



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
"Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMÉNEZ"

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

Ingeniero Eléctrico

Título: Biblioteca virtual para fusibles en MATLAB.

Autor: Yaddier Morales Morales.

Tutor: M.Sc. Adol Hernández Rojas.

Moa- 2013

"Año 55 de la Revolución"



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
"Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMÉNEZ"

Trabajo de Diploma

En opción al Título de

Ingeniero Eléctrico

Título: *Biblioteca virtual para fusibles en MATLAB.*

Autor: *Yaddier Morales Morales.*

Tutor: *M.Sc. Adol Hernández Rojas.*

Moa- 2013

"Año 55 de la Revolución"



Declaración de Autoridad

Yo Yaddier Morales Morales autor del trabajo de Diploma Biblioteca virtual para fusibles en MATLAB tutorado por el M.Sc. Adol Hernández Rojas certifico la propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes, educativos e investigativos.

(Autor)

Yaddier Morales Morales

(Tutor)

M.Sc Adol Hernández Rojas



Pensamientos

Si quieres ser sabio, aprende a interrogar razonablemente, a escuchar con atención, a responder serenamente y a callar cuando no tengas nada que decir.

Johann Kaspar Lavater.

Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.

Albert Einstein.

El que quiere hacer algo busca soluciones, el que no quiere nada busca justificaciones.

Ernesto Che Guevara



Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que me han apoyado, y que con su esfuerzo, amor y dedicación han hecho posible que este sueño se haga realidad, especialmente ha:

- Mis padres Rosa Morales Pérez y Arnoldo Morales Carralero por su amor y apoyo en todo momento.
- Mi novia Elianys Peña González por su amor, confianza y paciencia.
- Mi hermana Irisleidis Morales Morales por sus consejos y críticas constructivas.
- Mi hermano Arnoldo Morales Serrano y mi sobrina Dailyn Feria Morales a los cuales espero que este trabajo le sirva de inspiración y ejemplo para trazar sus caminos por la vida.

El Autor



Agradecimientos

Agradezco especialmente a:

- Dios por siempre estar a mi lado en los momentos más difíciles dándome fuerzas para enfrentar los retos, pruebas y desafíos de la vida.
- Mis padres Rosa Morales Pérez y Arnoldo Morales Carralero por enseñarme a ver la vida de forma optimista.
- Mi tutor Adol Hernández Rojas por la ayuda, indicación y guía en la realización de este trabajo.
- Todos los profesores, por los conocimientos y experiencia que me transmitieron, su incuestionable nivel científico unido a su pedagogía y humildad, hago llegar mi más sincero respeto y gratitud.
- La Revolución Cubana por darme la oportunidad de convertirme en un profesional.
- Todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron posible la culminación de este trabajo, a quien siempre o en ocasiones creen en mí.

A todos

Muchas Gracias

Yaddier Morales Morales



Resumen

En el presente trabajo se muestran los detalles de la construcción de una biblioteca virtual para fusibles en MATLAB, que permita facilitar la realización de laboratorios virtuales de selección y coordinación de fusibles eléctricos en la rama de las protecciones eléctricas. La herramienta virtual está compuesta por las variedades más comunes de fusibles eléctricos utilizados en los momentos actuales y su mayor aplicación es para la realización de tareas académicas y de investigación.

En el capítulo uno se realiza un análisis de la bibliografía relacionada con el tema de investigación, haciendo énfasis en los fundamentos teóricos relacionados con los diferentes tipos de fusibles y elementos utilizados, así como también de los temas relacionados con el procesamiento de datos y simulación de sistemas en MATLAB, además se exponen los métodos para el trabajo con la interfaz gráfica de usuario del MATLAB.

En el capítulo dos se realizó una descripción detallada sobre el diseño de la biblioteca virtual, describiendo fundamentalmente el proceso de la obtención de las bases de datos, simulación de los fusibles eléctricos, obtención de las curvas características de tiempo contra corriente y la utilización de la interfaz gráfica de usuario.

En el capítulo tres se conformaron los laboratorios virtuales y se analizaron las ventajas de los mismos con las nuevas curvas de tiempo contra corriente en comparación con los métodos utilizados anteriormente para la selección y coordinación de fusibles eléctricos. También se analizan las ventajas medioambientales y valoración económica que ofrece la utilización de laboratorios virtuales.



Summary

The construction details of a virtual library of MATLAB fuses are shown in the current work. It will facilitate the virtual laboratories of electrical fuses selection and coordination with electrical protection branch. The virtual tool consists of the most common varieties of electrical fuses used at present. It is applied in academic and research tasks

In the chapter one are a bibliography analysis in realized related to the topic of research, making emphasis in the theoretical fundamentals in relation with the different types of fuses and used elements, as well as the topic related to data processing and system simulation in MATLAB, besides the methods work with the user's graphic interface of MATLAB.

In chapter two was carried out a detailed description on the design of the virtual library, describing the process to obtain of the databases, simulation of the electric fuses, obtaining the time characteristic curves against current and the use of user's graphic interface.

In chapter three the virtual laboratories where constituted and the advantages of using the virtual laboratories with the new curves of time against current were analyzed in comparison with the methods used previously for the selection and coordination of electric fuses. The environmental advantages and economic valuation offering by use of virtual laboratories are also analyzed.



Índice general

Declaración de <i>Autoridad</i>	I
Pensamientos	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos	IV
Resumen.....	V
Summary.....	VI
Índice general	VII
Introducción general	1
Situación problemática.....	2
Problema.....	2
Hipótesis	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Objeto de estudio	3
Campo de acción	3
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO- INVESTIGATIVO	4
1.1 Introducción	4
1.2 Estado del arte.	5
1.3 Características de los fusibles eléctricos.	7
1.3.1 Cuerpo Fusible.....	9
1.3.2 Terminales del fusible.	10
1.3.3 Elemento Fusible.	11
1.4 Características Eléctricas de los Fusibles.....	13
1.4.1 Intensidad nominal (In).	13
1.4.2 Voltaje Nominal (Vn).	14
1.4.3 Curva característica de corriente en función del tiempo	14
1.5 Láminas de fusibles de alta tensión	15
1.5.1 Tipos Específicos de láminas para Fusibles de alta tensión	15
1.5.2 Principales tipos de fusibles de alta tensión	16
1.6 Selección de fusibles	17
1.6.1 Clases de fusión en los fusibles.....	18
1.7 Ventajas del Fusibles Eléctrico.	19
1.8 Características generales de MATLAB	21
1.8.1 Interfaz Gráfica de Usuario en MATLAB.....	21
1.8.2 Simulink	22
1.9 Conclusiones parciales.	23
CAPITULO 2.DISEÑO DE LA BIBLIOTECA VIRTUAL	24
2.1 Introducción	24
2.2 Obtención de las Bases de Datos de los fusibles.	24
2.3 Simulación de fusibles en el simulink de MATLAB.	25
2.4 Ventanas de la Biblioteca Virtual	26
2.5 Obtención de las curvas de tiempo vs corriente de los fusibles.	29
2.6 Dispositivos Primarios utilizados.	32
2.7 Trabajo con el GUIDE de MATLAB.....	33
	VII



2.7.1	Creación de la Presentación de la Biblioteca virtual en GUI.	34
2.8	Conclusiones parciales.	37
CAPITULO 3 CONFORMACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES.....		38
3.1	Introducción	38
3.2	Laboratorios Virtuales para la asignatura de Protecciones Eléctricas.....	38
3.2.1	Laboratorio #1.....	39
3.2.2	Laboratorio #2.....	41
3.2.3	Laboratorio #3.....	44
3.2.4	Laboratorio #4.....	46
3.2.5	Laboratorio #5.....	49
3.2.6	Laboratorio #6.....	50
3.2.7	Laboratorio #7.....	52
3.3	Ventajas del uso de las Curvas obtenidas en la Biblioteca Virtual.	53
3.4	Aplicación del modelo del bloque simulado.	53
3.5	Impacto medio ambiental.	54
3.6	Valoración económica.....	54
3.7	Conclusiones parciales.	55
Conclusiones Generales.....		56
Recomendaciones		57
Bibliografía.....		58
Anexos.....		i



Introducción general

Los primeros dispositivos de protección surgen, por necesidad, al unísono con el primer Sistema Eléctrico de Potencia a finales del siglo XIX generando desde sus inicios la necesidad de crear una herramienta computacional que permitiera realizar pruebas y comprobar las características de funcionamiento de los mismo de forma virtual. Para ello a lo largo del siglo XX se desarrollaron sorprendentemente los conceptos teóricos y la tecnología utilizada en los dispositivos de protección encaminada a la simulación y representación de elementos virtuales.

En los momentos actuales tanto la modelación matemática como la simulación de los dispositivos de protección comenzaron a ser una necesidad. Aumentando las probabilidades de realizar una mejor selección y ajuste correcto de los dispositivos de protección. En ese sentido se realiza este trabajo cuyo objetivo fundamental está basado en realizar una herramienta virtual con el uso del software MATLAB que permita la simulación y obtención de las características de tiempo contra corriente de los principales fusibles eléctricos para mejorar las técnicas existentes de selección y coordinación de los fusibles eléctricos en la realización de laboratorios virtuales para el campo de las protecciones eléctricas.

Los laboratorios virtuales resultan imprescindibles en la situación actual de la economía de nuestro país, ya que con ellos se logra un ahorro considerable de recursos y permiten incorporar una mayor cantidad de elementos que por cuestiones económicas no se podrían tener en laboratorios físicos convencionales. Además le da la posibilidad al estudiante de tener un mayor acceso a los diferentes laboratorios programados.

La utilización de Laboratorios Virtuales de Protecciones Eléctricas permiten verificar el comportamiento de las Protecciones de los Sistemas Eléctricos de Potencia: en explotación o en fase de diseño; así como mejorar la calidad del proceso Docente - Educativo en Universidades o Instituciones dedicadas a la enseñanza e investigación de esta materia.



Situación problémica

La inexistencia en el ISMM de una herramienta computacional propia o autorizada para realizar laboratorios virtuales de selección y coordinación de fusibles, ya que la realización de estas actividades de forma manual es deficiente producto a que la calidad y cantidad de los materiales físicos con que se cuenta es insuficiente.

Problema

La ineficacia del método aplicado en la actualidad para la enseñanza, en la creación de habilidades de selección y coordinación de fusibles no está acorde al desarrollo existente en el campo de las protecciones eléctricas, donde la mayor parte del ajuste y coordinación de los dispositivos se realiza de forma computacional por asegurar esto mayor eficiencia y un ahorro de tiempo considerable.

Hipótesis

Con los recursos informáticos que ofrece el MATLAB es posible implementar una herramienta que permita modelar el comportamiento de los fusibles y obtener sus curvas características de tiempo contra corriente para desarrollar prácticas de laboratorios virtuales en las clases de protecciones eléctricas acordes al desarrollo actual de esta ciencia.

Objetivo general

Elaborar una Biblioteca virtual en MATLAB que permita la simulación y obtención de las curvas de tiempo vs corriente de los principales fusibles eléctricos, controlados por la interfaz gráfica de usuario del MATLAB.

Objetivos específicos

- Definir las características fundamentales de los fusibles eléctricos.
- Obtener las bases de datos de los fusibles eléctricos.
- Modelar en MATLAB el comportamiento de los fusibles eléctricos.



- Conformar los laboratorios virtuales de selección y coordinación de fusibles eléctricos.
- Definir las ventajas y aplicación de la biblioteca en las clases de protecciones eléctricas.

Objeto de estudio

- Biblioteca virtual de fusibles eléctricos.

Campo de acción

- Modelación de protecciones eléctrica.



CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO- INVESTIGATIVO

1.1 Introducción

Con el avance científico - tecnológico de la electrónica, la computación y la informática, se desarrolla la simulación de los sistemas de protecciones eléctricas”, así como de los sistemas eléctricos de potencia en general. En la actualidad muchas compañías que desarrollan dispositivos de protección han creado simuladores digitales donde pueden probar sus propios diseños de forma virtual con señales también simuladas de sistemas eléctricos de potencias virtuales. La mayoría de los investigadores primeramente verifican en simuladores digitales el funcionamiento de sus algoritmos de protección, y luego, desarrollan el hardware para comercializarlo. La IEEE reconoce como tópicos actuales de investigación, la modelación de protecciones eléctricas. Otras aplicaciones de los Simuladores Digitales de Protecciones (SDP) se encuentran en la enseñanza de los conocimientos del principio de funcionamiento de las protecciones para estudiantes no graduados o graduados con intenciones de superación.

En la actualidad los laboratorios virtuales tienen un entorno distribuido de herramientas de simulación y animación, cuyo propósito es realizar la simulación interactiva de un modelo matemático o un proceso determinado .Los laboratorios virtuales proporcionan un método flexible y amigable para definir los experimentos que se llevan a cabo sobre el modelo siendo por ello herramientas útiles para la enseñanza dentro del ámbito de la ingeniería.

En este primer capítulo se realiza un análisis de la bibliografía relacionada con el tema de investigación, haciendo énfasis en los fundamentos teóricos relacionados con los diferentes tipos de fusibles y elementos utilizados, así como también de los temas relacionados con el procesamiento de datos y simulación de sistemas en MATLAB, además se exponen los métodos para el trabajo con la interfaz gráfica de usuario del MATLAB.



1.2 Estado del arte.

En el trabajo presentado por (**Torres Breffe, 1999**) se muestran los detalles de la construcción de un Laboratorio Virtual que permite facilitar la comprobación del funcionamiento de las protecciones eléctricas por relés. La herramienta virtual está compuesta por las variedades más comunes de dispositivos de protecciones por relés y por un simulador de perturbaciones. En el mismo se describen primeramente las ecuaciones matemáticas que modelan los tipos de relés más utilizados en la actividad práctica y luego se muestran los detalles de su construcción y diseño.

(**Torres Breffe,2005**)Desarrolla una herramienta que permite simular el comportamiento de las funciones de protección de un sistema convencional o inteligente, que esté instalado o se pretenda instalar, a partir de los datos de averías simuladas (al unísono) en el propio sistema eléctrico de potencia, que permita predecir las operaciones incorrectas en las protecciones y buscar sus soluciones. Entre las novedades del trabajo se encuentra la creación de una biblioteca en el SIMULINK del MATLAB que incluye los dispositivos de protección más utilizados en la práctica, así como soportar los dispositivos basados en técnicas de inteligencia artificial que permita predecir el comportamiento ante fenómenos transitorios de los sistemas de protecciones completos a partir de la simulación del sistema eléctrico de potencia y sus protecciones eléctricas como una unidad con el objetivo de obtener los patrones de entrenamiento, entrenar una red de neuronas artificiales para ser utilizada en específico en la protección de transformadores de potencia que opere correctamente, para aquellos regímenes más difíciles de identificar, incluso con determinados defectos en los instrumentos de medición como la apertura de un conductor en el circuito secundario de los transformadores de corriente.

En el trabajo realizado por (**Hidalgo Peña, 2008**) elabora una herramienta para la realización de laboratorios virtuales asistidos con MATLAB para la asignatura de automatización de la carrera de eléctrica, informática, metalurgia y minas, en su trabajo el autor realiza un análisis de las distintas formas de creación de laboratorios virtuales y sus perspectivas futuras, también da una visión de la utilización de las nuevas



tecnologías de la informática en la educación superior.

En el proyecto realizado por (**Blanco Rojas, 2008**), propone métodos para modelar y simular todo un conjunto de procesos industriales en MATLAB, consta principalmente de tres partes en la primera parte se establecen los objetivos, posteriormente se obtienen los modelos matemáticos de los diferentes procesos industriales mediante las ecuaciones que describen los fenómenos físicos que en ella tiene lugar y finalmente una vez obtenido el modelo se conforman los bloques a partir de sus ecuaciones diferenciales.

(**Guzmán & Rojas, 2010**) Presentan un artículo donde exponen los resultados obtenidos en la conformación de una biblioteca virtual asistida con MATLAB, para el diseño y simulación de sistemas industriales. Aquí, a partir de modelos conocidos de instalaciones, procesos y agregados industriales conforman los subsistemas en forma de bloques empleando el aplicativo SIMULINK, lo que permitirá el diseño y simulación posterior de cualquier sistema de interés. El aspecto novedoso de la metodología empleada radica en la conformación de una biblioteca virtual para su uso con el SIMULINK. Estas simulaciones pueden ser de sistemas reales, permitiendo evaluar el comportamiento dinámico de los mismos.

