador. Estos Grupos de Protección se desglosan desde la A - J. Una vez programados rara vez cambian. Además de los parámetros de protección, hay Parámetros del Operador. Este grupo es independiente de los parámetros de protección que se hayan establecido y cambia la funcionalidad principal del Restaurador [9].

El Reconectador es operado por un actuador magnético que produce una firme acción de apertura y de cierre. La conmutación ocurre cuando se envía, desde un



capacitor de almacenamiento en el Gabinete de control, un pulso controlado ya sea a través de la bobina de apertura o de la de cierre. Cuando está cerrado, el mecanismo es trabado magnéticamente. Las barras de empuje accionadas por los resortes ejercen la fuerza sobre los contactos de los interruptores.

En el alojamiento del Transformador de Corriente (TC) se encuentran moldeados un transformador de corriente (TC) y un transformador capacitivo de tensión (CVT). Estos son monitoreados por el Gabinete de Control para el monitoreo y la visualización en forma remota. El Gabinete de Control requiere una fuente auxiliar de Corriente Alterna (CA). El Gabinete se conecta a la parte inferior del interruptor a través de un cable con conectores sellados en ambos extremos del Gabinete y el tanque.

El Reconectador es provisto con varillas de cobre o con conectores para cable opcionales. Las estructuras para el montaje de los descargadores de sobretensiones (pararrayos) se encuentran disponibles en forma opcional.

La posición de los contactos del reconectador es mostrada a través de un indicador de grandes dimensiones conectado directamente al mecanismo y visible desde 100 metros de distancia.

Para abrir y bloquear al Reconectador desde el suelo se puede utilizar una pértiga. El anillo de apertura mecánica tiene dos posiciones. En la posición "arriba" se lleva a cabo la operación normal. En la posición "abajo" el reconectador es bloqueado tanto mecánicamente como electrónicamente.

Cada Reconectador es provisto con un Panel de Control del Operador que posee una pantalla de cristal líquido de cuatro líneas con iluminación fluorescente para la operación nocturna. Desde aquí, el usuario puede acceder

y programar las características de medición y protección disponibles.

Se proporcionan, como sigue, tres niveles de interfaz entre el usuario y el Panel de Control del Operador:

Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Días.



1. Nivel Operador

Este permite operaciones básicas como: Abrir/Cerrar, mostrar configuraciones, tales como:

- · Ajustes de las protecciones e historial de fallas.
- · Mediciones de línea y datos históricos.

2. Modo reconectador, como por ejemplo:

- Control Remoto SI.
- Control Local SI.
- Protección de Tierra de Alta Sensibilidad SI/NO.
- Falla a Tierra SI/NO.

3. Modo auto recierre SI/NO.

- Cerrar/Abrir AISLAR.
 - Alarmas/Estados tales como:
- Falla en la fuente auxiliar/Falla en la batería.
- Bloqueo.

1.33 Descripción general del dispositivo.

El Reconectador automático Serie-U de dieléctrico sólido (también conocido como interruptor). Presenta las características de un reconectador tradicional, más los beneficios de un diseño actualizado, optimizado para la automatización, el control remoto y el monitoreo, en la actualidad o en el futuro.

La protección avanzada, registro de eventos y capacidad de comunicación de los Reconectores de la Serie-U son posibles gracias a la tecnología contenida en el gabinete de control y comunicaciones. Este ha sido diseñado especialmente para



uso exterior y operación en poste. Normalmente es montado en la parte inferior del poste para facilitar el acceso del personal de mantenimiento[9]..

El Reconectador de Nu-Lec Industries puede ser interconectado a su sistema SCADA ya sea a través del módem V23 incorporado y una radio, o a través de su puerto RS232 y un módem a su elección. Para la radio y el módem, los cuales pueden ser montados dentro del gabinete de comunicaciones, se incluye una fuente de energía ininterrumpible de tensión variable.

Una característica única del reconectador de Nu-Lec Industries es la fuente de energía microprocesada incorporada. Esta permite la operación ininterrumpida no sólo del interruptor y del relee de protección, sino también de la radio o módem de comunicaciones. No se requieren otras fuentes de energía para la conexión dentro de su SCADA o Sistema de Automatización de Distribución.

Este dispositivo cuenta además con un interruptor aislado que posee una serie de componentes y partes sólidas las cuales se destacan:

- Transformadores de corrientes (TC).
- Transformadores de potencial (TP).
- Interruptor de vacío.
- Cable conector.

[Ver Anexo # 3.](#)



1.34 Características del software que lo rige.

Qué es el WSOS?

El programa WSOS ha sido desarrollado por Nu-Lec para permitir su control y configuración por medio de una computadora y de este modo dominar el funcionamiento de los Restauradores de Nu-Lec serie U, por medio del Gabinete de Control.

El WSOS es un programa (o software) creado y desarrollado por Nu-Lec Industries Pty Ltd el cual nos sirve para manipular y configurar diferentes parámetros de los equipos Nu-Lec.

El Sistema Operativo para Windows (WSOS) es un software avanzado para computadoras personales que permite la programación, el monitoreo y el control "en línea" y "fuera de línea" de un reconectador a través del puerto RS232. Esto está disponible como una opción del reconectador de Nu-Lec Industries.

El paquete del software WSOS ofrece una comunicación para múltiples PCs para controlar y monitorear en forma individual un conjunto de reconectores.

El WSOS provee funciones adicionales como ser el manejo de alarmas y eventos, facilidades de discado de entrada y de salida y generación de reportes. El sistema se comunica con un gabinete de control ya sea por cable, fibra óptica, línea telefónica o radio.

Los detalles del protocolo de comunicación se realizan a través de un puerto P8 o RS232 capaz de realizar el enlace a PCs cargando previamente el software para su configuración.



- ❖ Los cambios y ajustes que usted puede hacer se encuentran repartidos en diferentes ventanas. A continuación se hace una breve descripción de esas ventanas:

[Ver Anexo # 4](#)

El WSOS se puede utilizar en dos diferentes modos:

- En Línea (*“On-Line”*) y
- Fuera de Línea (*“Off-Line”*).

En el modo En Línea (*“On-Line”*) se puede controlar directamente al Gabinete de Control por medio de una interfase de comunicaciones (cable de comunicaciones DB25 macho a DB9 hembra) y una computadora (ya sea una computadora de mesa o una Laptop).

En el modo Fuera de Línea (*“Off-Line”*) los cambios se guardan directamente en el disco duro de su computadora y posteriormente se puede “descargar” la información cuando se encuentre en el modo En Línea (*“On-Line”*) hacia el Gabinete de Control en cualquier momento, permitiendo a los Ing.de protecciones controlar, operar a diferentes dispositivos desde una computadora de escritorio o Laptop (portátil). Además de poder guardar información histórica en el Gabinete de Control para luego ser procesada.

Características:

Fácil de utilizar en pantalla ya que se maneja a través del mouse o del teclado.

- Un menú estructurado intuitivamente e instrucciones de ayuda explícitas para hacer fácil su manejo inclusive a personas con poca



experiencia en el manejo de computadoras.

- Cuenta con niveles de acceso protegidos con contraseña, los cuales restringen la capacidad para diferentes usuarios por medio de una contraseña de sistema ("*password system*"). Esto permite que otros usuarios no cambien parámetros sin conocer esta contraseña.
- Manejo del historial de eventos, los cuales recuperan diferentes datos para poder visualizarlos, imprimirlos y almacenarlos. Ejemplos de estos datos son: la bitácora de eventos ("*Event Log*") o el historial de demanda ("*Demand History*"). Se pueden almacenar hasta 8000 eventos.
- Se puede acceder al Gabinete de Control por medio de una conexión directa (interfase) hacia la computadora del usuario.

El WSOS se puede instalar desde el CD-ROM que ELECTELCO entrega al momento de adquirir un equipo Nu-Lec. Para instalar el WSOS requiere mínimo de una computadora con Sistema Operativo Windows 95/NT con 16 Mbyte de memoria RAM y 10Mbyte de espacio libre en el disco. Para establecer una conexión con el Gabinete de Control seleccionado, su computadora requiere de un puerto serial (de preferencia DB9 macho).