Relacionado con el uso de la interfaz gráfica de usuario del MATLAB (**Pupo Bacallao, 2010**) desarrolla un software orientado a asistir una tarjeta de adquisición de datos con lectura y escritura de los puertos con los códigos ofrecidos desde el MATLAB O CITECT. Su trabajo incorpora circuitos de mando en accionamientos eléctricos, a partir del protocolo de comunicación de las estaciones de medición existente en el laboratorio de Circuitos Eléctricos y de Mediciones Eléctricas. Esto constituye una aplicación de mando asistido por PC, en circuitos de control de accionamientos eléctricos, para el caso de estudio de un motor paso a paso.

Relacionado con el tema de investigación (**Quesada Pupo, 2011**) realiza un trabajo que consiste en implementar una interfaz gráfica para el procesamiento de datos utilizando las bondades del GUI del MATLAB, donde elabora un software como herramienta de



trabajo desde la PC. La interfaz para ese caso resuelve tareas de comunicación, supervisión y control en los objetos de Simulink, tarjetas y puertos del PC. Todos los recursos son gestionados a partir de los drivers existente en el paquete de MATLAB. Esta herramienta virtual es utilizable en tareas académicas y de investigación.

A modo de conclusión se puede decir que a través del análisis de los trabajos precedentes relacionados con el tema de investigación se observar que pese a las ventajas que ofrece el Software MATLAB en la actualidad no se cuenta con una herramienta computacional destinada para la selección y coordinación de fusibles eléctrico utilizando las herramientas y bondades de MATLAB.

1.3 Características de los fusibles eléctricos.

El fusible eléctrico es un dispositivo destinado a proteger una instalación eléctrica y sus componentes contra sobre corrientes ocurridas aguas abajo de éste, mediante la fusión de uno o varios elementos destinados para este efecto, interrumpiendo el flujo de la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa el valor de la corriente de fusión del fusible dentro de un tiempo determinado.

Para comprender las distintas condiciones bajo las cuales puede estar sometido un fusible eléctrico, es conveniente definir claramente el significado de una sobrecarga y un cortocircuito.

La primera condición de operación de un fusible es la sobrecarga, la cual se define como un valor de corriente excesivo en relación con la nominal especificada en la etiqueta. Esta corriente fluctúa en un rango de unas 2 a 3 veces la corriente nominal.

Son causadas por incrementos de corrientes de corta duración, producto de la partida de motores o cuando se conectan los transformadores (corriente de Inrush). Estas sobrecargas son de ocurrencia normal y no tienen efectos dañinos en los componentes del circuito cuando son por tiempos inferiores a los 10 segundos.

Otro tipo de sobrecarga es la producida por algún defecto en artefactos o cuando

existen demasiadas cargas conectadas a un circuito. Estas corrientes son más duraderas y dañinas que las anteriores, ocasionan peligrosos aumentos de temperatura en los componentes del circuito, por lo tanto deben ser interrumpidas por el fusible siempre que éste sea adecuado para esta finalidad.

La segunda condición que puede ser causal de la operación de un fusible es el cortocircuito, y se define como la desaparición repentina del aislamiento existente entre conductores de tensión diferente. La magnitud de estas corrientes supera 6 veces la corriente nominal del fusible, llegando al orden de miles de amperes (kA). Es de vital importancia que los fusibles diseñados para este fin, interrumpan estas corrientes debido a los dañinos efectos térmicos y dinámicos.

El fusible, dependiendo de su forma, puede ser de fácil intervención o manipulación. Por lo tanto una correcta elección y dimensionamiento son muy importantes puesto que de otra manera el fusible no cumplirá su rol de protección. Existe una cosa muy importante a tomar en cuenta en los fusibles y es su característica de respuesta. Un fusible no tiene un tiempo único para su operación, sino por el contrario este depende del nivel de la corriente que lo atraviesa.

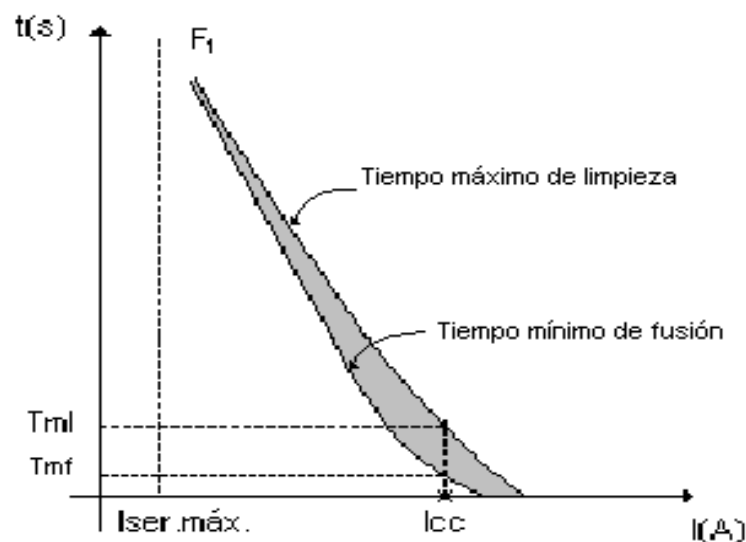


Figura 1.1 Característica hipotética de temporización de un fusible.



Para corrientes mayores, mayores temperaturas y, por tanto, más rápida es la fusión de la lámina y todo lo contrario ocurre para menores corrientes. Es decir, el tiempo de operación es inversamente proporcional a la corriente como se observa en la Figura 1.1

Además de la característica de tiempo inverso, es válido destacar que existe una diferencia entre el tiempo que necesita la lámina para comenzar a fundirse y el tiempo en que logra fundirse por completo. En este sentido los fabricantes suelen ofrecer dos curvas de tiempo, la curva de tiempo mínimo de fusión y la de tiempo máximo de limpieza.

Como casi todos los dispositivos de tiempo inverso, jamás accionará para la corriente que los caracteriza. Es decir, un fusible de 100A jamás fundirá para una corriente igual a este y en el caso de los fusibles, este fenómeno suele ser exagerado; es decir, que un fusible de 100A comenzará la fusión con no menos de 300A. Este detalle es muy importante y útil a la hora de coordinar el funcionamiento de los mismos con respecto a otros tipos de dispositivos.

Es un dispositivo de protección primario; es decir, que no utiliza transformadores de corriente sino que por el contrario se conecta directamente en las fases de potencia del sistema eléctrico y, por tanto, debe tener la suficiente capacidad interruptora; si no puede fundirse o explotar toda la instalación; bornes, porta fusibles etc.

Los fusibles no pueden ajustarse; sólo se seleccionan, es decir, que el objetivo radica en hacer una buena selección del fusible para la protección contra determinado defecto que por lo general es el cortocircuito (**Sánchez M, Gustavo, Protecciones de Sistemas Eléctricos**).

1.3.1 Cuerpo Fusible.

Se construyen de materiales aislantes de la electricidad y con un cierto grado de resistencia mecánica como por ejemplo el Vidrio, el papel Fishpaper, la Cerámica, la Esteatita, la Fibra de Vidrio, entre otros.



El Cuerpo cumple la función de proteger y aislar el elemento fusible ubicado en su interior, además debe ser capaz de soportar grandes presiones térmicas y mecánicas en el momento de operación del elemento fusible. La cantidad de energía liberada en este instante, debe ser contenida en el interior del cuerpo y luego disipada en forma de calor al exterior con el fin de evitar la explosión del fusible, riesgos al personal y la instalación.

La onda de presión mecánica originada por la operación del fusible, choca contra las paredes internas del cuerpo en un lapso de tiempo de milisegundos hasta unos pocos segundos. Posteriormente, el cuerpo fusible debe soportar la energía térmica desarrollada en su interior, la que se refleja en un incremento gradual de la temperatura y depende de la energía desarrollada durante la fusión, por tanto del valor de la intensidad de cortocircuito y de la disipación del cuerpo, terminales, porta fusibles y cables de conexión.

1.3.2 Terminales del fusible.

Se construyen generalmente en piezas torneadas de cobre y bronce, terminados con un baño de plata electrolítica con una pureza de 99.99 % o también, dependiendo de la aplicación, con un baño de estaño. Estos elementos cumplen la función de conectar eléctricamente el elemento fusible con el circuito a proteger y como elementos disipadores del calor desarrollado en la operación normal del fusible, por lo tanto es muy importante que estén bien unidos al fusible para evitar el calentamiento por efecto de resistencia de contacto. También como disipadores de energías de sobre corriente.

La diferencia entre la plata y el estaño radica en la clase de óxidos que estos metales producen. La plata se oxida cuando está expuesta al oxígeno, pero el óxido de este metal es conductor, así que con el óxido de plata siempre existirá un buen contacto eléctrico. Por otra parte, el óxido del estaño forma una película delgada de óxido sobre el estaño que está expuesto al aire y esto origina una protección superficial sobre la pieza. Esto es favorable en lugares donde existen muchos agentes contaminantes que pueden atacar a las piezas metálicas, como por ejemplo en la minería. La razón por la



cual las piezas de cobre reciben un baño de plata o estaño, es que el óxido de cobre es un mal conductor. Los contactos con óxido de cobre pueden aislar o pueden conducir.

1.3.3 Elemento Fusible.

Es el “corazón” de cada fusible eléctrico, controla las características de capacidad de interrupción frente a las sobre intensidades, bajo condiciones de funcionamiento del fusible.

Las características referidas al material de fabricación y las dimensiones del elemento fusible, se basan en el comportamiento registrado con el incremento de la corriente y el tiempo de respuesta (Característica t-I).

Un fusible puede tener uno o más elementos fusibles en su interior. Generalmente se fabrican con plata debido a sus grandes ventajas. Todos los óxidos que produce este metal son conductores, posee una gran maleabilidad lo cual facilita el trabajo con las láminas, posee una baja resistividad y pocas pérdidas, También se fabrican con otros metales tales como el cobre, cobre bañado en plata para mejorar su capacidad conductiva y el zinc.

Los elementos fusibles utilizados son generalmente alambres y láminas. El uso de alambres permite calibrar la corriente que circula por el fusible solamente variando su diámetro. Actualmente el uso de alambres está aplicado solo en contados tipos de fusibles, como los de vidrio, los de reja y en general cuando no se requiere manejar corrientes muy altas. En la etapa de diseño es importante determinar el largo adecuado de los alambres fusibles, puesto que la resistencia interna es directamente proporcional a su longitud según la relación de la ecuación 1.1:

$$R = \frac{\rho \times L}{S} \quad (1.1)$$

Donde

$\rho \rightarrow$ Resistividad (una característica propia de cada material).

$L \rightarrow$ longitud en m.

$S \rightarrow$ sección en m^2 .

Por lo tanto la longitud de los alambres fusibles, influirá directamente en los tiempos de operación.

En el gráfico de la Figura 1.2 se muestra la curva de operación de un alambre Cuag (aleación Cobre y Plata) con diámetro de 0.47 mm, primero con una longitud de 50 mm y luego con 100 mm, sin cuerpo fusible y sin medio de extinción del arco.

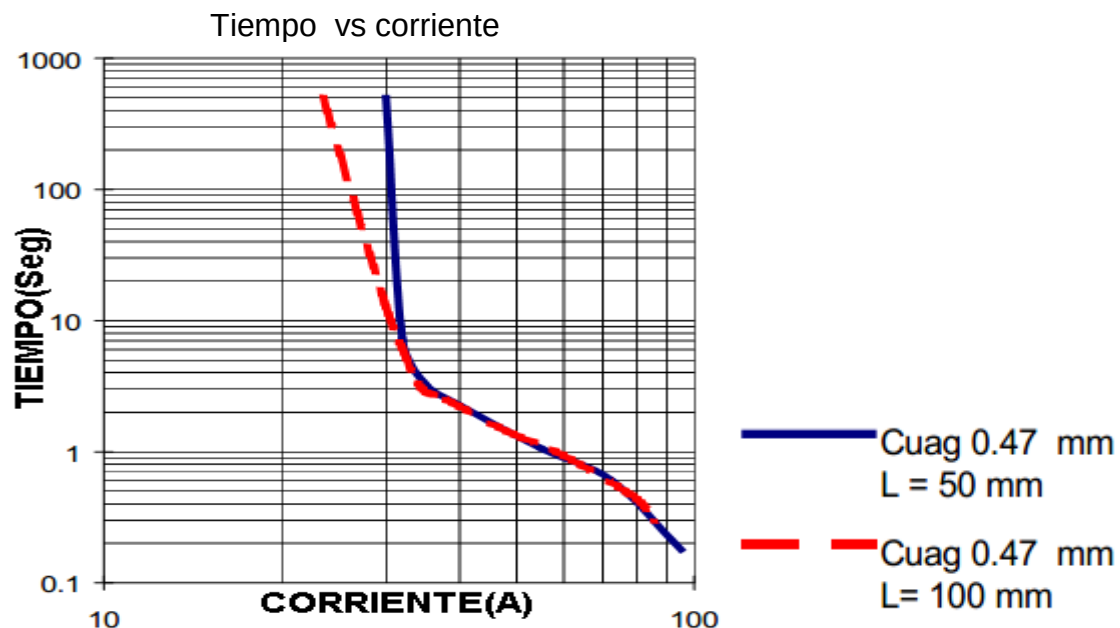


Figura 1.2 Comportamiento del fusible para diferentes longitudes.

Para una misma corriente de cortocircuito el fusible de longitud mayor interrumpe primero que el de longitud menor, debido a que por efecto Joule disipa más calor, lo que afecta directamente en los tiempos de fusión. En la parte baja de la curva, con corrientes más elevadas, los tiempos de fusión son casi iguales. Esto se debe a que la influencia de la temperatura en la operación del fusible es casi nula producto de los rápidos tiempos de respuesta.



A diferencia de los alambres fusibles, el uso de láminas tiene la gran ventaja de además de regular la corriente con la sección de la lámina, controlar la disipación de calor implementando una adecuada geometría en el diseño, para evitar la operación del fusible por excesiva acumulación de calor en condiciones de sobrecarga. Según los tiempos de operación que se desea lograr es posible diseñar fusibles para distintas aplicaciones. Para esto se utilizan distintos metales en la fabricación de los elementos fusibles puesto que cada uno posee cualidades físicas distintas al resto (temperatura de fusión, resistividad, etc.).

1.4 Características Eléctricas de los Fusibles.

Además de definir correctamente y conocer las características físicas, mecánicas y constructivas de los fusibles, es muy importante determinar los parámetros eléctricos que identifican a estos elementos de protección. Para logra un óptimo uso de los mismos y evitar daños secundarios. (Saavedra C., Raúl; Robles C., Patricio; Reich W., Federico “Protecciones de Sistemas Eléctricos”).

1.4.1 Intensidad nominal (In).

La intensidad nominal de un fusibles es la cantidad de corriente eléctrica (valor RMS) que el fusible es capaz de conducir indefinidamente sin desconectar. Como se ha descrito anteriormente, la circulación de una corriente eléctrica por un conductor, creará una determinada cantidad de calor por efecto Joule. Sin embargo, la circulación de una corriente igual o menor a la indicada como nominal en el fusible, no debe originar una cantidad de calor que provoque dentro de un tiempo determinado y en condiciones ambientales y de montaje favorables, la operación del fusible. Este valor debe estar especificado en el fusible, y a cada uno de estos, se le designa un nivel de corriente por el fabricante, bajo condiciones específicas en las cuales fue probado. Cuando se elige un valor de corriente para el fusible, hay que considerar el tipo de carga y un código para uso específico proporcionado por el fabricante. Normalmente, para seleccionar la corriente nominal de un fusible es necesario conocer la corriente nominal que circula por el circuito, y ésta debe corresponder al 80 % de la corriente nominal del fusible. En

el caso de los circuitos que poseen motores, la corriente nominal de los fusibles de doble elemento se dimensiona al 175%.