1.35 Automatización del interruptor Nu-lec serie U.

La tecnología de los interruptores Nu-lec serie U ha desarrollado un sistema para la automatización de los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP) conocida como "Loop Automation" que utiliza la versatilidad de facilidades provistas por el rango de Recerradores. El sistema es capaz de operar como unidades autónomas o en colaboración con un sistema convencional del SCADA.



El Lazo de Automatización no es más que la automatización del Sistema de Distribución (ASD), su diseño automático reconfigura el suministro de potencia como una alternativa de la fuente de alimentación, basado en características de recierre estándar y funcionabilidad incluida dentro de los bushing de mediciones de voltaje. Los esquemas (ASD) implementan en la red un sistema de inteligencia que permite o no la comunicación con el sistema SCADA.

El Lazo de Automatización funciona detectando la falla y restablece el suministro luego de evacuar la avería es por ello que dentro de sus funciones se destacan:

- Aislar la parte averiada.
- Reconfiguración de la red.
- Restablecimiento del servicio cuando la falla es evacuada.

La automatización del lazo le permite recierres automáticamente aislando las fallas y reconfigura el suministro a la zona averiada sin la necesidad de la intervención del operador.

El Programa de Simulación del Lazo de Automatización ha sido desarrollado para demostrar las principales operaciones del mismo de manera interactiva, en este desarrollo virtual se asegura el control mediante la interacción o no con el sistema de Adquisición y Control Supervisor SCADA.

Existen parámetros que configuran el uso del Lazo de Automatización entre los que se destacan:

- Tipo de Recerrador.
- Auto Recierre.
- Lazo de Automatización.
- Lazo de Timeout.



Nota: El Lazo de Automatización utiliza características estándares para la detección de cambios en los bushing de mediciones de voltaje y la dirección del flujo de potencia; basado en estos cambios anteriores el Recerrador reconfigura la red.

El Lazo de Automatización comprende 3 tipos de recierre:

- 1. Recerrador alimentador.
 - Recerrador alimentador de la subestación.
- 2. Punto de recierre.
 - Normalmente abre el punto donde 2 alimentadores se interconectan.
- 3. Recierre en un punto intermedio.
 - Recierra cualquier zona de la red entre alimentadores y puntos de recierre.

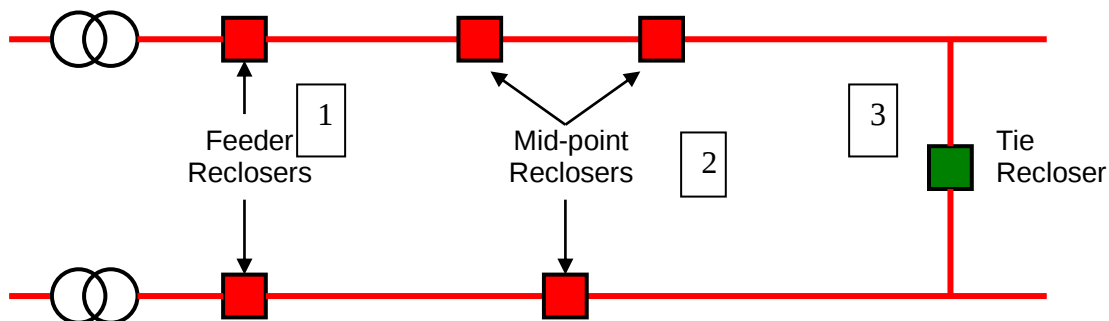


Figura: 1.7 Configuración básica del tipo de recierre mediante el (LA).



Conclusiones.

- ❖ En este capítulo se hace énfasis a generalidades de las protecciones eléctricas así como sus antecedentes, funcionamiento y dispositivos existentes.
- ❖ Se constato ventajas que ofrece la optimización de los dispositivos de protección Nu-lec serie U.
- ❖ Se analizaron características con las que cuenta el interruptor y una detallada explicación de todas sus funciones.



Capítulo II. Análisis de las prestaciones de los interruptores Nu-lec para su óptima configuración.

Introducción.

A raíz de los problemas energéticos que ha afrontado el país a lo largo de toda su historial el desarrollo de las protecciones eléctricas ha ido en aumento al transcurrir los años es por ello que el uso eficaz de las mismas es de vital importancia.

Los sistemas eléctricos no están exentos de la ocurrencia de averías. Por mucho que se mejoren los aisladores y los materiales aislantes con que se fabriquen los elementos del sistema, el riesgo de la avería siempre está presente y por tanto las protecciones deben suplir su papel al ser capaces de realizar la desconexión de la parte afectada.

Después de un tiempo de uso estos dispositivos utilizados para proteger las cargas, deben de verificarse para su correcto funcionamiento y así mantener la seguridad en todas las instalaciones.

Un SEP de calidad es, dentro de otras cosas, un sistema que reaccione establemente frente a las más mínimas variaciones del régimen de generación y ante las diversas averías existentes.

Este capítulo se enmarca como tal en el esboza explícito de los Sistemas de Distribución así como la implementación del reajuste en la configuración del interruptor Nu-lec serie U que permita su óptima explotación del dispositivo dentro de las Redes.



2.1 Generalidades de los Sistemas de Distribución.

Los Sistema de Distribución de Energía Eléctrica no es más que el conjunto de equipos y dispositivos que permiten llevar de forma segura y confiable la energía hacia un número determinado de cargas, teniendo como referencia los distintos niveles de tensión así como la ubicación de las Subestaciones transformadoras en diferentes lugares. De ahí que, realizar una adecuada distribución permite una mejor calidad y eficiencia de su Sistema.

Los principales datos del proceso de distribución de la energía son: la tensión nominal, la frecuencia nominal y su comportamiento en caso de cortocircuito. Los sistemas de distribución de energía eléctrica, comprenden niveles de media y baja tensión.

Este comprende a grandes consumidores de energía eléctrica, tales como las industrias del acero, químicas, petróleo, aunque sin dejar de mencionar también el Sector Residencial y empresas de menor rango. Todos estos consumidores reciben el suministro eléctrico a partir de diferentes niveles de tensión entre los que se destacan la media y baja tensión.

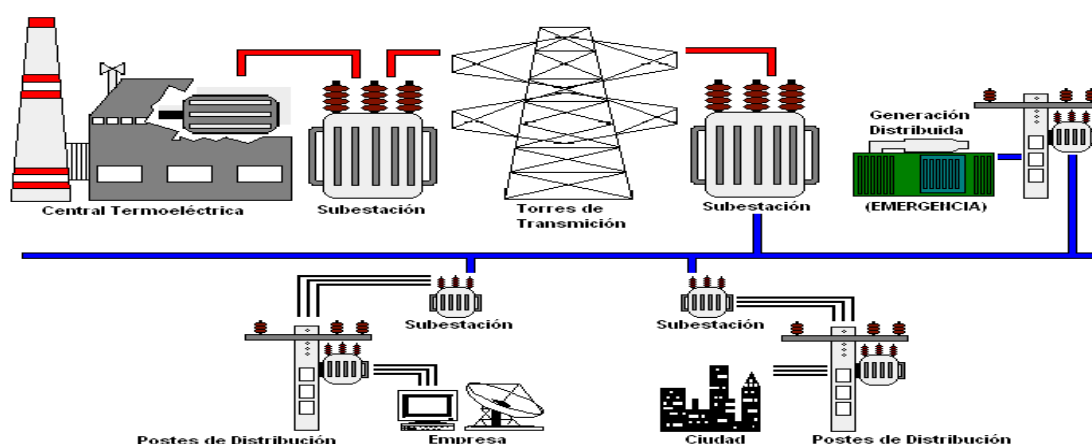


Figura 2.1 Diagrama esquematizado de un sistema de suministro eléctrico.