1.4.2 Voltaje Nominal (V_n).

Es el máximo valor de tensión a que puede estar sometido el fusible especificado en la etiqueta Figura 1.3 ,para el cual el fusible puede trabajar en condiciones normales de operación, por lo tanto V_n debe ser igual o superior al voltaje del circuito donde se aplicará el fusible. Por ejemplo, un fusible con un V_n de 600 volts puede ser usado en un circuito de 220 volts.

Este nivel de voltaje corresponde a la capacidad que tiene el fusible para extinguir rápidamente el arco de corriente después de que el elemento se ha fundido. Un fusible nunca debe ser aplicado en un circuito donde el voltaje sea superior al nominal del fusible, debido a que su cuerpo no resistirá la diferencia de potencial y su capacidad dieléctrica disminuirá entre los terminales hasta que se produzca su recalentamiento y posterior destrucción.

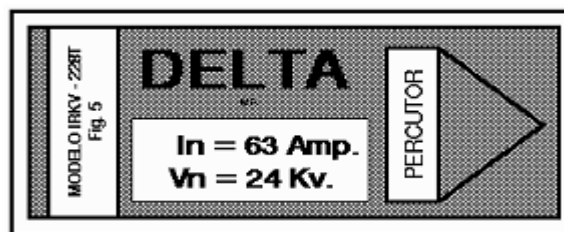


Figura 1.3 Etiqueta de un fusible indica la corriente y el voltaje nominal.

1.4.3 Curva característica de corriente en función del tiempo

Una curva característica de tiempo-corriente para un fusible específico, generalmente se muestra como una línea continua que representa el tiempo en segundos, que tarda el fusible en interrumpir una determinada sobre corriente. Estas curvas son representadas en papel logarítmico para facilitar su lectura. Los valores de la corriente se indican en el eje de las abscisas (x), incrementándose de izquierda a derecha, y en la ordenada (y) se muestra el tiempo de operación que generalmente comienza en 10



mili segundos, aumentando su valor desde abajo hacia arriba.

Existen dos tipos de curvas que indican la característica tiempo-corriente, donde el factor común en ambas es la corriente. La primera y la más común es la curva de tiempo mínimo de fusión, donde el eje “y” indica el tiempo que el fusible tarda en alcanzar la temperatura de fusión del elemento fusible. La segunda curva corresponde al tiempo máximo de limpieza del fusible. Los tiempos indicados por esta curva, comprenden el tiempo de pre-arco y el de arco, es decir, el tiempo total que tarda el fusible en interrumpir la sobre corriente. Para interpretar una curva de operación de un fusible, se puede empezar la lectura por medio del eje de corriente para conocer el tiempo de operación, o a partir del eje de tiempo para determinar la cantidad de corriente en amperes, y solamente hay que interceptar la curva de corriente nominal del fusible en cuestión para luego dirigirse hacia el eje de la variable a conocer.

1.5 Láminas de fusibles de alta tensión

Láminas Fusibles Tipo Universal: Las láminas fusibles son dispositivos de protección contra sobre corrientes; se denominan Tipo Universal ya que su intercambiabilidad tanto mecánica como eléctrica, está normalizada para todos los fabricantes. FEDELCA produce Láminas fusibles bajo las normas Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos(IEEE), Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) y Compañía Anónima de Administración y Fomento Eléctrico (CADAPE), en los tipos H.K. y T. desde 1 amp Hasta 200 amp, en 15 y 34.5 KV. Las láminas fusibles FEDELCA, mantienen inalterables durante el servicio, sus características de tiempo-corriente de acuerdo con las curvas normalizadas. Su temperatura de trabajo es baja; para atender el objetivo de estabilidad de propiedades, se utiliza en el elemento fusible, metales o aleaciones que no están sujetas a oxidaciones progresivas y con temperaturas de trabajos inferiores a 100 °C con punto de fusión en 230 °C.

1.5.1 Tipos Específicos de láminas para Fusibles de alta tensión

- **Tipo H:** las láminas fusible tipo H presentan una relación de tiempo - corriente más rápida que el tipo K en el corte y en perturbaciones bruscas.



- **Tipo K:** las láminas fusibles tipo K se fabrican cumpliendo con las normas nacionales e internacionales ANSI, NEMA, IEEE, para los valores máximos y mínimos: 300, 10 y 0,1 segundos, atendiendo a las especificaciones técnicas y los valores normalizados para lograr una intercambiabilidad adecuada. Los fusibles tipo k se clasifican dentro de los rápidos.
- **Tipo T:** las láminas fusibles tipo t se fabrican cumpliendo con las normas nacionales e internacionales ANSI, NEMA, IEEE, para los valores máximos y mínimos: 300, 10 y 0,1 segundos, atendiendo en estas, especificaciones técnicas y los valores tiempo-corriente normalizados para lograr al igual que los tipo K una intercambiabilidad adecuada. Los fusibles tipo T se clasifican dentro de los lentos o retardados.

1.5.2 Principales tipos de fusibles de alta tensión

- **Fusible tipo K:** Conducen hasta 150% de su I_n sin daños.
- **Fusibles Tipo T:** Más lentos que los K.
- **Fusible tipo Std:** Intermedia entre los K y T; son permisivos a las fluctuaciones de corriente.
- **Fusible Tipo H:** Conducen hasta el 100% de su I_n sin daño; tienen característica de fusión muy rápida.
- **Fusible Tipo N:** Conducen hasta el 100% de su I_n sin daños. Son más rápidos aún que los H.
- **Fusible Tipo X:** Provistos de un elemento dual; son permisivos a las fluctuaciones de la corriente.
- **Fusible Tipo Sft:** Provisto de elemento dual; no actúan ante fallas temporarias.
- **Fusibles Tipo MS o KS:** Respuesta ultra lenta y mayor permisividad de corriente que los T; bueno como protección de línea.
- **Fusibles Tipo MN241 AYEE:** Conducen hasta el 130% de su I_n sin daños; poseen un resorte extractor necesario en los seccionadores MN241 AYEE.
- **Fusibles tipo DUAL:** son fusibles extra lentos

1.6 Selección de fusibles

Con la finalidad de desconectar la zona afectada por una falla eléctrica, es necesario que los fusibles reaccionen rápidamente, seleccionando la zona y separándola del resto del sistema en el menor tiempo posible de manera que la perturbación no afecte al resto de la red. Para esto debe desconectar primero el fusible más cercano al lugar de defecto, y si por algún motivo este fusible no opera correctamente, debe actuar el siguiente que esté ubicado aguas arriba, y así sucesivamente. La coordinación entre fusibles se determina gráficamente mediante la comparación de sus respectivas curvas características de operación. Para ello, las curvas deben estar graficadas en la misma escala para facilitar su lectura y no deben cortarse ni ser tangentes.

En la selección del fusible hay que tener en cuenta, al igual que en todos los dispositivos de sobre corrientes de tiempo inverso, que no deben de accionar a la corriente de servicio máxima ($I_{ser.máx.}$) en régimen estable y transitorio permisible. Además de lo anterior, el fusible que se esté seleccionado debe ser más lento que la protección contra cortocircuito adyacente. Si la protección adyacente es un fusible Figura 1.4, entonces se debe cumplir que el tiempo mínimo de fusión del fusible que se esta seleccionando sea mayor que el tiempo máximo de limpieza del fusible adyacente, para la máxima corriente de cortocircuito de este último (**Torre breffe, Orly. 2000. Conferencias y clases prácticas de Protecciones Eléctricas**).

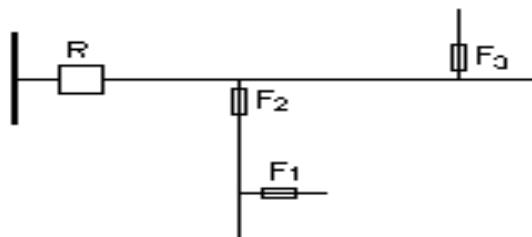


Figura 1.4 Circuito hipotético que muestra la protección por fusible de una red de distribución.

Expresado matemática y gráficamente se obtiene

$$I_f > I_{ser.máx.} \quad (1.2)$$

$$t_{mf(n)} \times 0.75 > t_{ml(n-1)} \quad (1.3)$$

$$I_{CC.m\acute{a}x \ n-1}$$

Donde:

I_f : corriente del fusible.

$I_{ser.m\acute{a}x}$: Es la corriente de servicio máximo que puede circular por el fusible n.

(n): Es la identificación del fusible seleccionado.

(n-1) Es la identificación del fusible adyacente.

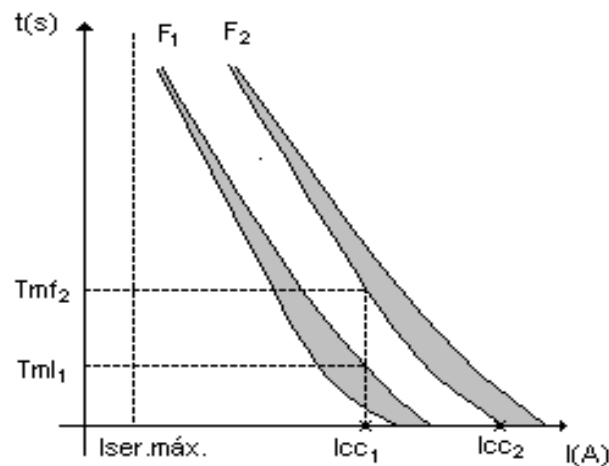


Figura 1.5 Coordinación entre dos fusibles.

Como se observa en la Figura 1.5 para la corriente de cortocircuito $I_{cc(2)}$, ambos fusibles se fundirán en un tiempo similar y, por tanto no se cumplirá la selectividad necesaria. Algo diferente se presenta para la corriente $I_{cc(1)}$ donde se cumple lo antes mencionado.

1.6.1 Clases de fusión en los fusibles.

El tipo de fusión es otra característica importante a considerar en la elección de un fusible y dependerá de los tipos de cargas conectadas al circuito que se desea proteger, ya sean reactivas (motores, transformadores, condensadores), resistivas o circuitos electrónicos (semiconductores). Las normas internacionales referentes a fusibles,



americanas (ANSI / UL) y europeas (BS88, IEC), han creado sus propios estándares para clasificar a los fusibles según su aplicación, designaciones físicas y parámetros eléctricos. La norma IEC (International Electrotechnical Commission) creó un código para distinguir a los fusibles formado por solamente dos letras, siendo minúscula la primera y mayúscula la restante. Dicho código se encuentra en la publicación IEC-269-1 Cláusula 5.7. La Primera letra define el régimen operativo del fusible, ya sea sobrecarga, cortocircuito o ambos como se muestra a continuación:

g: Indica que el fusible interrumpe toda clase de corrientes (sobrecargas y cortocircuitos).

a: Indica que el fusible es capaz de interrumpir solo corrientes de cortocircuitos.

La segunda letra define la categoría de utilización del fusible, o el equipo a proteger.

G: Indica que el fusible protege líneas y aparatos en general.

L: Indica que el fusible protege líneas y aparatos en general (norma DIN, VDE).

M: Indica que el fusible protege Motores.

Tr: Indica que protege Transformadores.

C: Indica que protege a condensadores y circuitos capacitivos.

R: Protege semiconductores de potencia, rectificadores y circuitos electrónicos.

B: Indica que es aplicable en la minería.

1.7 Ventajas del Fusibles Eléctrico.

El fusible ha estado protegiendo las instalaciones eléctricas desde hace más de 120 años. Durante todo este período de tiempo, la tecnología de las protecciones eléctricas ha creado muchos dispositivos cada vez más cómodos de utilizar, inteligentes y



seguros en su accionamiento. Según esto, queda una gran interrogante que responder, ¿Por qué hasta la actualidad, la fabricación de los fusibles eléctricos continúa teniendo una gran demanda?

Para contestar esta pregunta, se analizarán las virtudes que poseen los fusibles eléctricos en comparación con otros dispositivos electromecánicos o electromagnéticos de protección, algunas de las cuales se detallan a continuación.

1.- Los fusibles no poseen partes móviles. Las contaminaciones por el medio que rodea a los fusibles, como el polvo, la humedad, aceites y gases, no influyen en sus características operativas ni afectan su calidad de protección. Los dispositivos de protecciones que poseen mecanismos internos de conexión se ven afectados por estos agentes, repercutiendo en su calidad de operación.

2.- La velocidad de respuesta de un fusible fijo no está afectada por el paso del tiempo, manteniendo su habilidad de protección cuando se lo requiere.

3.- El fusible no requiere de mantenciones periódicas ni nuevas calibraciones, como las necesita un aparato electromecánico de protección.

4.- La capacidad de limitación de corriente de un fusible fijo minimiza los daños de los componentes asociados al sistema protegido. Los efectos térmicos y electrodinámicos que producen las grandes sobre intensidades, quedan limitadas a un bajo valor debido a la rápida acción del fusible, minimizando así los daños en aislaciones y esfuerzos electrodinámicos en cables conductores, barras, aisladores y otros equipos.

5.- Las curvas de operación de los fusibles pueden ser fácilmente coordinadas de tal manera que una falla no provoque la interrupción de otros circuitos del mismo sistema.

6.- La alta capacidad de interrupción de los fusibles fijos no tiene equivalencia en los fusibles automáticos.

7.- En caso de una falla los fusibles fijos se cambian, por tanto el sistema tendrá nuevamente su protección intacta y exacta, en cambio con fusibles automáticos podría



estar resentido y no ser óptimo.

8.- El bajo costo de la inversión inicial de un fusible desechable comparado con un automático, lo hace una mejor opción a pesar de la comodidad que este último ofrece.

1.8 Características generales de MATLAB

MATLAB es el nombre abreviado de “MATrix LABoratory”. Es un programa para realizar cálculos numéricos con vectores y matrices. Como caso particular puede también trabajar con números escalares tanto reales como complejos, con cadenas de caracteres y con otras estructuras de información más complejas. Una de las capacidades más atractivas es la de realizar una amplia variedad de gráficos en dos y tres dimensiones. Tiene también un lenguaje de programación propio, es un gran programa de cálculo técnico y científico. Para ciertas operaciones es muy rápido, cuando puede ejecutar sus funciones en código nativo con los tamaños más adecuados para aprovechar sus capacidades de uso de vectores. En otras aplicaciones resulta bastante más lento que el código equivalente desarrollado en C/C++ o Fortran. MATLAB es un entorno de computación y desarrollo de aplicaciones totalmente integrado orientado para el desarrollo de proyectos con elevados cálculos matemáticos y la visualización gráfica de estos.

1.8.1 Interfaz Gráfica de Usuario en MATLAB

GUIDE es un entorno de programación visual disponible en MATLAB para realizar y ejecutar programas que necesiten ingreso continuo de datos. Tiene las características básicas de todos los programas visuales como Visual Basic o Visual C++.

El proceso a seguir para el desarrollo de un programa mediante GUIDE, es que una vez que se tienen todos los controles en posición, se editan las funciones de llamada (Callback) de cada uno de ellos, escribiendo el código de MATLAB que se ejecutará cuando el control sea utilizado. GUIDE está diseñado para hacer menos tedioso el proceso de desarrollo de la interfaz gráfica, para ello cuenta con un editor de propiedades (property editor) con el que se podrá modificar en cualquier momento los



nombres, valores por defecto y las propiedades de los elementos (**Barragán Guerrero, Diego Orlando . 2007. Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab**).

Cuando se crea una GUI se generan dos ficheros:

- Un archivo .FIG, que es el que contiene los elementos gráficos así como las propiedades de la interface.
- Un archivo .M que es el que contiene el código con las correspondencias de los botones de control de la interfaz. Cada vez que se introduzca un elemento gráfico en él. FIG generará unas líneas de programa automáticamente asociadas a ese tipo de control. Estas líneas de programas son vacías, es decir, es como un contenedor que necesita ser llenado para llevar a cabo alguna acción durante la ejecución del programa. Este modo de trabajo es como el de LABWINDOWS, VISUAL BASIC, etc.

1.8.2 Simulink

Simulink es una herramienta para el modelaje, análisis y simulación de una amplia variedad de sistemas físicos y matemáticos, inclusive aquellos con elementos no lineales y aquellos que hacen uso de tiempos continuos y discretos. Como una extensión de MATLAB, Simulink adiciona muchas características específicas a los sistemas dinámicos, mientras conserva toda la funcionalidad de propósito general de MATLAB. Así Simulink no es completamente un programa separado de MATLAB, sino un anexo a él. El ambiente de MATLAB está siempre disponible mientras se ejecuta una simulación. Tiene dos fases de uso, la definición del modelo y el análisis del modelo. La definición del modelo significa construir el modelo a partir de elementos básicos contruidos previamente. El análisis del modelo significa realizar la simulación, linealización y determinar el punto de equilibrio de un modelo previamente definido.

Para simplificar la definición del modelo Simulink usa diferentes clases de ventanas llamadas ventanas de diagramas de bloques. En estas ventanas se puede crear y editar un modelo gráficamente usando el ratón. Usa un ambiente gráfico lo que hace sencillo



la creación de los modelos de sistemas. Puede simular cualquier sistema que pueda ser definido por ecuaciones diferenciales continuas y ecuaciones diferenciales discretas. Esto significa que se puede modelar sistemas continuos en el tiempo, discretos en el tiempo o sistemas híbridos. Usa diagramas de bloques para representar sistemas dinámicos, mediante una interfaz gráfica con el usuario se pueden arrastrar los componentes desde una librería de bloques existentes y luego interconectarlos (**García de Jalón, Javier , Rodríguez, José . 2005**).

1.9 Conclusiones parciales.

- En la búsqueda bibliográfica consultada se determinó que en la actualidad existen pocas investigaciones relacionadas con el uso de herramientas informáticas para simular las protecciones eléctricas con el uso del MATLAB.
- Se logró verificar que pese a todos los adelantos existentes en la informática para la simulación de procesos eléctricos en los momentos actuales, no se cuenta con una biblioteca virtual que almacene y permita la simulación y obtención de las características de los fusibles.
- Se realizó un análisis sobre las características de los diferentes tipos de fusibles usados en la práctica, en cuanto a su clasificación, principio constructivo, características eléctricas, selección y ventajas en comparación con otros dispositivos.



CAPÍTULO. DISEÑO DE LA BIBLIOTECA VIRTUAL.

2.1 Introducción

En la actualidad MATLAB se ha convertido en un poderoso software de ingeniería, a través del cual se pueden implementar diferentes técnicas de procesamiento de datos, aumentando este valor por la ventaja de poder acceder a procesos mediante la toma de datos de estos, procesarlos y modificar su comportamiento mediante la salida de datos. Permitiendo simular el comportamiento de determinado proceso, tanto en tiempo real como, a partir de mediciones y bases de datos obtenidas del sistema o de determinado elemento.

En este capítulo se realiza una descripción de las técnicas utilizadas para la obtención de las bases de datos, modelación y simulación de los fusibles eléctricos, así como la creación de las gráficas de tiempo contra corriente, para la elaboración de la biblioteca virtual para fusibles en MATLAB.

2.2 Obtención de las Bases de Datos de los fusibles.

Para la obtención de los datos correspondientes a cada fusible, necesarios para poder realizar la simulación se partió de obtener las curvas de tiempo contra corriente de los mismos a través del Internet, catálogos y de bases de datos del departamento de ingeniería eléctrica del ISMM de Moa, una vez recopilada todas las gráficas de las curvas en formato (.jpeg), era relativamente necesario lograr descomponer cada curva en un formato que fuera compatible con el software MATLAB y que permitiera poder procesar los datos obtenidos. Para poder solucionar este problema se utilizó el software CurveUnscan que brinda la posibilidad de procesar un archivo en formato (jpeg) y obtener como resultado las coordenadas en Excel, es decir en formato (.xls), los cuales pueden ser cargados fácilmente desde el entorno de MATLAB con la siguiente instrucción `xlsread ('dirección del archivo')`, creando un archivo (.mat). De esta manera se crearon las bases de datos de los fusibles que constituyeron el primer paso para la



creación de la biblioteca virtual

2.3 Simulación de fusibles en el simulink de MATLAB.

MATLAB dispone de la librería SimPowerSystems, que contiene un conjunto de elementos y herramientas, las cuales facilitan la simulación de procesos eléctricos, así como también da la posibilidad de la creación de nuevos sistemas, para lograr la simulación de los fusibles se diseñó un dispositivo que permite procesar datos que estén guardados en la pc a través del bloque interno Lookup Table, el cual se encarga de cargar la base de datos almacenada previamente en la pc ,y comparar los valores de la corrientes de entrada para dar un tiempo de salida, es decir para determinada corriente de cortocircuito carga la base de datos y le hace coincidir un tiempo mínimo de fusión o un tiempo máximo de limpieza, en dependencia de la curva con que se esté trabajando. Este dispositivo virtual modelado cuando no está operando, exporta a la salida una señal digital “1” y cuando operan, la salida pasa a “0”. De la misma forma, el bloque cambia de color cuando opera, según el color establecido por el usuario como se muestra en el bloque de la Figura 2.1. Este modelo una vez confeccionado responde solamente a un solo tipo de fusible para el que fue diseñado, esto se logra debido a que cada bloque destinado para la simulación de los fusibles cuenta con especificaciones de iniciación lo cual permite que cargue solo la base de datos del fusible deseado.

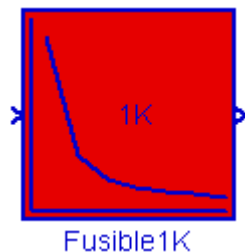


Figura 2.1 Bloque para la simulación de fusibles.

El algoritmo empleado para el cambio de color consiste en una sub-rutina donde se emplean varias variables: el nombre del objeto a colorear (objname) el color de fondo que se aplicará (tripcolor) y una variable booleana para cambiar de color (tripsignal). Si el usuario realmente desea cambiar de color (tripsignal == true) y el color de fondo actual (BackgroundColor) es diferente al color deseado (tripcolor) entonces el objeto es



cambiado al color especificado. Este algoritmo permite, una vez coloreado el objeto, no volver a colorearlo, para ganar en velocidad de simulación, dado que estos procesos de colorear un objeto hacen más lenta la simulación de un sistema. En la Figura 2.2 se puede observar más detalladamente la estructura interna del Bloque simulador de fusibles. La sub-rutina empleada para el cambio de color del bloque simulador de fusibles se encuentra en los anexos de este trabajo.

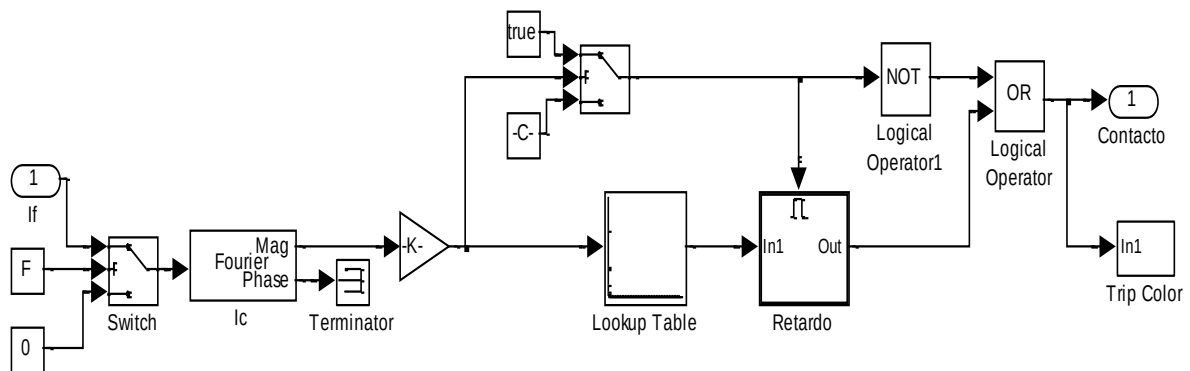


Figura 2.2 Estructura interna del bloque simulador de fusibles.

2.4 Ventanas de la Biblioteca Virtual

La Biblioteca Virtual cuenta con varias ventanas las cuales están a disposición del usuario para ser usadas en dependencia de la tarea que necesite realizar, desde la ventana principal Figura 2.3 es decir desde la presentación de la Biblioteca Virtual se puede acceder fácilmente a las demás ventanas con la utilización de una interfaz gráfica de usuario. En la ventana principal se cuenta con 6 botones denominados con los siguientes nombres Autor, Ayuda, Simulación de fusibles, Curvas de tiempo vs corriente de los fusibles, Dispositivos primarios y laboratorios virtuales. Si se pulsa el botón de autor Figura 2.4 se ejecuta una ventana con datos referentes sobre la propiedad intelectual de este trabajo, el botón de ayuda Figura 2.5 permite comprender como es la mejor forma de utilizar la biblioteca, elementos relacionados con la selección y coordinación de fusibles eléctricos y tutoriales para comprender el modo de trabajo del software MATLAB, el botón de Simulación de fusibles Figura 2.6 nos traslada a una ventana donde se encuentran organizados las series de fusibles eléctricos más



usados en la actualidad, en esta ventana se elige al fusible que se desea simular dando un clic sobre él y se llega a otra ventana donde se encuentra la serie completa del fusible deseado, a continuación se muestra un ejemplo para los fusibles de la serie k Figura 2.7. El botón denominado con el nombre Laboratorios Virtuales permite acceder a una ventana en la cual se encuentran almacenados los laboratorios virtuales que se realizarán en las clases prácticas de protecciones eléctricas como se puede observar en la Figura 2.10.



Figura 2.3 Portada de la Biblioteca Virtual

Pulsando el botón denominado Curvas características de corriente vs tiempo se accede a una ventana que contiene todas las curvas de tiempo mínimo de fusión (TMF) y tiempo máximo de limpieza (TML) con que cuenta la biblioteca. Con solo dar un clic sobre la curva que se desea conocer se ejecuta la gráfica correspondiente.

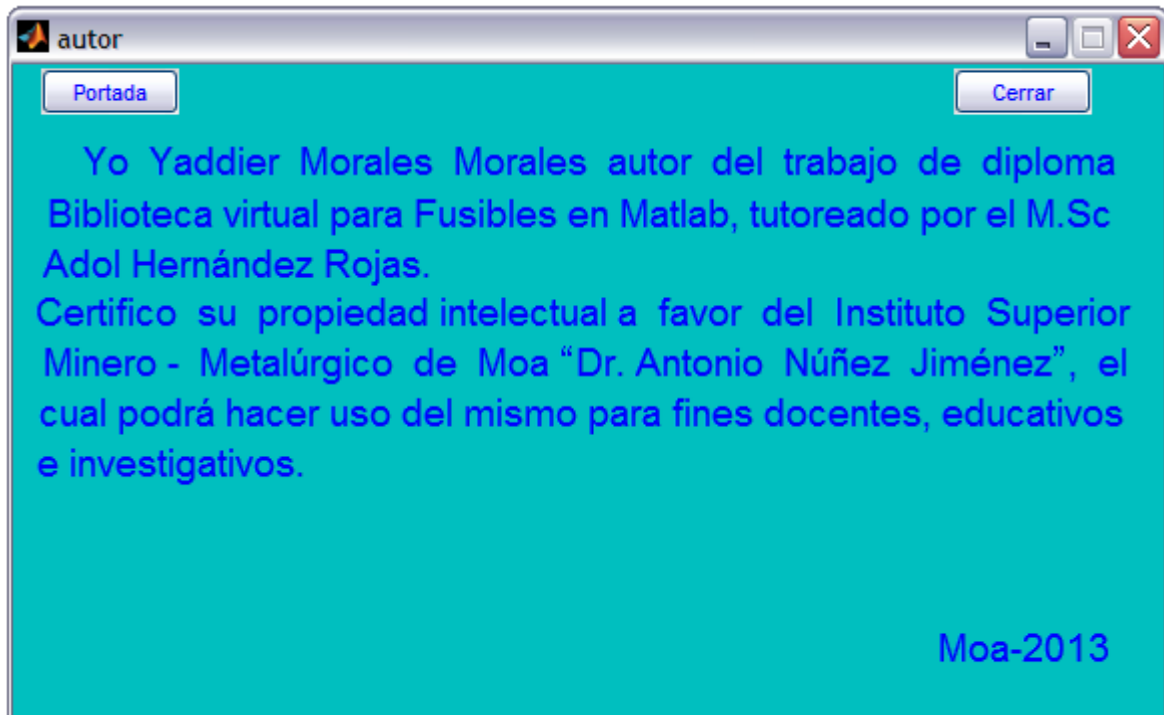


Figura 2.4 Declaración de autoridad



Figura 2.5 Ventana de ayuda.



Figura 2.6 Ventana para acceder a la simulación de fusibles

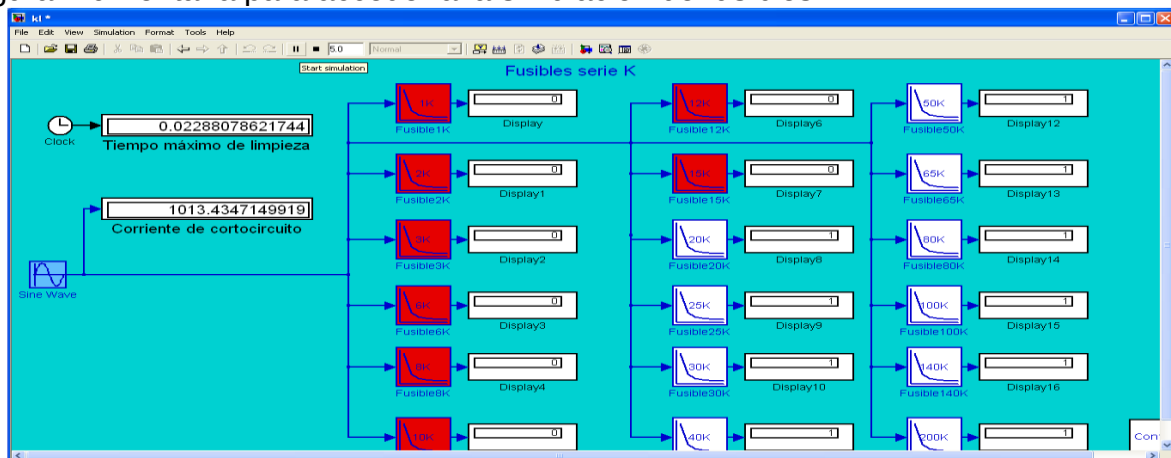


Figura 2.7 Ejemplo de la simulación de los fusibles de la serie K.

2.5 Obtención de las curvas de tiempo vs corriente de los fusibles.

Para obtener las curvas de las características de tiempo vs corriente de los principales fusibles se creó un programa en MATLAB, que carga los datos almacenado en la pc y utilizando la función loglog crea una gráfica usando una escala logarítmica para ambos ejes. Para acceder a las distintas curvas se logra pulsando el Botón de Curvas características de tiempo vs corriente de la biblioteca virtual y se llega a la ventana que



se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Ventana para acceder a las curvas características de los fusibles.

En la Ventana de la Figura 2.8 para acceder al fusible del cual se desea conocer las características de corriente contra tiempo, se pulsan los botones de Tiempo mínimo de fusión (TMF) o Tiempo máximo de limpieza (TML) en dependencia del dato que necesite el usuario para realizar la selección o coordinación del fusible.

Ejemplo del programa desarrollado en MATLAB para la obtención de la curva de tiempo mínimo de fusión de los fusibles de la serie K

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMFFK;

%Curva de temporización tiempo mínimo de fusión (fusible K)

figure (1)

F2=figure (1);

set (F2,'Name','Curva de temporización del tiempo mínimo de fusión (fusible K)')

loglog(TMFFK(:,1),TMFFK(:,2),TMFFK(:,3),TMFFK(:,4),TMFFK(:,5),TMFFK(:,6),...