2.11 Subestaciones Eléctricas.

Las Subestaciones Eléctricas son un conjunto de dispositivos electrotécnicos y circuitos cuya finalidad es modificar los parámetros de la potencia eléctrica del Sistema en cuestión, permitiendo el control del flujo de energía, brindando la seguridad del sistema eléctrico, equipamiento y personal de operación y mantenimiento. Las subestaciones eléctricas se pueden clasificar de la siguiente forma:

- I. Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.
- II. Subestaciones receptoras primarias.
- III. • Subestaciones receptoras secundarias.

I. Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.- Estas se encuentran en las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad, para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, permitiendo así la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión. Los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 kV y la transmisión depende del volumen, la energía y la distancia.

II. Subestaciones receptoras primarias.- Se alimentan directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o redes de distribución, de manera que, dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en su secundario tensiones de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16 kV.

III. Subestaciones receptoras secundarias.- Generalmente estas están alimentadas por las redes de subtransmisión, y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones entre 34.5 y 6.9 kV.



Las subestaciones, también se pueden clasificar por el tipo de instalación, por ejemplo:

- Subestaciones tipo intemperie.
- Subestaciones de tipo interior.
- Subestaciones tipo blindado.

Subestaciones tipo intemperie.- Generalmente se construyen en terrenos expuestos a la intemperie y requiere de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, etc.) por lo general se utilizan en los sistemas de alta tensión.

Subestaciones tipo interior.- En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas están diseñados para operar en interiores, son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados en las industrias.

Subestaciones tipo blindado.- En estas subestaciones los aparatos y las máquinas están bien protegidos y el espacio necesario es muy reducido, generalmente se utilizan en fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación, generalmente se utilizan en tensiones de distribución y utilización.

➤ **Transformadores.**

Descripción: El transformador no es más que un dispositivo electrotécnico capaz de realizar la conversión de la energía desde un nivel de tensión a otro (el transformador no convierte los valores de potencia), su uso tiene gran impacto en la Transmisión y Subtransmisión y Distribución de la energía. Estos se pueden ver básicamente en subestaciones y en nuestro trabajo es usado para transformar la energía proveniente del SEN.



Por lo general los Sistemas importantes de Generación y Distribución de energía del mundo son, hoy en día, sistemas de corriente alterna trifásicos. Esto se debe a la importancia que desempeñan los sistemas trifásicos en la vida moderna, por lo que es necesario entender la forma en que se usan los transformadores hoy en día.

Dichos transformadores suelen ser usados en los circuitos de distribución de potencias realmente grandes, como los utilizados en subestaciones y otros de potencia más pequeñas como los instalados en postes tanto en zonas urbanas como rurales.

Los transformadores para circuitos trifásicos pueden construirse de dos maneras. Estas son:

- Tomando tres transformadores monofásicos y conectándolos en un grupo trifásico.
- Haciendo un transformador trifásico que consiste en tres juegos de devanados enrollados sobre un núcleo común.



Figura: 2.2 Transformador de uno de los Circuitos de prueba.



2.2 Prueba en varios de los Circuitos de Distribución.

La OEB en la provincia de las Tunas cuenta con las diferentes variantes de dispositivos (Nu-lec) existentes, implementados a lo largo de todo su Sistema de Distribución. Estos dispositivos se encuentran ubicados en Subestaciones desatendidas a lo largo de toda la provincia cuya finalidad se aprecia con la siguiente prueba. De 97 Circuitos Primarios de Distribución en los cuales se encuentran instalados 78 Interruptores Nu-lec en sus diversas variantes esta cifra representa el 80% del total de circuitos.

- Distribuidos de la siguiente manera:

Modelo de Interruptor.	Cantidad.
Nu-lec Serie U para 13.8kV	58
Nu-lec Serie U para 4.16kV	14
Nu-lec Serie N para 34.5kV	6

Nota: Teniendo en cuenta la versatilidad, eficiencia y confianza del dispositivo se realizó una prueba a diferentes Circuitos de Distribución con que cuenta la provincia arrojando los siguientes resultados:

Los días 22,23 abril del presente año se dispuso a realizar la prueba en varios de los Circuitos escogidos; con ayuda de mi tutor Delfín Silva Días y su colega Pedro Barrera ...se dispuso a concretar el proceso que la misma lleva.

Para la prueba se debe garantizar el acceso a los Circuitos de Distribución mediante la autorización por parte del Despacho provincial de la manipulación de los mismos por medio de una **Vía Libre**.



Observación: Nos dirigimos a la localización del Circuito en vehículo que es una de los beneficios del trabajo(es decir que luego de esta implementación del reajuste de su configuración constataremos si fue factible o no la investigación).

2.21 Análisis en los Circuitos de Distribución de muestreo (prueba).

Cto TK-18:

El Cto TK-18 es uno de los Circuitos de Distribución con que cuenta la provincia con características similares al resto de los circuitos; por lo que la efectividad del trabajo nos marcará pautas en cuanto a los beneficios que nos facilita porque el reajuste del interruptor (Nu-lec) serie U nos proveerá de múltiples ventajas que hoy en día no se están aprovechando al máximo en la programación del dispositivo.

- Disminución del # de interrupciones.
- Reducción del tiempo de afectación.
- Disminución de pérdidas eléctricas.
- Ahorro de combustible.

Este Circuito posee una Subestación de Distribución “La Deportiva” que tiene dispositivos y medios electrotécnicos entre los que se destacan el interruptor TI-135 y el transformador que tiene una (capacidad instalada 2*4000kVA) esta subestación no cuenta con un operador permanente, es decir de producirse una falla o avería habría que movilizar personal capacitado para la manipulación del interruptor Nu-lec serie U.

[Ver Anexo # 5.](#)



Servicios que está brindando el interruptor Nu-lec:

No.	Servicios
1	Protección de Bajo/Sobre voltaje.
2	Protección de fase (alarma).
3	Protección de tierra.
4	Protección de secuencia negativa de fase.

Tabla: 2.1 Características de protección implementadas dentro del grupo (A en cuestión.)

Servicios que no está brindando el interruptor Nu-lec:

No.	Servicios
1	Protección de Baja/Sobre frecuencia.
2	Bloqueo direccional.
3	Banderas de trabajo (fase, tierra, secuencia negativa).
4	Lazos de Automatización (monitoreo a larga distancia).
5	Protección contra fallas sensibles a tierra (SEF).
6	Bloqueo de carga viva.
7	Configuración de quick keys (teclas rápidas).

Tabla: 2.2 Características de protección no implementadas dentro del grupo (A en cuestión.)

1. Existe otras características que son programadas dentro de este mismo grupo de protección y que pueden estar o no habilitadas entre las que se destacan:
 - A. Control General.
 - B. Auto cambio.



-
- C. Histórico de eventos.
 - D. Hit and Run.
 - E. Disparo único (corte simple).
2. Por otra parte podemos mostrar diversos tipos de banderas de trabajo y corte simple que también se incluyen en la programación.
- A. Protección de banderas de trabajo por fase.
 - B. Protección de banderas de trabajo de tierra.
 - C. Protección de banderas de trabajo de secuencia negativa de fase.
 - D. Protección de corte simple de fase.
 - E. Protección de corte simple de tierra.
 - F. Protección de corte simple de secuencia negativa de fase.

[Ver Anexo # 6.](#)

Observaciones:

Al estar programado el Nu-lec de esta manera nos percatamos que al no estar configuradas el mayor porcentaje de prestaciones el dispositivo de protección arroja una serie de indeficiencia del Sistema en cuestión. Por lo que se le tiene que realizar una reprogramación en los servicios que el mismo brinda y los valores correspondientes al ajuste.

Además de estos servicios el interruptor Nu-lec por medio del usuario y en la ventana de configuración del equipo pueden ser programadas otras series de protecciones que pueden implementarse en el equipamiento como muestra la Fig.2.3 entre las que se destacan:

- Auto Recierre.
- Protección de altas corrientes.
- Protección de corrientes de Inrush.



- Pérdida de fase.