TMFFK(:,7),TMFFK(:,8),TMFFK(:,9),TMFFK(:,10),TMFFK(:,11),TMFFK(:,12),...



```
TMFFK(:,13),TMFFK(:,14),TMFFK(:,15),TMFFK(:,16),TMFFK(:,17),TMFFK(:,18),...  
TMFFK(:,19),TMFFK(:,20),TMFFK(:,21),TMFFK(:,22),TMFFK(:,23),TMFFK(:,24),...  
TMFFK(:,25),TMFFK(:,26),TMFFK(:,27),TMFFK(:,28),TMFFK(:,29),TMFFK(:,30),...  
TMFFK(:,31),TMFFK(:,32),TMFFK(:,33),TMFFK(:,34),TMFFK(:,35),TMFFK(:,36),...  
'linewidth',1.5), grid  
xlabel ('Corriente(A)')  
ylabel ('Tiempo(s)')  
Title ('Fusibles serie K, tiempo mínimo de fusión ')  
Prueba = legend ('1K','2K','3K','6K','8K','10K','12K','15K','20K','25K',...  
'30K','40K','50K','65K','80K','100K','140K','200K','Location','NorthEastOutside')
```

El programa anterior permite cargar los datos en formato (.mat) almacenados en las bases de datos de la carpeta de la Biblioteca Virtual y luego con la ayuda de la función loglog crea una gráfica con escala logarítmica en ambos ejes, los demás programas utilizados para la obtención del resto de las curvas características de los fusibles se encuentran en los anexos de este trabajo, al igual que las gráficas obtenidas con los mismos.

A continuación en la Figura 2.9 se muestra la gráfica de tiempo mínimo de fusión para los fusibles de la serie K obtenidos con el programa anterior.

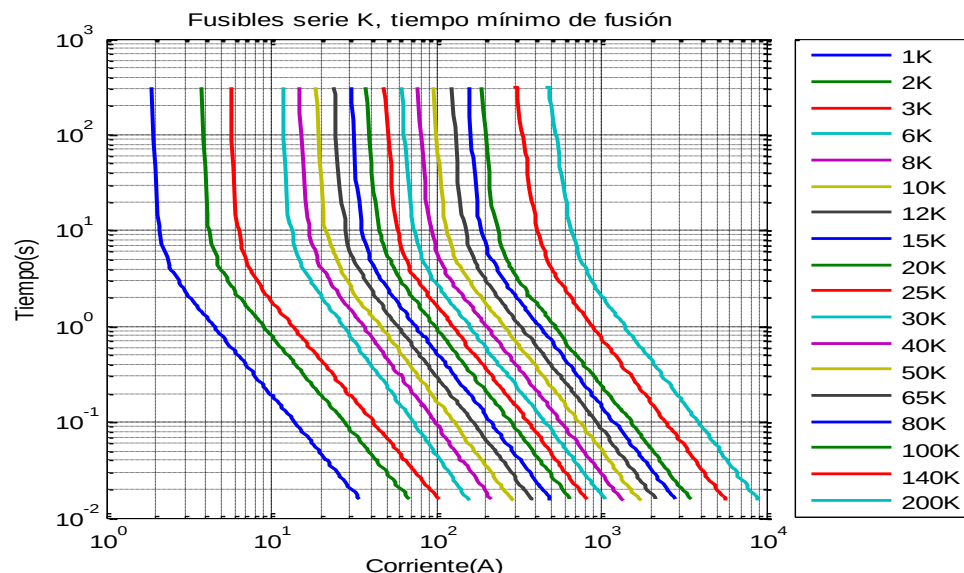




Figura 2.9 Gráfica del tiempo mínimo de fusión para los fusibles de la serie K.



Figura 2.10 Laboratorios Virtuales de Protecciones Eléctricas

2.6 Dispositivos Primarios utilizados.

Para poder logra satisfactoriamente la simulación de las protecciones eléctricas de los sistemas eléctricos de potencia, es relativamente necesario utilizar dispositivos primarios para conectar los diferentes elementos y poder obtener mediciones del proceso, en este sentido se le añadió a la biblioteca virtual una ventana en la cual se tienen recogidos los dispositivos primarios más necesarios para este fin como se muestra en la Figura 2.11. Entre ellos se encuentran transformadores de corriente en delta y en estrella, transformadores de potencial, breaker trifásicos, sensor universal, mux, demux y un interruptor ideal. Al breaker trifásico se controla mediante la entrada Cntr, Si le llega una señal digital igual a uno el breaker se conecta y si la señal es cero



se desconecta. Para el caso del interruptor ideal cuando a G le llega una señal digital igual a 1 cierra y si la señal es 0 abre.

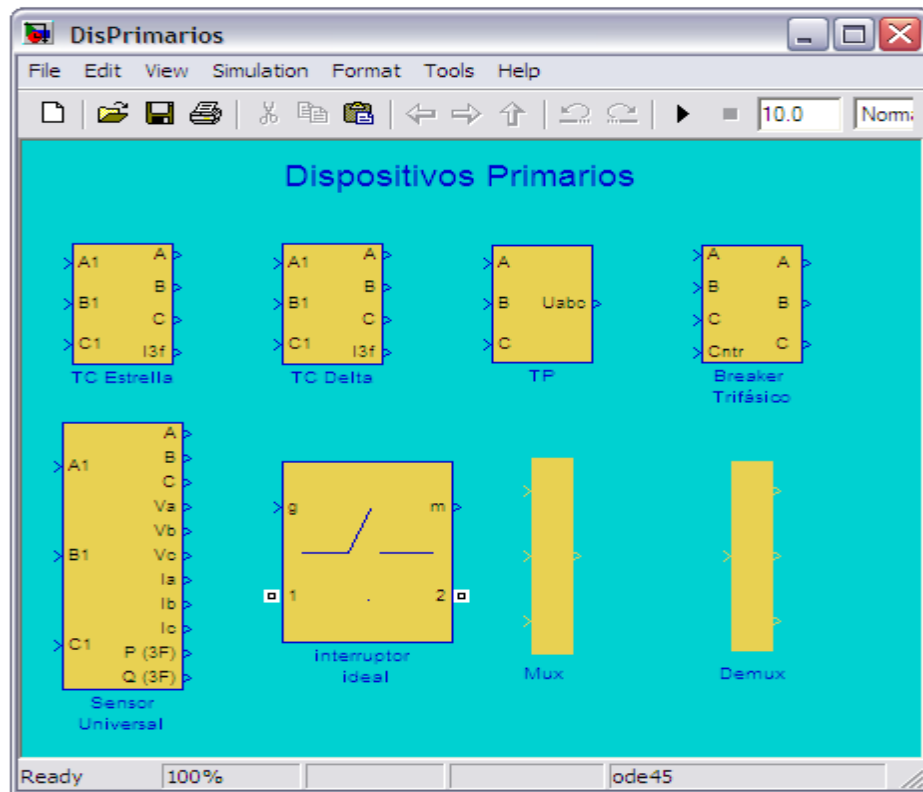


Figura 2.11 Dispositivos Primarios

2.7 Trabajo con el GUIDE de MATLAB

Se utilizó una interfaz gráfica de usuario para para lograr mayor rapidez al seleccionar y ejecutar los elementos de la biblioteca virtual, Esta aplicación permite al usuario pasar fácilmente de una simulación a otra, sin necesidad de cerrar la simulación que se esté realizando. Todos los valores de las propiedades de los elementos (color, valor, posición, string) y los valores de las variables transitorias del programa se almacenan en una estructura, los cuales son accedidos mediante un único y mismo puntero, esto le da la posibilidad al usuario de cambiarlo en cualquier momento. Las propiedades de cada elemento de la ventana de diseño se pueden cambiar con la ayuda del Property Inspector, el nombre puesto en el Tag será tomado como la variable correspondiente a cada componente, y con ese nombre es con el que se programará en el m-file. Para acceder al componente que se quiera programar se da un clic en el icono que



representa a una función, cuando se despliega la lista se busca el nombre correspondiente, el que se puso en el Tag, por ejemplo pushbutton1, pero en la parte de callback, o sea, pushbutton1_Callback, y el m-file va directamente a donde se debe programar.

2.7.1 Creación de la Presentación de la Biblioteca virtual en GUI.

Para la creación de la presentación de la biblioteca virtual en GUI se partió de tener todas las modelaciones de los fusibles listas para ser ejecutadas, así como también las curvas de las características de tiempo contra corriente. Luego se inicia el trabajo, con la primera acción que sería la ejecución del ícono de GUIDE como se muestra en la Figura 2.12.

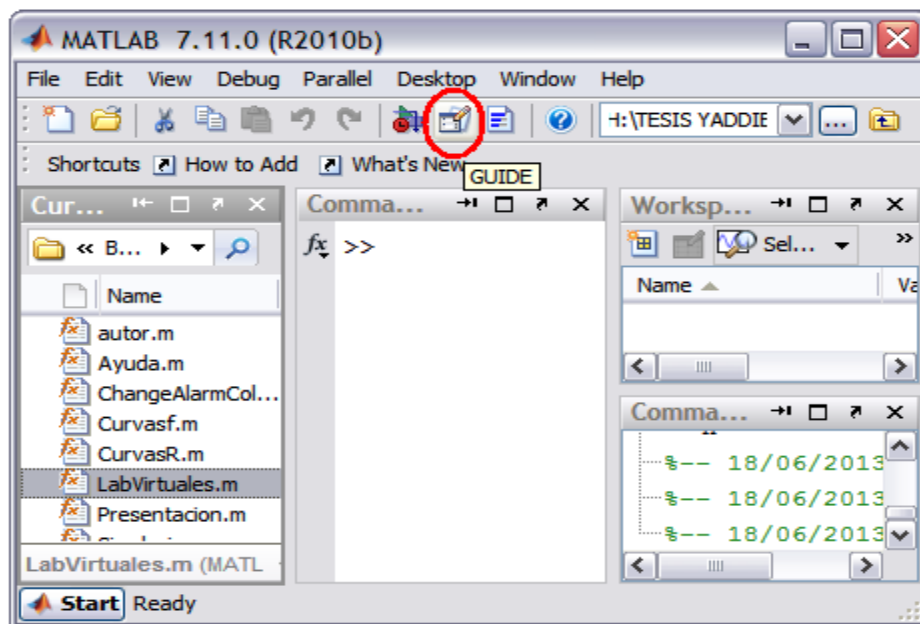


Figura 2.12 Ícono GUIDE.

De modo que al ser ejecutado este ícono la ventana de inicio resultante se presenta como muestra en la Figura 2.13.

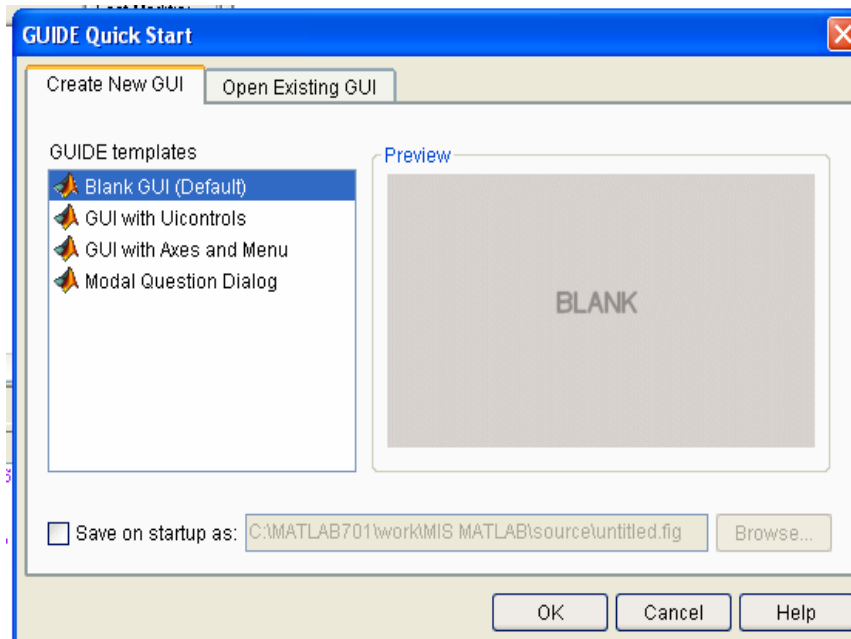


Figura 2.13 Ventana de GUIDE.

En esta ventana se presentan las siguientes opciones:

- a) **Blank GUI (Default)** es La opción de interfaz gráfica de usuario en blanco (viene predeterminada), presenta un formulario nuevo, en el cual se puede diseñar un programa nuevo.
- b) **GUI with Uicontrols** presenta un ejemplo en el cual se calcula la masa, dada la densidad y el volumen
- c) **GUI with Axes and Menu** es otro ejemplo el cual contiene el menú File con las opciones Open, Print y Close. En el formulario tiene un Popup menu, un push button y un objeto Axes, permite ejecutar un programa eligiendo alguna de las seis opciones que se encuentran en el menú desplegable y haciendo clic en el botón de comando.
- d) **Modal Question Dialog** muestra en la pantalla un cuadro de diálogo común, el cual consta de una pequeña imagen, una etiqueta y dos botones Yes y No, dependiendo del botón que se presione, el GUI retorna el texto seleccionado (la cadena de caracteres



'Yes' o 'No').

Para la presentación de la biblioteca virtual se utiliza la opción Blank GUI (Default) que es la que permite crear un proyecto nuevo como se muestra a continuación en la Figura 2.14.

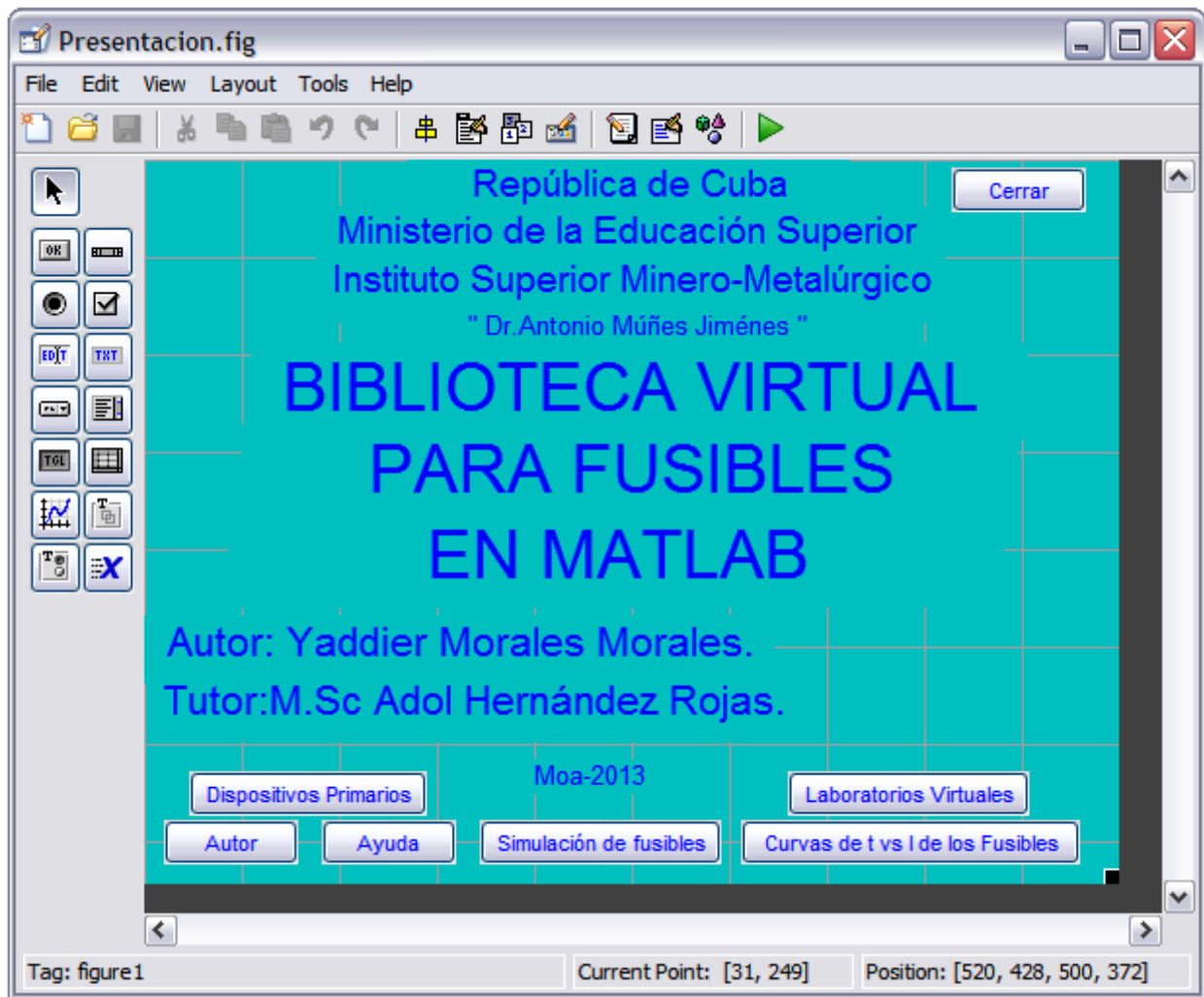


Figura 2.14 Creación de la presentación de la biblioteca virtual

Cada uno de los botones de la ventana que se observan en la Figura 2.14 tiene una línea de comandos los cuales pueden ser cambiados por el usuario en cualquier momento. La programación de esta ventana en el m-file editor se encuentra en los anexos de este trabajo.



2.8 Conclusiones parciales.

- Con el uso del software CurveUnscan se logró procesar las curvas características de tiempo contra corriente que se encontraban en formato (jpeg) y obtener sus coordenadas en Excel para conformar las bases de datos de los fusibles eléctricos.
- Se realizó la modelación de los principales fusibles eléctricos utilizando el MATLAB, lo que permitirá la simulación de las protecciones mediante fusible de los sistemas eléctricos de potencia.
- Se desarrolló un programa en MATLAB que permite obtener las curvas características de corriente contra tiempo de los fusibles eléctrico más usados actualmente en la protección de sistemas eléctricos de potencia.
- El uso de una Interfaz Gráfica de Usuario para acceder a las diferentes ventanas de la biblioteca virtual dio la posibilidad de ganar en tiempo para pasar de una simulación a otra y permitió una mayor interactividad con el usuario.



CAPÍTULO 3 CONFORMACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS LABORATORIOS VIRTUALES.

3.1 Introducción

Con el gran avance de la informática y las ventajas que ofrecen las herramientas virtuales resulta cada vez más útil y necesario la utilización de laboratorios virtuales en sustitución de los laboratorios físicos, ya que no siempre es posible material y económicamente llevar a una instalación física real, todos los elementos y dispositivo con los que se cuenta de forma virtual, además los laboratorios virtuales buscan resolver de una forma efectiva y práctica los problemas de acceso a los laboratorios clásicos, bien para aumentar su uso, de forma que los estudiantes puedan acceder a ellos en cualquier momento.

En este capítulo se conforman los laboratorios virtuales y se analizan las ventajas de los mismos con las nuevas curvas de tiempo contra corriente en comparación con los métodos utilizados anteriormente para la selección y coordinación de fusibles eléctricos. También se analizan las ventajas medioambientales y la valoración económica que ofrece la utilización de laboratorios virtuales.

3.2 Laboratorios Virtuales para la asignatura de Protecciones Eléctricas.

Los laboratorios Virtuales tienen como objetivo fundamental lograr que los estudiantes adquieran mayor conocimiento sobre la selección y coordinación de fusibles eléctricos, consolidando lo aprendido en clases. Los mismos serán orientados por el profesor correspondiente de la asignatura y se encontraran incluidos en una de las ventanas de la biblioteca virtual. Para la realización del informe se debe de entregar en formato digital, impreso o manuscrito con la estructura que se especifica a continuación en cada laboratorio. Para la conformación de los laboratorios virtuales se tuvo en cuenta las conferencias y clases prácticas de protecciones eléctrica desarrolladas por (Torre



breffe, 2000).

3.2.1 Laboratorio #1

Título: selección y coordinación de fusibles eléctricos.

Objetivo

- Crear habilidades en la selección de fusibles para las redes de distribución urbana, su coordinación mediante las curvas de tiempo contra corriente utilizando la biblioteca virtual.
- Crear habilidades en el uso de la biblioteca virtual.

Metodología a utilizar en el laboratorio.

$$I_f > I_{ser.m\acute{a}x.} \quad (3.1)$$

$$t_{mf(n)} \cdot 0.75 > t_{ml(n-1)} \quad (3.2)$$
$$I_{cc.m\acute{a}x.(n-1)}$$

Donde:

I_f : Corriente del fusibles.

$I_{CC.M\acute{a}x}$: Corriente de cortocircuito máxima.

$I_{ser.m\acute{a}x}$: Es la corriente de servicio máximo que puede circular por el fusible n.

(n): Es la identificación del fusible seleccionado.

(n-1): Es la identificación del fusible adyacente.

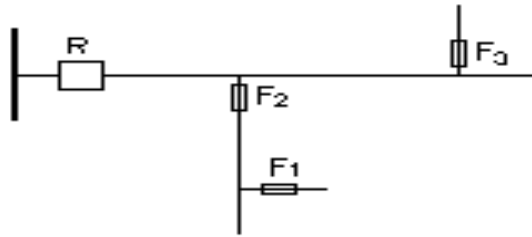


Figura 3.1 Circuito hipotético que muestra la protección por fusibles de una red de distribución.

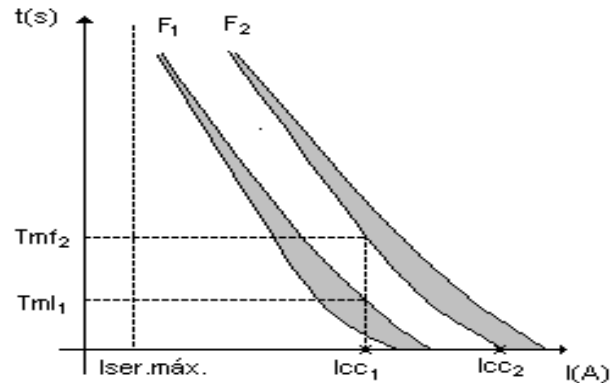


Figura 3.2 Gráfica demostrativa de la coordinación de dos fusibles.

Preguntas de control.

Responda las siguientes preguntas referentes a la protección de redes de distribución:

- ¿Con que dispositivos se protegen las redes de distribución urbanas contra cortocircuitos?
- ¿Cuál es el elemento que protege la red y el resto del circuito de las ondas viajeras producto a las descargas atmosféricas indirectas?
- ¿Qué fenómeno es el máximo responsable por la aparición de fallas temporales en las redes eléctricas y por qué?

Ejercicio propuesto

En la porción del circuito de distribución que se muestra en la Figura 3.3, se necesita seleccionar el fusible F_2 para proteger el ramal que le corresponde, si se conocen las características del fusible F_1 que protege al transformador; así como los niveles



máximos de cortocircuitos en cada uno de los puntos mostrados.

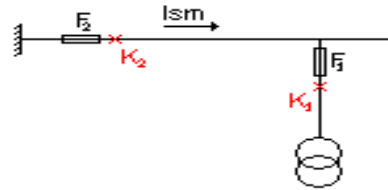


Figura 3.3 Porción de un circuito de distribución.

a) Seleccione el fusible F_2 con la utilización de la biblioteca virtual.

Datos conocidos:

$$F_1 = 20T \quad I_{cc3f}(K_1) = 800A \quad I_{sm} = 20 A \quad I_{cc3f}(K_2) = 1300 A$$

Contenido del informe

- Título de la práctica.
- Objetivo
- Los resultados en forma de tabla
- Calculo.
- Herramientas utilizadas
- Conclusiones.

3.2.2 Laboratorio #2

Título: selección y coordinación de fusibles eléctricos.

Objetivos:

- Crear habilidades en la selección de fusibles para las redes de distribución urbana, su coordinación mediante las curvas de tiempo contra corriente utilizando la biblioteca virtual.
- Crear habilidades en el uso de la biblioteca virtual.



Metodología a utilizar en el laboratorio.

$$I_f > I_{ser.m\acute{a}x.} \quad (3.3)$$

$$t_{mf(n)} \cdot 0.75 > t_{ml(n-1)} \quad (3.4)$$
$$I_{cc.m\acute{a}x.(n-1)}$$

Donde:

I_f : Corriente del fusibles.

$I_{CC.M\acute{a}x}$: Corriente de cortocircuito máxima.

Iser.máx: Es la corriente de servicio máximo que puede circular por el fusible n.

(n): Es la identificación del fusible seleccionado.

(n-1): Es la identificación del fusible adyacente.

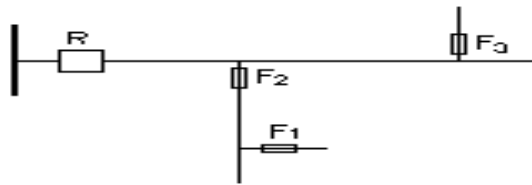


Figura 3.4 Circuito hipotético que muestra la protección por fusibles de una red de distribución.

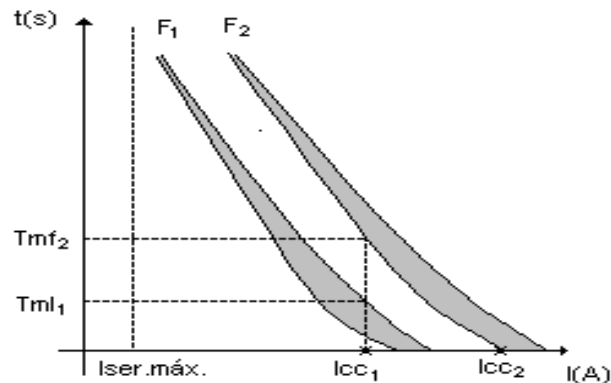


Figura 3.5 Gráfica demostrativa de la coordinación de dos fusibles.



Preguntas de control.

- Complete. El _____ (tiempo mínimo de fusión / tiempo máximo de limpieza) del fusible que se coordina debe ser mayor que el _____ (tiempo mínimo de fusión / tiempo máximo de limpieza) del fusible adyacente.
- Complete. Un fusible de mayor corriente que otro operará más _____ (lento/rápido) para una misma corriente de cortocircuito.
- ¿Por qué usted cree que se utiliza para la coordinación entre fusible el 75% del tiempo mínimo de fusión del fusible que se quiere seleccionar?

Ejercicio propuesto

Dado el siguiente circuito de distribución de la Figura 3.6, considerando conocidos los fusibles F_1 y F_2 que protegen a los transformadores, seleccione correctamente los fusibles F_3 y F_4 para proteger los ramales contra cortocircuitos.

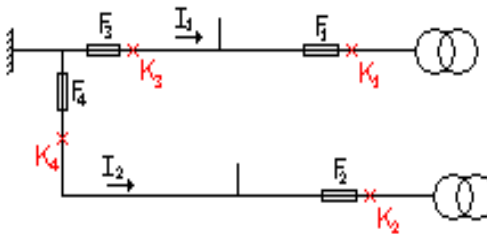


Figura 3.6 Circuito de distribución.

Datos conocidos:

$$F_1 = 50K \quad I_{cc3f(K1)} = 800 \text{ A} \quad I_{sm1} = 30 \text{ A}$$

$$F_2 = 65K \quad I_{cc3f(K2)} = 1000 \text{ A} \quad I_{sm2} = 50 \text{ A}$$

$$I_{cc3f(K3)} = 1500 \text{ A}$$

$$I_{cc3f(K4)} = 1500 \text{ A}$$



Contenido del informe

- Título de la práctica.
- Objetivo
- Los resultados en forma de tabla
- Calculo.
- Herramientas utilizadas
- Conclusiones.

3.2.3 Laboratorio #3

Título: selección y coordinación de fusibles eléctricos.

Objetivos:

- Crear habilidades en la selección de fusibles para las redes de distribución urbana, su coordinación mediante las curvas de tiempo contra corriente utilizando la biblioteca virtual.
- Crear habilidades en el uso de la biblioteca virtual.

Metodología a utilizar en el laboratorio.

$$I_f > I_{ser.máx.} \quad (3.5)$$

$$t_{mf(n)} \cdot 0.75 > t_{ml(n-1)} \quad (3.6)$$
$$I_{cc.máx.(n-1)}$$

Donde:

I_f : Corriente del fusibles.

$I_{CC.Máx}$: Corriente de cortocircuito máxima.

Iser.máx: Es la corriente de servicio máximo que puede circular por el fusible n.

(n): Es la identificación del fusible seleccionado.

(n-1): Es la identificación del fusible adyacente.

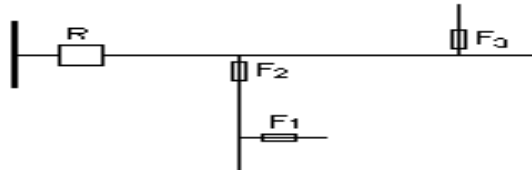


Figura 3.7 Circuito hipotético que muestra la protección por fusibles de una red de distribución.

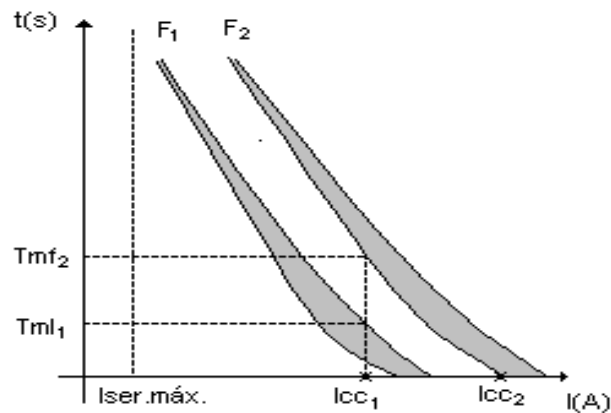


Figura 3.8 Gráfica demostrativa de la coordinación de dos fusibles.

Preguntas de control.

- ¿Cuál será la ventaja y la desventaja de la utilización de la utilización de fusibles desechables?
- Complete. En las tablas de coordinación de los fusibles las corrientes de cortocircuitos muestran los cortocircuitos máximos para los cuales coordinan los fusibles eléctricos que representan a la fila y la columna correspondiente _____(verdadero / falso).
- Complete. El _____ (100%, 85%, 60%) de los fallos en las líneas son de origen transitorio.



Ejercicio propuesto

Dado el siguiente circuito de distribución de la Figura 3.9, considerando conocidos los fusibles F_1 y F_2 de los ramales adyacentes, seleccione correctamente el fusible F_3 .

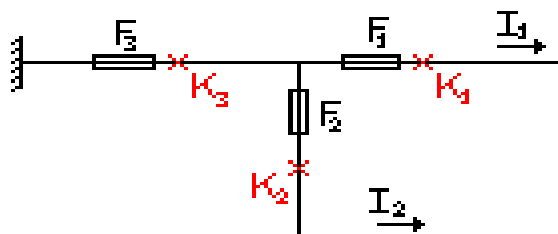


Figura 3.9 Representación de la protección por fusibles de un sistema de distribución.

Datos conocidos:

$$F_1 = 65K \quad I_{cc3f(K1)} = 1100A \quad I_{sm1} = 30 A$$

$$F_2 = 100K \quad I_{cc3f(K2)} = 1500 A \quad I_{sm2} = 90 A$$

$$I_{cc3f(K3)} = 2000 A$$

Contenido del informe

- Título de la práctica.
- Objetivo.
- Los resultados en forma de tabla.
- Cálculo.
- Herramientas utilizadas.
- Conclusiones.

3.2.4 Laboratorio #4

Título: selección y coordinación de fusibles eléctricos.



Objetivos:

- Crear habilidades en la selección de fusibles para las redes de distribución urbana, su coordinación mediante las curvas de tiempo contra corriente utilizando la biblioteca virtual.
- Crear habilidades en el uso de la biblioteca virtual.

Metodología a utilizar en el laboratorio.

$$I_f > I_{ser.m\acute{a}x.} \quad (3.7)$$

$$t_{mf(n)} \cdot 0.75 > t_{ml(n-1)} \quad (3.8)$$
$$I_{cc.m\acute{a}x.(n-1)}$$

Donde:

I_f : Corriente del fusibles.

$I_{CC.M\acute{a}x}$: Corriente de cortocircuito máxima.

Iser.máx: Es la corriente de servicio máximo que puede circular por el fusible n.

(n): Es la identificación del fusible seleccionado.

(n-1): Es la identificación del fusible adyacente.