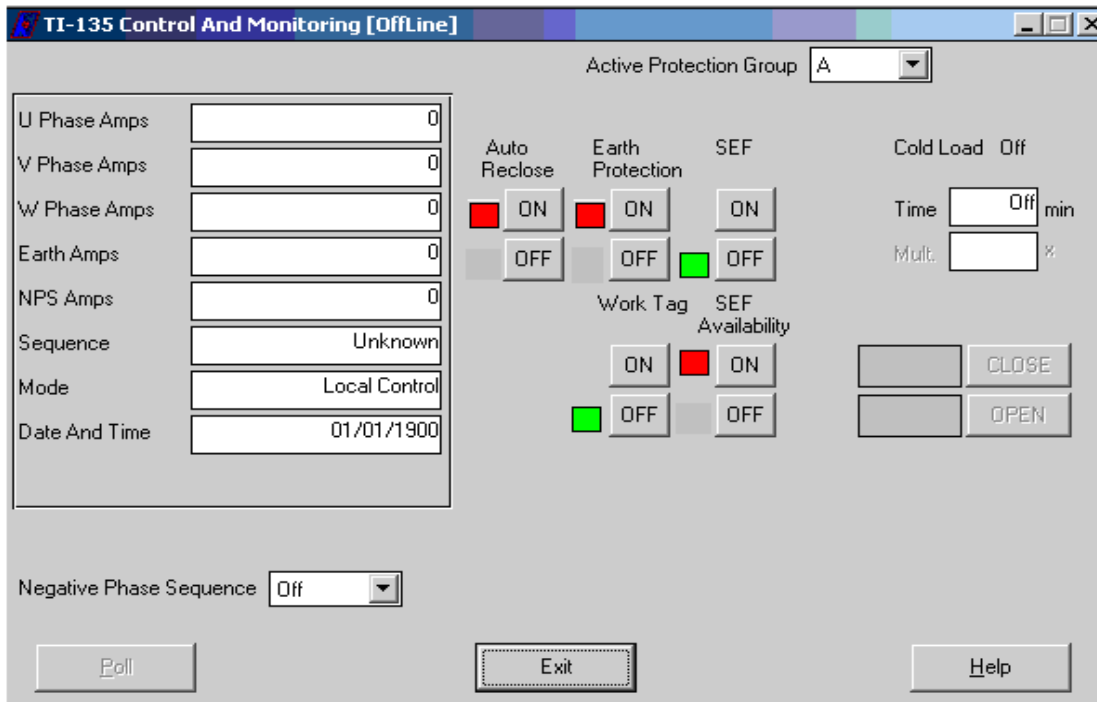


Figura. 2.3 Ventana de configuración del control del WSOS.

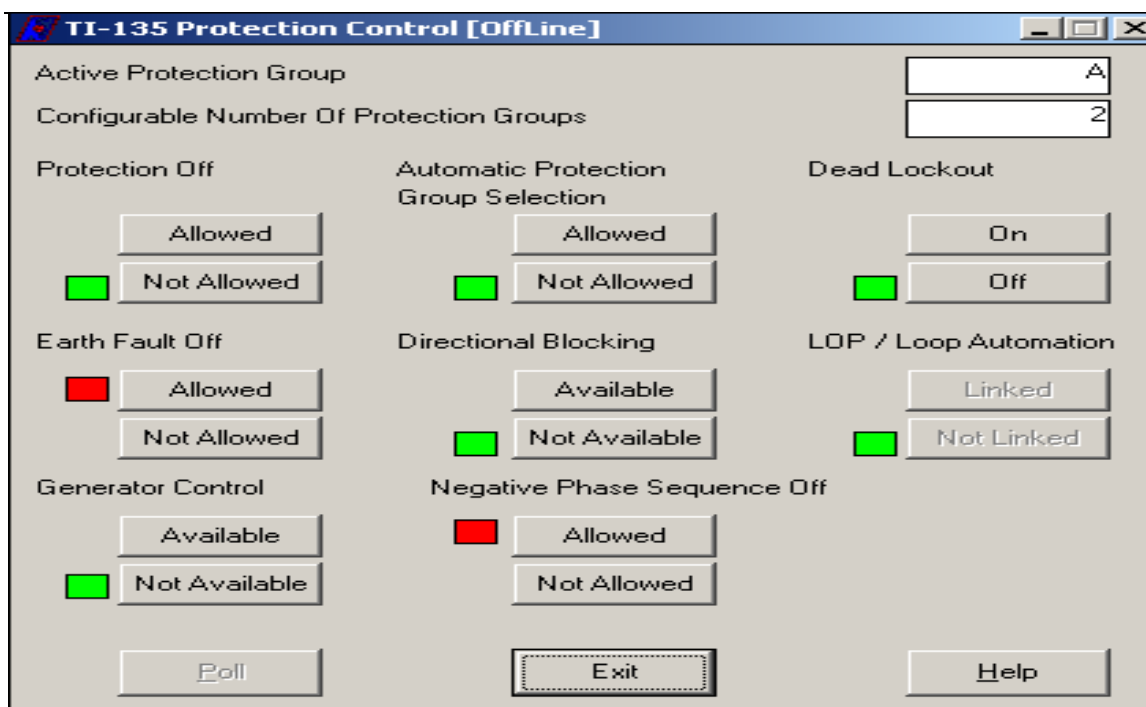


Figura. 2.4 Ventana de configuración de las protecciones del WSOS.

Cto TK-9:

El Circuito de distribución TK-9 es alimentado por la subestación "Plaza de la Revolución" contando con un transformador de (capacidad instalada 6300kVA) y la numeración del interruptor es H-850.

Servicios que está brindando el interruptor Nu-lec:

No.	Servicios
1	Protección de Bajo/Sobre voltaje.
2	Protección de fase (alarma).
3	Protección de tierra.
4	Protección de secuencia negativa de fase.

Tabla: 2.3 Características de protección implementadas dentro de un grupo (A activo, pertenecientes al segundo Circuito de prueba.)

Servicios que no está brindando el interruptor Nu-lec:

Autor: *Abdel Cruz Lores.*

Tutores: *Dr.C. Michel García Aviléz.*

Ing. Delfin Silva Días.



No.	Servicios
1	Protección de Baja/Sobre frecuencia.
2	Bloqueo direccional.
3	Banderas de trabajo (fase, tierra, secuencia negativa).
4	Lazos de Automatización (monitoreo a larga distancia).
5	Protección contra fallas sensibles a tierra (SEF).
6	Bloqueo de carga viva.
7	Configuración de quick keys (teclas rápidas).

Tabla: 2.4 Características de protección no implementadas dentro del grupo (A activo, pertenecientes al segundo Circuito de prueba.)

Nota: Como se muestra el servicio que brinda este dispositivo es ineficiente ya que no está contando con todos sus posibilidades.

Implementación de una gran mayoría de servicios que no se estaban utilizando:

Servicios implementados
Protección de baja /sobre frecuencia.
Bloqueo direccional.
Banderas de trabajo.
Control de secuencia.
Hit and Run (Oprimir y correr).
Auto cambio.
Bloqueo de carga viva.
Configuración de teclas rápidas.



Observación: Aunque podemos referirnos al respecto, si nos percatamos podemos observar que en casi la totalidad de estos dispositivos para prevenir malas manipulaciones se ha prefijado la misma configuración.

[Ver Anexo # 7.](#)

Como se puede apreciar esta nueva configuración nos proveerá de un # de características de protección que se encontraba subutilizadas y proporcionarían ventajas, a continuación nos referimos al respecto:

La protección de baja /sobre frecuencia nos garantizaría disparos que pueden ocasionar daños a equipos como los transformadores que son de un gran precio económico ya que la misma toma valores puntuales (U, I) medidos instantáneamente y calculando un valor de ajuste prefijado es capaz de realizar disparos con exactitud.

Por otra parte tenemos el Bloqueo Direccional con un funcionamiento similar al anterior ya que logra hallar a partir de las mediciones registradas, determinar el sentido del flujo de potencia y de esa forma realizar disparos con eficiencia.

Como tercera característica adicionada tenemos Las Banderas de trabajo que su funcionamiento es basado fundamentalmente para cuando se está trabajando directamente en las líneas y podemos decir que anterior a esta investigación se realizaba una apertura en el tramo de línea y por tanto momentáneamente se quedaba sin servicio. Al instalar su funcionamiento ella permite que cuando se va a reparar un tramo o se desea cambiar los aisladores solo se programa y no permite realizar ninguna manipulación de los interruptores y no se ve interrumpido el servicio.