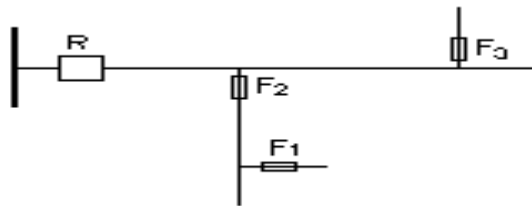


Figura 3.10 Circuito hipotético que muestra la protección por fusibles de una red de distribución.

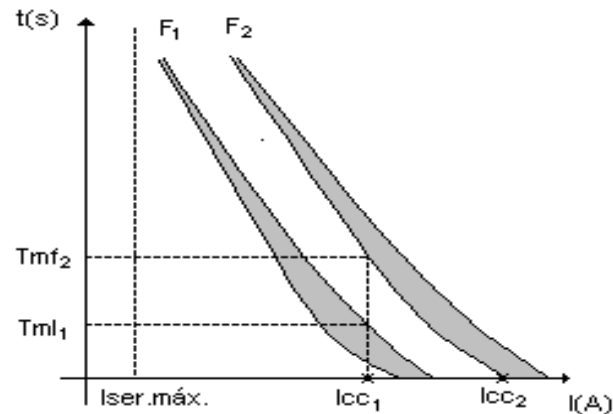


Figura 3.11 Gráfica demostrativa de la coordinación de dos fusibles.

Preguntas de control.

- Complete. A medida que la corriente de fusión es mayor, el fusible es más _____(rápido/lento)
- ¿Cuáles de los fusibles eléctricos T o K son más rápidos?
- Complete. A medida que la corriente de cortocircuito es mayor el fusible se fundirá más _____ (rápido / lento).

Ejercicio propuesto.

Considerando conocidos los fusibles que protegen a cada uno de los transformadores F_1 , F_2 y F_6 , seleccione correctamente el resto de los fusibles F_3 , F_4 , F_5 y F_7 del circuito de distribución que se muestra en la Figura 3.12 en este caso se conocen las potencias nominales de los transformadores.

Datos conocidos:

$$F_1 = 20T \quad I_{cc3fK_1} = 700A \quad S_{T1} = 250 \text{ kVA}$$

$$F_2 = 10T \quad I_{cc3fK_2} = 300 \text{ A} \quad S_{T2} = 160 \text{ kVA}$$

$$F_6 = 25T \quad I_{cc3fK_3} = 950A \quad S_{T3} = 300 \text{ kVA}$$



$I_{cc3fK_4} = 950 \text{ A}$ $U_n = 34.5 \text{ kV}$

$I_{cc3fK_5} = 800 \text{ A}$

$I_{cc3fK_6} = 2000 \text{ A}$

$I_{cc3fK_7} = 2000 \text{ A}$

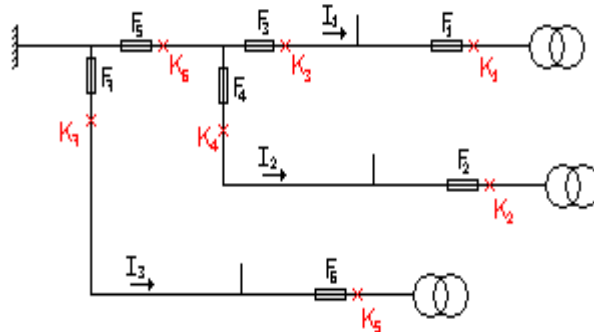


Figura 3.12 Porción de un circuito de distribución.

Contenido del informe

- Título de la práctica.
- Objetivo
- Los resultados en forma de tabla
- Cálculo.
- Herramientas utilizadas
- Conclusiones.

3.2.5 Laboratorio #5

Título: Velocidad de respuesta de los fusibles eléctricos.

Objetivos:

- Comprobar la velocidad de respuesta de los principales fusibles eléctricos a partir de uso de los bloques modelados para la simulación de fusibles en la biblioteca



virtual.

- Crear habilidades en la realización de laboratorios virtuales de protecciones eléctricas.

Preguntas de control.

- a) ¿Cuáles son las características fundamentales de las protecciones? Explíquelas.
- b) Describa la importancia de los fusibles eléctricos.
- c) ¿Por qué es importante la velocidad de respuesta de los dispositivos de protección?

Ejercicio propuesto.

Utilizando los recursos que ofrece la biblioteca virtual realice la simulación con el uso de los bloques, de los fusibles 1k, 3k, 8k, 1T, 3T, 8T, 1H, 3H, 8H en un modelo nuevo.

- a) Diga cuál de los fusibles simulados anteriormente tiene mayor velocidad de respuesta y cual menor.

Contenido del informe

- Título de la práctica.
- Objetivo
- Los resultados en forma de tabla
- Cálculo.
- Herramientas utilizadas
- Conclusiones.

3.2.6 Laboratorio #6

Título: Velocidad de respuesta de los fusibles eléctricos.



Objetivos:

- Comprobar la velocidad de respuesta de los principales fusibles eléctricos a partir del uso de los bloques modelados para la simulación de fusibles en la biblioteca virtual.
- Crear habilidades en la realización de laboratorios virtuales de protecciones eléctricas.

Preguntas de control.

- a) ¿Realmente son importantes y esenciales la instalación de protecciones en los sistemas eléctricos? Fundamente.
- b) ¿Cuáles son las características fundamentales de las protecciones? Explíquelas.
- c) ¿Qué relación tiene las protecciones eléctricas con las restantes ciencias estudiadas dentro de la carrera de eléctrica? Fundamente.

Ejercicio propuesto.

Con el uso de los bloques simuladores de fusibles de la biblioteca virtual realice una comparación entre los siguientes fusibles.

Tipo K: 8K, 20K, 40K, 100K, 200K.

Tipo T: 6T, 15T, 30T, 50T, 140T.

Tipo H: 15H, 30H, 65H, 80H, 100H.

Tipo Dual: 7.8Amp, 10.4Amp, 14Amp, 21Amp.

Tipo D: 6A, 10A, 20A, 50A, 63A

Tipo NH: 160A, 224A, 300A, 400A.

- a) Ordene los fusibles de acuerdo a la velocidad de respuesta de los mismo de menor a mayor.



Contenido del informe

- Título de la práctica.
- Objetivo.
- Los resultados en forma de tabla
- Calculo.
- Herramientas utilizadas
- Conclusiones.

3.2.7 Laboratorio #7

Título: Simulación de las protecciones de los sistemas eléctricos de potencia mediante fusibles.

Objetivos:

- Simular las protecciones mediante fusibles de sistemas eléctricos de potencia, a partir de uso de los bloques modelados para la simulación de fusibles en la biblioteca virtual.
- Crear habilidades en la realización de laboratorios virtuales de protecciones eléctricas.

Preguntas de control.

- a) ¿Qué se conoce como zona de protección?
- b) ¿Qué se conoce como dispositivo primario, mencione 3 ejemplos?
- c) ¿Cuáles son los criterios o normas que debe cumplir una protección?

Ejercicio propuesto.

Usando los bloques simuladores de fusibles presentes en la biblioteca virtual realice la simulación de las protecciones de un sistema eléctrico de potencia, para la apertura y cierre del circuito utilice un interruptor ideal. Use scope para visualizar el



comportamiento del circuito.

Contenido del informe

- Título de la práctica.
- Objetivo
- Los resultados en forma de tabla
- Calculo.
- Herramientas utilizadas
- Conclusiones.

3.3 Ventajas del uso de las Curvas obtenidas en la Biblioteca Virtual.

Con la utilización de las curvas de las características de tiempo contra corriente de los fusibles eléctricos obtenidas en la biblioteca virtual para la realización de laboratorios virtuales se lograra un gran avance en la selección y coordinación de fusibles eléctrico, pues además de ganar considerablemente en tiempo permitirá que el estudiante pueda interactuar con las diferentes curvas de forma dinámica ,de manera que este trabajo se hace más dinámico ,permitiendo estar acorde con el desarrollo actual de las protecciones eléctricas donde la mayoría de los elementos de protección son simulados para establecer sus parámetros y conocer su funcionamiento .Anteriormente se contaba con pocos materiales físicos y en mal estado lo que convertía esta tarea en un proceso muy tedioso que desmotivaba al estudiante para la investigación y aplicación de otras vías de solución en la realización de los laboratorios de selección y coordinación de fusibles eléctricos.

3.4 Aplicación del modelo del bloque simulado.

La aplicación de los bloques obtenidos en la biblioteca virtual serán de gran utilidad para la comprobación de la velocidad de respuesta de los fusibles eléctricos más usados en la actualidad, así como también para la simulación de las protecciones mediante fusibles de los sistemas eléctricos de potencia, cada uno de estos bloques



son diferentes y responden a un único fusible, siendo el usuario el encargado de utilizar el bloque de fusible que necesite la protección en dependencia de las características de tiempo vs corriente de los mismos. Estos bloques le dan la posibilidad al usuario de tener una gran variedad de fusibles donde poder elegir, lo cual no se puede lograr en laboratorios reales por los altos costos que implica la inversión.

3.5 Impacto medio ambiental.

Los laboratorios virtuales tienen un impacto sobre el medio ambiente muy favorable, ya que solo con la utilización de la computadora se puede evitar la contaminación que causan los laboratorios reales y las industrias en la realización de ensayos y experimentos de procesos. Partiendo del conocimiento adquirido por el hombre de los diferentes contaminantes que pueden dañar el medio ambiente, tales como el ruido, el polvo, gases tóxicos, derrame de líquidos, se puede decir que los laboratorios virtuales contribuyen en su cuidado y en nuestros días es muy favorable ya que en la actualidad las grandes empresas e industrias están causando cada vez más daños y contaminación.

3.6 Valoración económica.

La utilización de laboratorios virtuales constituye un ahorro económico considerable en comparación con los laboratorios reales. El montaje de un puesto de trabajo real para realizar prácticas suele por lo general ser muy caro y no se les pueden incluir todos los elementos y herramientas que ofrecen los laboratorios virtuales, a continuación se tomó como ejemplo de análisis cinco puestos de trabajos reales para la selección y coordinación de fusibles eléctricos. En la Tabla 3.1 se observa la distribución de los fusibles por prácticas y puestos de trabajo.

Tabla 3.1 Características de los puestos de trabajo.

Cantidad de puestos de trabajos (CPT)	5 Puestos
Cantidad de Prácticas por puesto de trabajo (CPPT)	7 Prácticas
Cantidad de fusibles por prácticas (CFP)	4 Fusibles
Costo de un fusible eléctrico tipo K (CFE)	1.04 CUC



Para realizar el cálculo de la cantidad total de fusibles (CTF) se utilizó la ecuación 3.9.

$$CTF = CPT \times CPPT \times CFP \quad (3.9)$$

$$CTF = 5 \times 7 \times 4$$

$$CTF = 140$$

Se obtiene que para la realización de las 7 prácticas de laboratorio se necesitan 140 fusibles eléctricos.

Para el cálculo del costo total de la instalación (CTI) se determina de la siguiente forma.

$$CTI = CTF \times CFE \quad (3.10)$$

$$CTI = 140 \times 1.04$$

$$CTI = 145.6 \text{ CUC}$$

Con el uso de laboratorios virtuales en sustitución de los laboratorios reales se lograra ahorrar por año una suma de 145.6 CUC.

3.7 Conclusiones parciales.

- Se diseñaron 7 laboratorios virtuales que ayudaran a que los estudiantes obtengan mayor dominio sobre la selección y coordinación de fusibles eléctricos, y consoliden los conocimientos adquiridos en clases.
- La realización de los laboratorios virtuales tienen efectos favorables para el medio ambiente ya que no producen contaminación de ningún tipo.
- El uso de laboratorios virtuales contribuye eficientemente en la economía, ya que con el uso de laboratorios virtuales en sustitución de los laboratorios reales se lograra ahorrar por año una suma de 145.6 CUC.



Conclusiones Generales

- Se logró realizar una biblioteca virtual en MATLAB que permite la simulación y obtención de las curvas de tiempo vs corriente de los principales fusibles eléctricos, controlados por una la interfaz gráfica de usuario.
- El estudio bibliográfico realizado permitió identificar las características fundamentales de los principales fusibles eléctricos.
- Con el uso del software CurveUnscan se logró procesar las curvas características de tiempo contra corriente que se encontraban en formato (jpeg) y obtener sus coordenadas en Excel para conformar las bases de datos de los fusibles eléctricos.
- Con los obtención de las curvas tiempo & corriente (t&l) se logró modelar en MATLAB un bloque que se comporta con las características de un fusible eléctrico.
- Se conformaron los ejercicios necesarios para la realización de laboratorios virtuales con ayuda de la biblioteca virtual de fusibles eléctricos.



Recomendaciones

- Implementar la Biblioteca Virtual con nuevos modelos de dispositivos.
- Utilizar la Biblioteca Virtual para el desarrollo de laboratorios virtuales en la asignatura de las protecciones eléctricas.
- Ampliar los recursos de la biblioteca virtual para poder realizar laboratorios virtuales de protecciones eléctricas en sistemas de protección industrial.



Bibliografía

1. Barragán Guerrero, Diego Orlando . 2007. Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab. República de Ecuador, 2007. pág. 57.
2. Blanco Rojas, Julio Cesar. 2008. Biblioteca Virtual de modelacion y simulacion de sistemas dinamicos. Departamento de Ingenieria Eléctrica, Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 2008. Tesis de Grado.
3. Enríquez Harper, Gilberto “Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales”, Ed. Limusa, México, 1994.
4. García de Jalón, Javier , Rodríguez, José Ignacio y Vidal, Jesús . 2005. Aprenda Matlab 7.0 como si estuviera en primero. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2005. pág. 136.
5. Guzmán del Río, Daniel y Rojas Purón, Luís Delfin. 2010. Biblioteca virtual con MATLAB para la simulacion de sistemas multivariabes industriales. Departamento de ingenieria eléctricas, Instituto Superior Minero Metalúrgico . Moa, 2010.
6. Hidalgo Peña, Yamir. 2008. Laboratorios Virtuales Asistidos con MATLAB de utilidad para la docencia de la asignatura de automatizacion. Departamento de Ingenieria Eléctrica, Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 2008. Tesis de grado.
7. Karris, Steven T. www.orchardpublications.com. [En línea] Orchard Publications.
8. Martínez Antón, Alicia, y otros. Departamento de Construcciones Arquitectónicas.
9. Meptronic. 2013. <http://www.meptronic.com.ar/Curvas%20Max%20K.pdf>. [En línea] 23 de Enero de 2013.
10. Pupo Bacallao, Gerardo Luís. 2010. Interface para el control inteligente de instrumentos en sistemas SCADA de accionamientos eléctricos. Departamento de ingenieria eléctrica, Instituto Superior Minero Metalurgico. Moa, 2010. Tesis de grado.
11. Quesadas Pupo , William. 2011. Interfaces gráfica para el procesamiento de datos usando el GUI del MATLAB. Departamento de ingenieria eléctrica, Instituto Superior Minero Metalurgico. Moa : s.n., 2011. Tesis de grado.



12. Saavedra C., Raúl; Robles C., Patricio; Reich W., Federico “Protecciones de Sistemas Eléctricos”, Apunte Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Chile, 1994.
13. Sánchez M., Gustavo “Protecciones de Sistemas Eléctricos”, Apunte Universidad Técnica del Estado, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Chile, 1976.
14. Torre breffe, Orlys. 2000. Conferencias y clases prácticas de Protecciones Eléctricas. Moa, 2000.
15. Torres Breffe, Orlys. 2005. Desarrollo de herramientas para la creación ,modelación y comprobación de protecciones eléctricas. Departamento de ingeniería eléctricas, Instituto Superior Minero Metalúrgico . Moa : s.n., 2005. Tesis Doctoral.
16. Torres Breffe, Orlys. 1999. Laboratorios virtuales para la comprobacion del funcionamiento de las Portecciones eléctricas. Departamento de ingeniería eléctrica. Camaguey :, 1999. Tesis de maestria.