Conclusiones.

En este capítulo se evidencia la puesta en práctica de la prueba en varios de los Circuitos de Distribución con el fin de optimizar la utilización de las prestaciones de los interruptores Nu-lec serie U en un mayor nivel.

Nos proporciona una serie de errores que el dispositivo de protección esta dando debido a la mala configuración en la programación con la cual cuenta en estos momentos.

Brinda una panorámica de las futuras ventajas de la protección con la implementación de la nueva configuración en su reajuste.



Capítulo III Valoración técnico-económica.

Introducción.

La utilización inadecuado de nuevas tecnologías puede traer al traste cuantiosas pérdidas económicas por lo que en este capítulo se evidencian diversas valoraciones de como el uso ineficiente del Reconectador Automático serie U como también es conocido el interruptor Nu-lec podría mejorar su funcionamiento aportando sumas financieras incalculable al país.



3.1 Valoración técnico-económica del proyecto.

Como se podrá apreciar para el futuro montaje de esta investigación la parte monetaria juega un papel importante ya que nos dirá si es factible o no proceder a la puesta en marcha del proyecto.

3.11 Valoración técnica.

El desarrollo vertiginoso de las protecciones y otros equipamientos son de vital importancia, es por ello que la implementación e instalación de interruptores Nuclec ha sido un salto crucial en el futuro de los Sistemas de Distribución y las protecciones que estos requieren, destacándose múltiples y diversas ventajas:

- I. Nos ofrece la posibilidad de conexión con una Unidad remota Terminal (UTR), radio y telemetría facilitando de esta manera la comunicación a distancia.
- II. Permite el enlace con múltiples PC (computadoras).
- III. Como única característica posee una fuente microprocesadora incorporada, esto permite la operación no solo del interruptor y relees de protección sino además del radio y el MODEM de comunicaciones.
- IV. Posee un (ASD) o Sistema Automatizado de Distribución que permite la intercomunicación o compatibilidad con otros sistemas de automatización entre los que se destaca el SCADA.
- V. Nos da la ventaja de poseer el control de múltiples recierre de forma automatizada.



Valoración económica.

Los índices económicos para la implementación de un proyecto juegan un papel primordial dentro de ellos se encuentran las inversiones capitales o de compra y los gastos por concepto de reparación. Es por ello que en este trabajo se incorporan como necesidad de lograr una reestructuración en el ajuste de estos dispositivos de protección, características de gran funcionalidad que no se encontraban en servicio pudiendo proveer a estos equipos de disparos cada vez más seguros y confiables; ya que como se describió a inicios del trabajo su fin es garantizar la correcta funcionalidad del Recerrador Automático de montaje en poste (Nu-lec) serie U o interruptor.

Los resultados mostrados en los Circuitos de Distribución de prueba permiten reducir los valores en cuanto al # de fallas que provocan a su vez, las interrupciones. Esto garantizaría una mayor eficiencia del servicio eléctrico brindado a los clientes tanto en el sector Industrial como Residencial, teniendo como importancia que al brindar un servicio con menor cantidad de averías no se detendría por ejemplo el suministro, a la Empresa de Estructuras Metálicas "Paco Cabrera" con una producción de 80 ton de metales fundidos con un costo de \$16.000 que significarían cuantiosas pérdidas económicas.

La parte financiera (monetaria) podemos incidir de forma que las interrupciones que hoy día se están realizando podrían disminuir paulatinamente; de ahí que la finalidad del estudio es precisamente la disminución de # de interrupciones, disminución por pérdidas eléctricas y reducción del tiempo de afectación y de forma práctica el ahorro de combustible así como del personal y condicionamiento que el mismo requiere ya que el operador al ocurrir una falla se tiene que dirigir a la Subestación para verificar cual ha sido la avería y todas las condiciones que se garantizan para que esto se cumpla.

Es decir desde el indicador económico el valor físico que más incide es el del gasto de combustible que al operador tener que dirigirse a la Subestación

Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Días.



consume alrededor de 1 litros de petróleo ya que el índice de consumo es de 8km/lt si la Subestación se encuentra dentro del municipio Tunas o áreas aledañas sino el valor se incrementa ascendentemente. Si se realiza un análisis mensual si se produce como promedio una interrupción diaria al mes serían 30 litros de combustible.

➤ Valores adjuntos:

Mano de obra: \$14.6 CUC

Combustible/litro: \$1.00 CUC

Merienda: \$0.65 CUC

Por otra parte es debido disminuir el # de manipulaciones ya que limita la vida útil del equipo.

Nota: El valor de combustible y financiero se incrementaría de poseer al menos más de una interrupción diaria.

Descripción.	Costo diario (MN y CUC).	Costo mensual.
Mano de obra	14.6MN	438.00MN
Combustible/litro	1.00CUC	30.00 CUC
Merienda	0.65CUC	19.50CUC

Tabla: 3.1 Valoración económica del proyecto.

❖ **El monto total asciende a: \$438.00 MN y 39.50 CUC mensualmente.**

Ventajas del estudio realizado.

- Se eliminarían el # de operaciones inadecuadas o no deseadas.

Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Días.



-
- El uso y costo de combustible utilizado en la transportación se reduciría cuantiosamente.
 - La visualización estadística instantánea confortable y fiable que posee el dispositivo.
 - Los resultados periódicos de las magnitudes se pueden obtener con intervalo de tiempo similar a otros programas automatizados.
 - El trabajo con el software de grandes potencialidades como es el caso del WSOS con sus excelentes condiciones de opciones permitiría explotar al máximo al interruptor.

Desventajas del estudio realizado.

- Uno de los puntos que hay que tener en cuenta es que al concluir el estudio todavía no se utilizan el 100% de las prestaciones con que cuenta el interruptor Nu-lec serie U debido a la ineficiencia de nuestro sistema y a la alta sensibilidad que posee el equipo.
- El software utilizado en la investigación, para el uso de estudiantes universitarios y profesionales presupone poseer la licencia de dicho software WSOS.



Conclusiones.

A modo de conclusión podemos decir que en este capítulo se aborda la parte técnica del estudio, los beneficios y ventajas así como el ahorro financiero que nos aporta. Ya que al realizar una mala selección de las protecciones no solo estas provocando un mal funcionamiento del mismo sino también un deterioro de los elementos que integran cualquier Sistema.

Un eslabón importante para la puesta en marcha de un proyecto es su factibilidad es por ello que abordamos una retrospectiva del costo-beneficio de la investigación.



CONCLUSIONES GENERALES.

❖ Se llevó a cabo el reajuste de la configuración de las protecciones implementadas dentro del Gabinete de Control las cuales fueron probadas satisfactoriamente.

❖ Se logró un mejoramiento en el funcionamiento de los dispositivos (interruptor SF6), ya que el hecho de haber realizado un buen ajuste garantiza su trabajo, además de que estos dispositivos deben ser revisadas cada cierto tiempo (batería auxiliar, estado de los interruptores del Panel de Control) etc.

❖ Por último se pone en manos de la entidad con la realización de este proyecto un método rápido, ordenado y fiable de ajuste para las protecciones del Nu-lec que en esta empresa se implementan e instalan.

A modo de conclusión podemos decir que las protecciones existentes en el mundo actual para que puedan operar, primeramente tienen que existir la falla y luego contar con el dispositivo de protección capaz de detectar y despejar la falla. Es por ello que considero que los objetivos propuestos en este trabajo fueron cumplidos y las protecciones ajustadas correctamente y al máximo de sus capacidades.



Recomendaciones.

Partiendo de la diversidad de cargas que estos dispositivos alimentan se desea que:

1. Implementar el estudio a la totalidad de Circuitos que alimentan estos dispositivos.
2. Lograr el ajuste máximo del equipamiento para una futura inserción.
3. Los parámetros de protección deben cumplir con eficiencia su función de disparo en caso de cualquier avería.

Bibliografía.

1. Comisión Federal de Electricidad México. Procedimiento para coordinación de protecciones de sobrecorriente en sistemas de distribución.



2. Fedoseev. Protección por Relees de los Sistemas Eléctrico de Potencia.
3. Feodorov A., A. Rodríguez. Suministros Eléctricos de Potencia.
4. García, Adriano, y colectivo de autores, diagnostico de la economía energético nacional y la estrategia desde la óptica del uso racional de la energía, Cuba, 2000.
5. LLAMO LABORI HECTOR SILVIO. Transmisión de la Energía Eléctrica mediante la corriente alterna_ La Habana, ISPJAE. 1985.
6. Michel García Avilés. Metodología para la Selección y Coordinación de Protecciones Eléctricas.
7. Orlys Ernesto Torres Breffe. Conferencia de Protecciones Eléctricas.
8. STEVENSON WILLIAM. Análisis de los sistemas de potencia _ La Habana: Edición Revolucionaria, 1986.
9. Technical Manual. Pole mounted recloser by Nu-lec Industries Pty Ltd.

Sitos visitados.

<http://es.wikipedia.org/wiki/>

<http://www.google.com.cu/>

<http://www.nulec.com.au/>

Softwares utilizados.

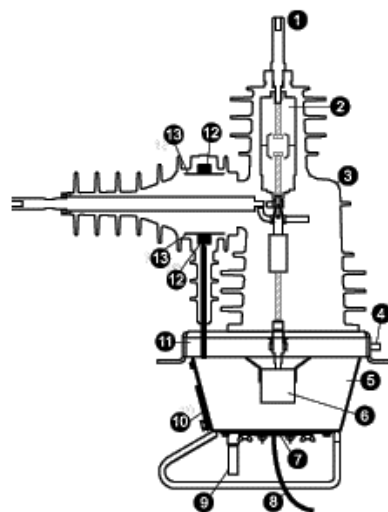
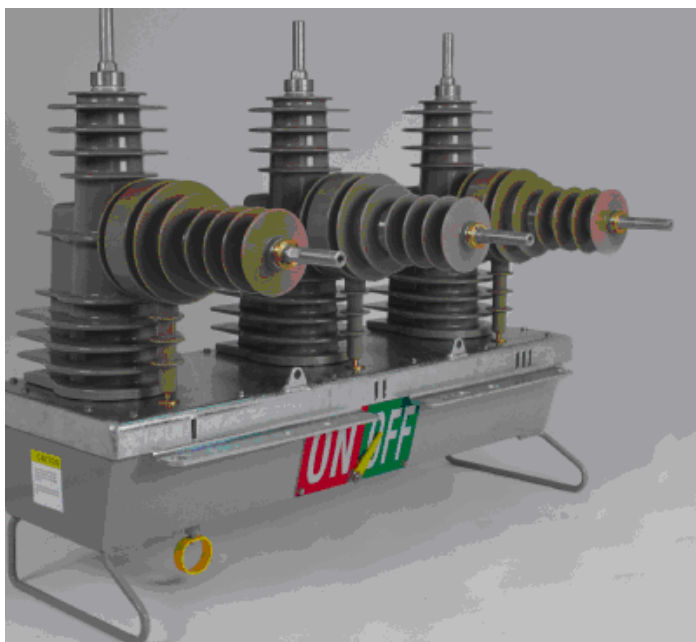
1. Librería Virtual de Protecciones Eléctricas
2. Paquete Microsoft Office (Word, Excel, Power Point).
3. WSOS "Software de Windows para la manipulación de los interruptores Nu-lec serie U" (simulación del dispositivos de protección Nu-lec serie U).



Anexos.

Anexo # 1.

Interruptor no automático del Recerrador Nu-lec aislado con SF6.



Leyenda:

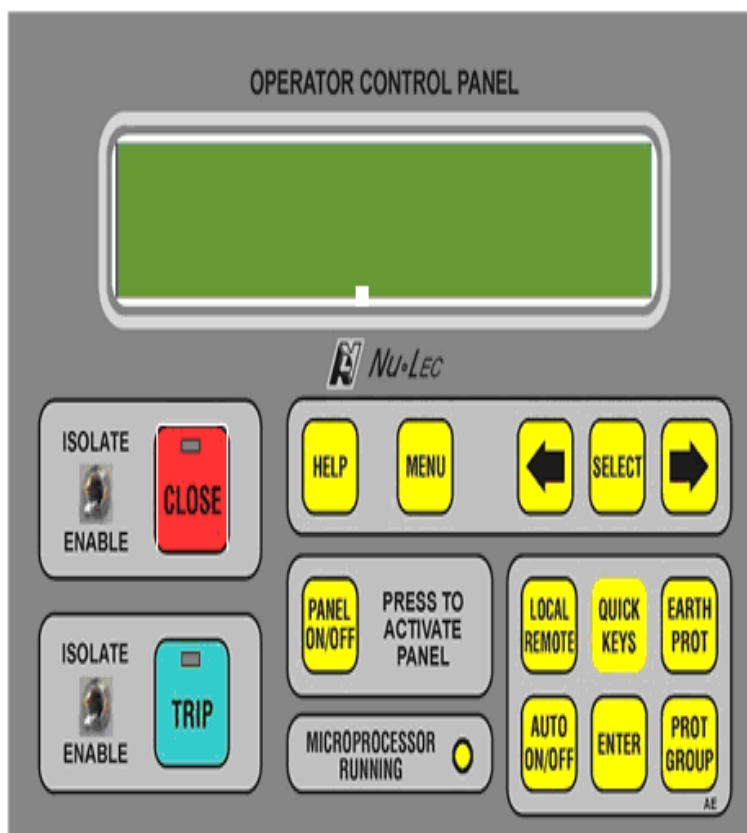
1. Terminal.
2. Interruptor de Vacío.
3. Epoxi.
4. Punto de Puesta a Tierra.
5. Tanque.
6. Actuador.
7. Tarjeta SCEM.
8. Cable.
9. Anillo de Apertura.
10. Indicador de Posición.
11. Tapa.
12. Transformador de Corriente.
13. Transformador de Tensión Capacitivo.



Trabajo de diploma

Anexo # 2.

Panel de Control del operador.



Habilitación del cierre del interruptor.



Habilitación del disparo del interruptor.



Menú de acceso.



Inicio del Panel.



Manipulaciones de las protecciones.



Trabajo de diploma

Anexo # 3.

- Transformadores de corrientes (TC)

Estos dispositivos se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, equipos de medida u otros dispositivos de control. Ciertos tipos de transformadores de corriente protegen a los instrumentos al ocurrir cortocircuitos.

Los valores de los transformadores de corriente son:

Carga nominal: 2.5 a 200 VA, dependiendo de su función.

Corriente nominal: 1 y 5A en su lado secundario se definen como relaciones de corriente primaria a corriente secundaria. Unas relaciones típicas de un transformador de corriente podrían ser: 100/5, 600/5, 800/5, 1000/5. Un ejemplo lo podemos observar en la figura (1).

Usualmente estos dispositivos vienen con un amperímetro adecuado con la razón de transformación de los transformadores de corriente, por ejemplo: un transformador de 100/5 está disponible con un amperímetro graduado de 0 - 100A.



Figura: 1 Anexo3. Transformadores de corriente.

Un elemento de gran importancia para el buen funcionamiento de las protecciones por relee es el transformador de corriente, ya que el mismo puede introducir errores que hagan que si está mal, opere.



Trabajo de diploma

Un transformador de corriente transforma la corriente de línea de un circuito de potencia en valores adecuados para los relees de protección normalizados y además aísla a los mismos de los altos voltajes de línea.

Los transformadores de corriente poseen dos devanados, primario y secundario. El devanado secundario entrega una corriente proporcional a la que circula por el primario, manteniendo una relación fija denominada relación de transformación (k_t) que depende de la relación entre el número de vueltas de los devanados secundario y primario.

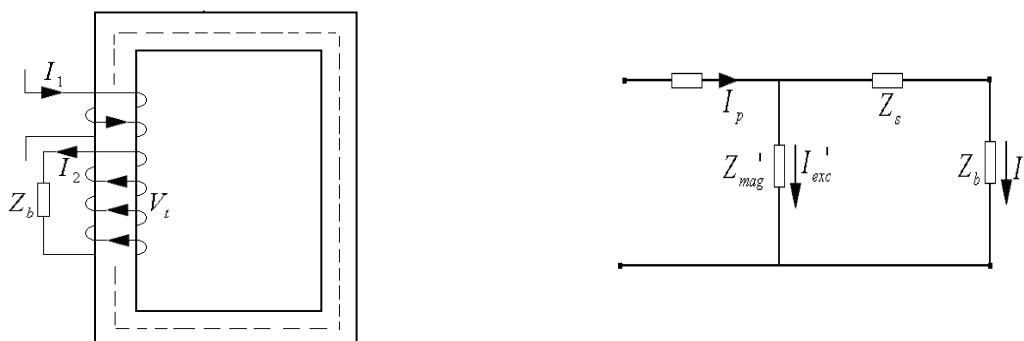


Figura: 2 Anexo 3. Representación esquemática del TC y su circuito equivalente referido al secundario.

En la mayoría de los casos los transformadores de corriente funcionan como una fuente de corriente: el valor de la corriente por el devanado secundario se determina por la corriente primaria que es la corriente de un elemento protegido y prácticamente no depende de la carga aplicada al transformador de corriente ni de las resistencias de su circuito equivalente (figura 2).

El régimen de la fuente de corriente, es posible si la resistencia equivalente del transformador de corriente reducida al devanado primario, es despreciable en comparación con la resistencia de fases del sistema eléctrico (lo que tiene lugar).

En la construcción de los transformadores de corriente se prevee la identificación por medio de las marcas de polaridad, de los sentidos entre las corrientes primaria y secundaria. Por el convenio se considera que cuando la corriente

Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Días.



Trabajo de diploma

“entra” al Terminal marcado en el primario, la corriente “sale” del Terminal marcado en el secundario.

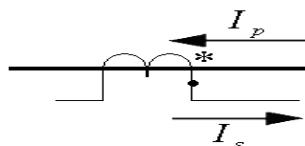


Figura: 3 Anexo 3. Marcas de polaridad de un transformador de corriente.

Con la saturación del núcleo del transformador de corriente se incrementan los errores del mismo. La saturación ocurre cuando el flujo magnético requerido para producir la corriente necesaria en el secundario excede la densidad de flujo determinada por las dimensiones físicas del núcleo del TC. La saturación de TC puede ocurrir por los siguientes factores:

- Área del núcleo de TC.
- Cargas conectadas al TC. (Tipo, resistencia o inductancia).
- Presencia de un flujo remanente en el TC.
- Presencia de componentes de corriente directa en el TC.

Cuando el núcleo del TC se satura en el mismo ocurre el efecto representado en la figura.

Un método muy eficaz para la clasificación y selección de la exactitud de los TC se realiza basándose en el error total y en el voltaje en los terminales. Este método asume que los TC pueden suministrar 20 veces su valor nominal de corriente en el secundario (100 A para TC con 5 A de corriente normalizada en el secundario). Con este valor de corriente en el secundario se clasifican mediante el voltaje secundario que puede ser mantenido en los terminales mientras el error no exceda el 10% especificado.



Trabajo de diploma

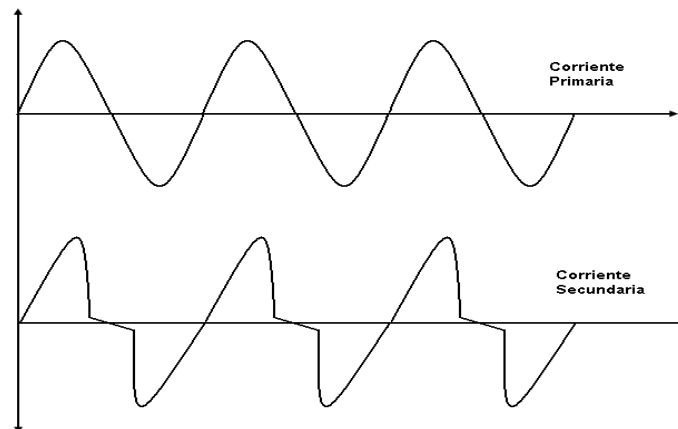


Figura: 4 Anexo 3. Efecto de la saturación en un transformador de corriente.

■ Transformadores de potencial (TP).

Este es un transformador devanado especialmente, con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Tiene una potencia nominal muy baja y su único objetivo es suministrar una muestra de voltaje del sistema de potencia, para que se mida con instrumentos incorporados.

Además, puesto que el objetivo principal es el muestreo de voltaje deberá ser particularmente preciso como para no distorsionar los valores verdaderos. Se pueden conseguir transformadores de potencial de varios niveles de precisión, dependiendo de que tan precisas deban ser sus lecturas, para cada aplicación especial. Para observar ejemplo de los mismos vea la **figura** .



Figura: 5 Anexo 3. Transformadores de potencial.



Trabajo de diploma

Existen varios tipos de transformadores de potencial:

Los transformadores de potencial (TP) de un solo bushing se usan en sistemas aterrados. Los transformadores de potencial de 2 bushing se usan para conectar entre 3 líneas.

Para mediciones se usan hierros de alta permeabilidad. En protecciones se usan hierros de baja permeabilidad, alta reluctancia y se requiere que para valores altos de I primaria se reproduzcan altas corrientes por el secundario.

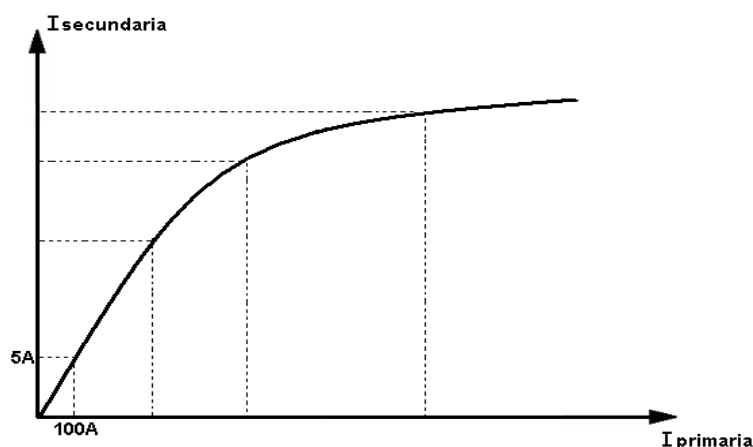


Figura: 6 Anexo 3. Curva de saturación de un transformador de potencial.

➤ Cable conector:

El cable conector que utiliza el recerrador Nu-lec serie U debe ser uno el cual pueda asegurar el aislamiento eléctrico y repeler el agua y otras adversidades atmosféricas, la tabla siguiente muestra las características de las diversas ofertas de conductores que Nu-lec Industries ofrece.



Tamaño del perno roscado (mm2)	Hilos	Material	Corriente (Amps)
300	61/2.52	Cobre	800
240	19/4.01	Aluminio	630
185	19/3.5	Aluminio	400
80	7/3.75	Aluminio	250

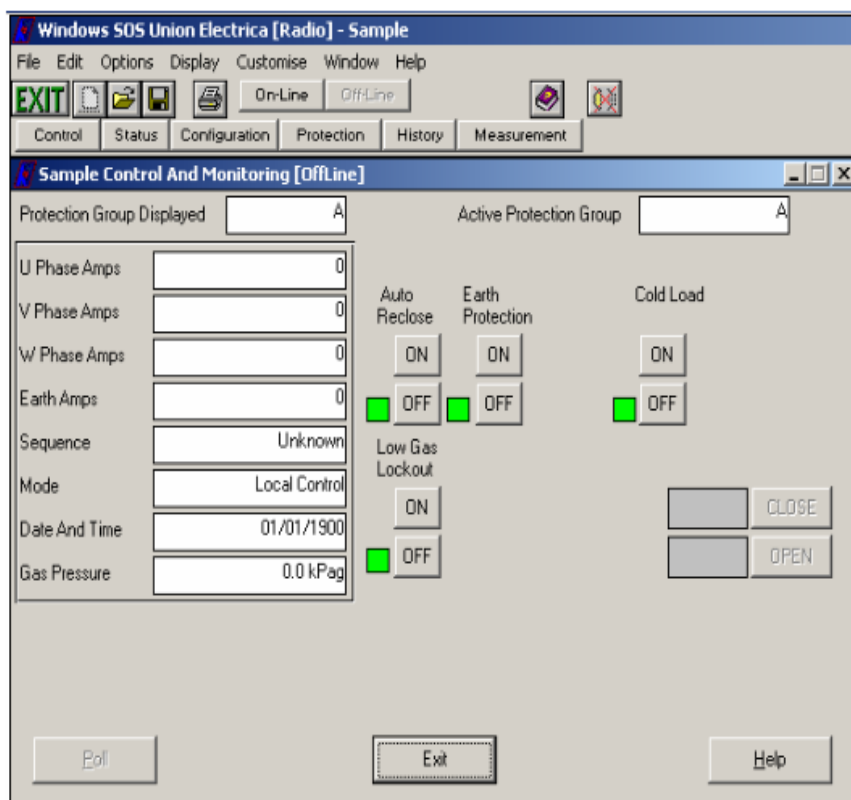
Tabla: 1 Anexo 3. Modelos de los conductores.

➤ Interruptores en vacío:

Estos interruptores en vacío que utiliza el recerrador son de una alta eficacia ya que son llenados al vacío con gas SF₆ contenido en un tanque de acero inoxidable, permitiendo la eliminación de arcos eléctricos y otras múltiples ventajas.



Ventana de control de configuración del WSOS.



Otras ventanas:

- ✓ Estado.
- ✓ Configuración.
- ✓ Protección.
- ✓ Metering
- ✓ Historial.
- ✓ Mediciones.

CONTROL ("CONTROL"): En esta ventana se puede abrir y cerrar al Restaurador, el cual puede habilitar o deshabilitar el auto-recierre, puede habilitar o deshabilitar la protección a Tierra, puede ver en tiempo real las corrientes de cada una de las 3 fases así como la corriente a Tierra, entre otras funciones.

ESTADO ("STATUS"): En esta ventana puede observar el estado de la Fuente Auxiliar (127VAC), el estado de las baterías, la fecha y hora actuales, el estado de los switches cola de rata del Gabinete de Control, el número de operaciones que lleva el equipo, la vida útil de los contactos, el número de serie del equipo.

Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Días.



Trabajo de diploma

CONFIGURACIÓN (“CONFIGURATION”): Dentro de esta ventana se puede visualizar el número de serie de la tarjeta electrónica CAPM, la versión de “software” que se está utilizando, el idioma en el que se despliega la información en el display del Gabinete de Control, el modo en el que opera el equipo, y las capacidades de protección que vamos a habilitar en nuestro equipo.

PROTECCIÓN (“PROTECTION”): Dentro de esta ventana se encuentran todos los parámetros para configurar la protección de nuestro equipo. En el caso de un Restaurador, se encuentran diferentes opciones para seleccionar curvas, multiplicadores instantáneos, número de disparos, protección por alta corriente de corto circuito, de carga fría, de magnetización (“inrush”), protección por pérdida de fase, por sobre o baja frecuencia, etc.

MEDICIONES (“MEASUREMENT”): En esta ventana se podrá observar las mediciones en tiempo real de corrientes, voltajes y potencias, así como la frecuencia del circuito al que se encuentre conectado en ese momento el restaurador.



Trabajo de diploma

Anexo #5.

Diagrama monolineal perteneciente al Circuito “La Deportiva” de muestreo.



Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Días.



Trabajo de diploma

Anexo #6.

Foto de la subestación “La Deportiva” en la cual se realizó la prueba a los distintos Circuitos de Distribución.



Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

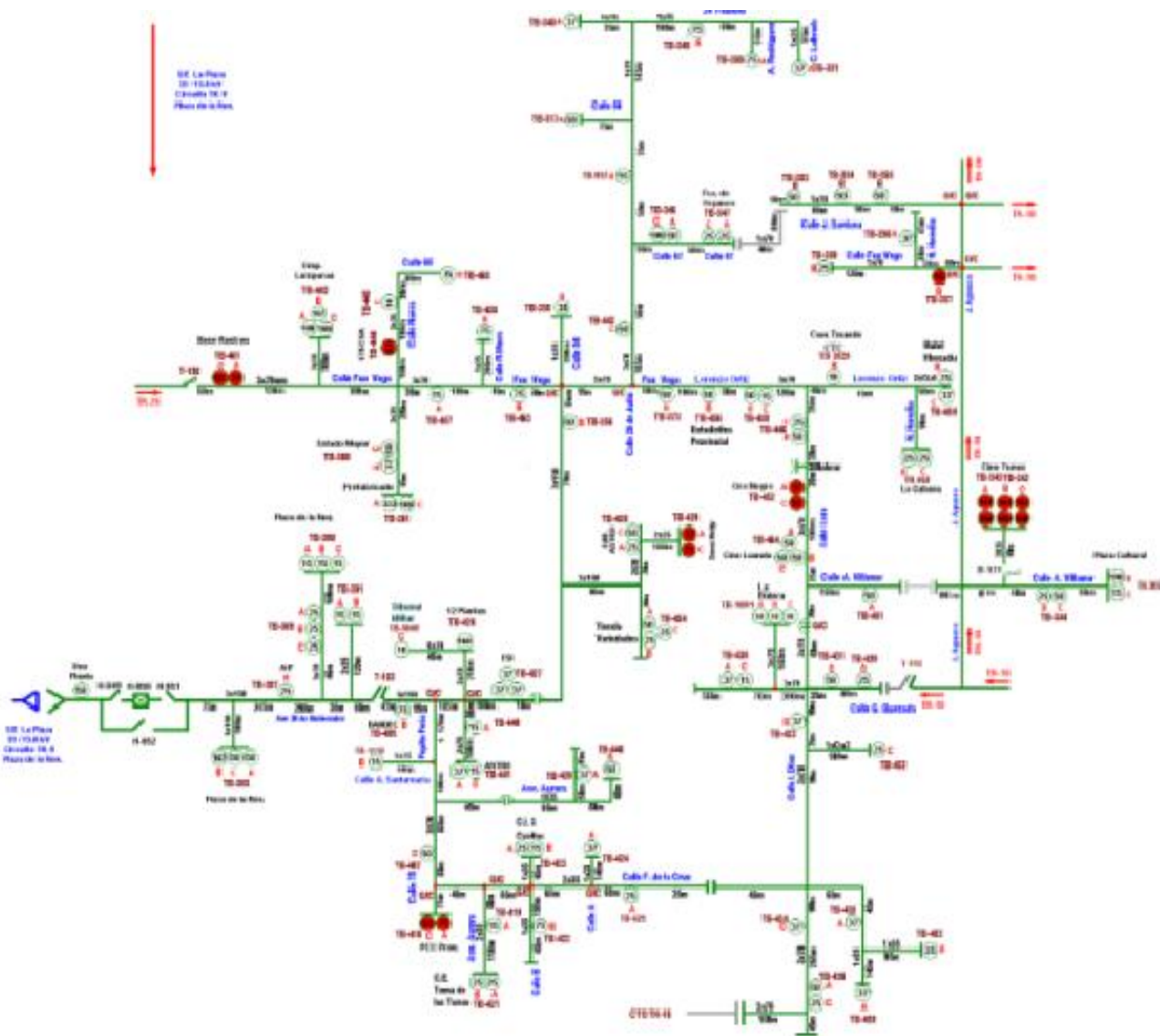
Ing. Delfin Silva Díaz.



Trabajo de diploma

Anexo # 7.

Diagrama monolineal perteneciente al Circuito "Plaza" de muestreo.



Autor: Abdel Cruz Lores.

Tutores: Dr.C. Michel García Aviléz.

Ing. Delfin Silva Díaz.