Anexos

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo limpieza de los fusibles de la serie K

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFK;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible K)

figure(2)

F2=figure(2);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza(fusible K)')

loglog(TMLFK(:,1),TMLFK(:,2),TMLFK(:,3),TMLFK(:,4),TMLFK(:,5),TMLFK(:,6),TMLFK(:,7),TMLFK(:,8),TMLFK(:,9),
TMLFK(:,10),TMLFK(:,11),TMLFK(:,12),TMLFK(:,13),TMLFK(:,14),TMLFK(:,15),TMLFK(:,16),TMLFK(:,17),
TMLFK(:,18),TMLFK(:,19),TMLFK(:,20),TMLFK(:,21),TMLFK(:,22),TMLFK(:,23),TMLFK(:,24),TMLFK(:,25),
TMLFK(:,26),TMLFK(:,27),TMLFK(:,28),TMLFK(:,29),TMLFK(:,30),TMLFK(:,31),TMLFK(:,32),TMLFK(:,33),
TMLFK(:,34),TMLFK(:,35),TMLFK(:,36),'linewidth',1.5),grid

Prueba=legend('1K','2K','3K','6K','8K','10K','12K','15K','20K','25K','30K','40K','50K','65K','80K','100K','140K','200K','
Location','NorthEastOutside')

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie K, Tiempo máximo de limpieza')

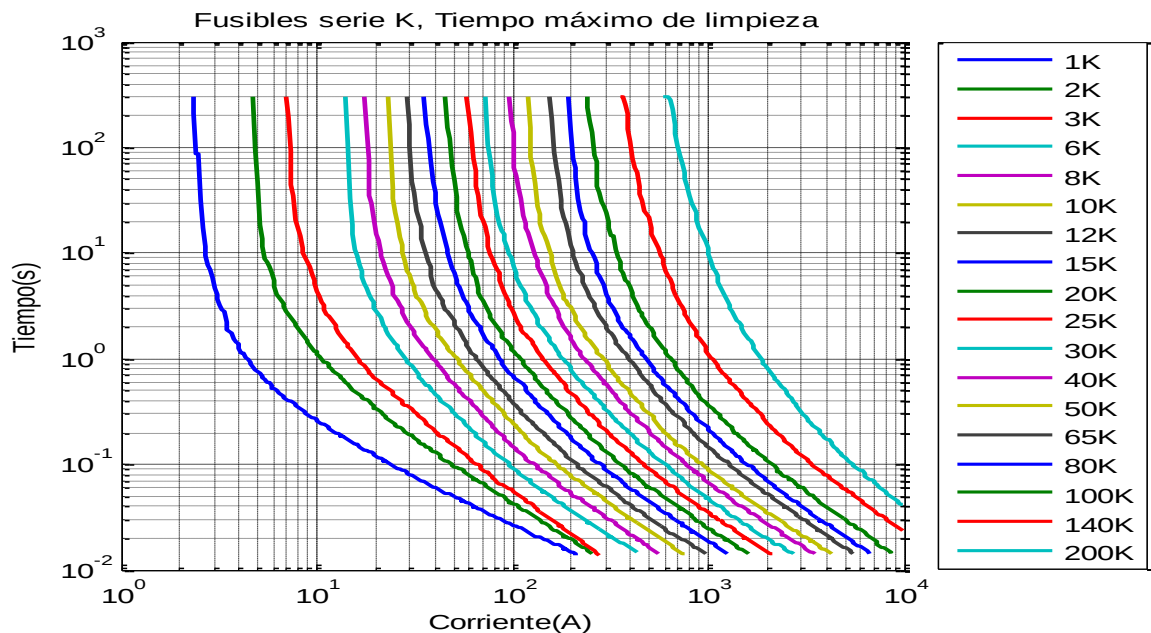


Fig.1 Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie K.

Programa para la obtención de la curva de tiempo mínimo de fusión de los fusibles de la serie T

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMFFT;

%Curva de temporización tiempo mínimo de fusión(fusible T)

figure(3)

F2=figure(3);

set(F2,'Name','Curva de temporización del tiempo mínimo de fusión (fusibleT)')

loglog(TMFFT(:,1),TMFFT(:,2),TMFFT(:,3),TMFFT(:,4),TMFFT(:,5),TMFFT(:,6),TMFFT(:,7),TMFFT(:,8),TMFFT(:,9),
TMFFT(:,10),TMFFT(:,11),TMFFT(:,12),TMFFT(:,13),TMFFT(:,14),TMFFT(:,15),TMFFT(:,16),TMFFT(:,17),
TMFFT(:,18),TMFFT(:,19),TMFFT(:,20),TMFFT(:,21),TMFFT(:,22),TMFFT(:,23),TMFFT(:,24),TMFFT(:,25),
TMFFT(:,26),TMFFT(:,27),TMFFT(:,28),TMFFT(:,29),TMFFT(:,30),TMFFT(:,31),TMFFT(:,32),TMFFT(:,33),
TMFFT(:,34),TMFFT(:,35),TMFFT(:,36),'linewidth',1.5),grid

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie T, tiempo mínimo de fusión')

Prueba=legend('1T','2T','3T','6T','8T','10T','12T','15T','20T','25T','30T','40T','50T','65T','80T','100T','140T','200T',
'Location','NorthEastOutside')

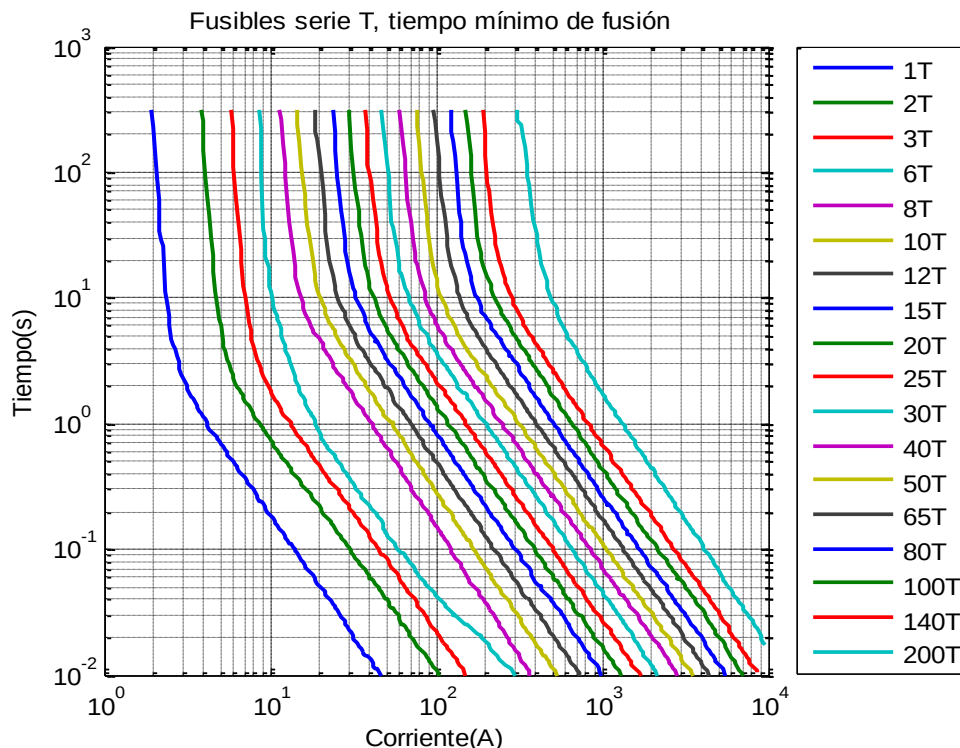


Fig.2.Gráfica del tiempo mínimo de fusión para los fusibles de la serie T.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie T

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFT;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible K)

figure(4)

F2=figure(4);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible K)')

loglog(TMLFT(:,1),TMLFT(:,2),TMLFT(:,3),TMLFT(:,4),TMLFT(:,5),TMLFT(:,6),TMLFT(:,7),TMLFT(:,8),TMLFT(:,9),
TMLFT(:,10),TMLFT(:,11),TMLFT(:,12),TMLFT(:,13),TMLFT(:,14),TMLFT(:,15),TMLFT(:,16),TMLFT(:,17),
TMLFT(:,18),TMLFT(:,19),TMLFT(:,20),TMLFT(:,21),TMLFT(:,22),TMLFT(:,23),TMLFT(:,24),TMLFT(:,25),
TMLFT(:,26),TMLFT(:,27),TMLFT(:,28),TMLFT(:,29),TMLFT(:,30),TMLFT(:,31),TMLFT(:,32),TMLFT(:,33),
TMLFT(:,34),TMLFT(:,35),TMLFT(:,36),'linewidth',1.5),grid

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie T, tiempo máximo de limpieza ')

Prueba=legend('1T','2T','3T','6T','8T','10T','12T','15T','20T','25T','30T','40T','50T','65T','80T','100T','140T','200T',
'Location','NorthEastOutside')

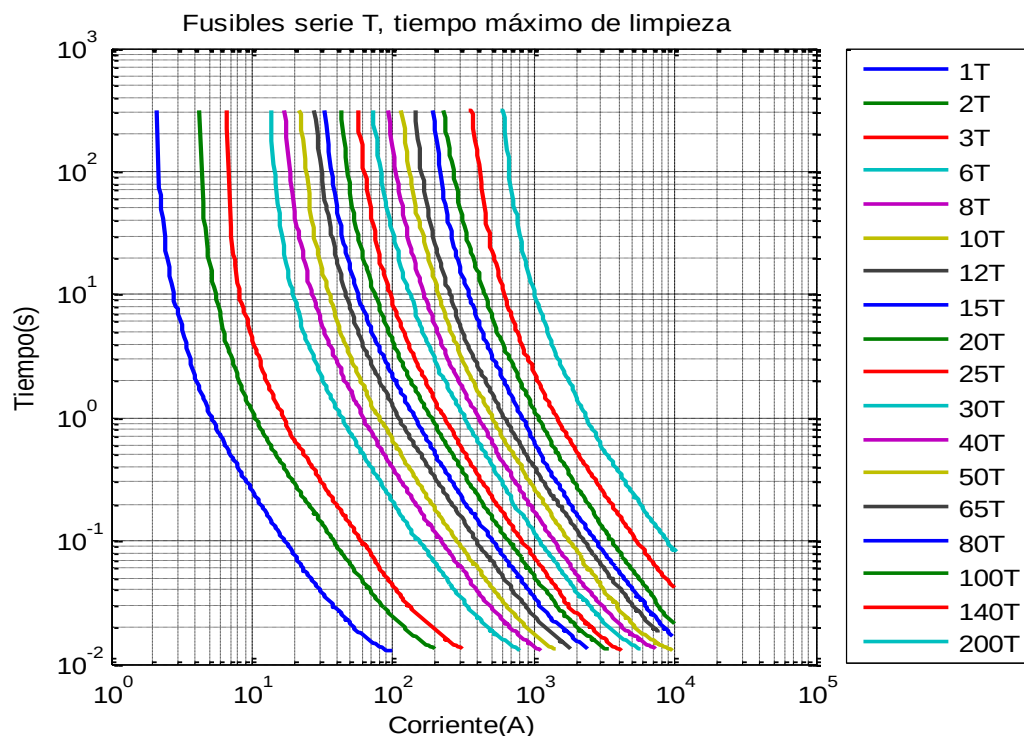


Fig.3.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie T.

Programa para la obtención de la curva de tiempo mínimo de fusión de los fusibles de la serie T

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMFFH;

%Curva de temporización tiempo mínimo de fusión(fusible H)

figure(5)

F2=figure(5);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo mínimo de fusión (fusible H)')

loglog(TMFFH(:,1),TMFFH(:,2),TMFFH(:,3),TMFFH(:,4),TMFFH(:,5),TMFFH(:,6),TMFFH(:,7),TMFFH(:,8),TMFFH(:,9),
TMFFH(:,10),TMFFH(:,11),TMFFH(:,12),TMFFH(:,13),TMFFH(:,14),TMFFH(:,15),TMFFH(:,16),TMFFH(:,17),
TMFFH(:,18),TMFFH(:,19),TMFFH(:,20),TMFFH(:,21),TMFFH(:,22),TMFFH(:,23),TMFFH(:,24),TMFFH(:,25),
TMFFH(:,26),TMFFH(:,27),TMFFH(:,28),TMFFH(:,29),TMFFH(:,30),TMFFH(:,31),TMFFH(:,32),'linewidth',1.5),grid

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie H, tiempo mínimo de fusión')

Prueba=legend('1H','2H','3H','6H','8H','10H','12H','15H','20H','25H',...,'30H','40H','50H','65H','80H','100H','Location',
'NorthEastOutside')

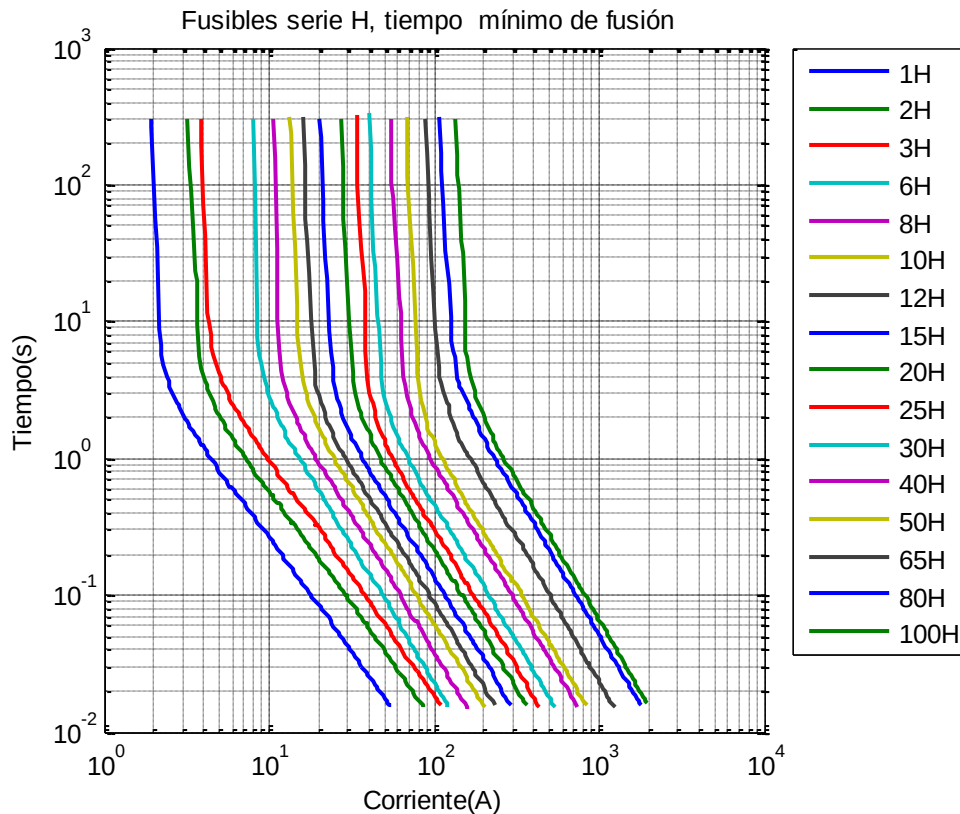


Fig.4.Gráfica del tiempo mínimo de fusión para los fusibles de la serie H.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie H.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFH;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible K)

figure(6)

F2=figure(6);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible H)')

loglog(TMLFH(:,1),TMLFH(:,2),TMLFH(:,3),TMLFH(:,4),TMLFH(:,5),TMLFH(:,6),TMLFH(:,7),TMLFH(:,8),TMLFH(:,9),
TMLFH(:,10),TMLFH(:,11),TMLFH(:,12),TMLFH(:,13),TMLFH(:,14),TMLFH(:,15),TMLFH(:,16),TMLFH(:,17),
TMLFH(:,18),TMLFH(:,19),TMLFH(:,20),TMLFH(:,21),TMLFH(:,22),TMLFH(:,23),TMLFH(:,24),TMLFH(:,25),
TMLFH(:,26),TMLFH(:,27),TMLFH(:,28),TMLFH(:,29),TMLFH(:,30),TMLFH(:,31),TMLFH(:,32),'linewidth',1.5),grid
xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie H, tiempo máximo de limpieza ')

Prueba=legend('1H','2H','3H','6H','8H','10H','12H','15H','20H','25H','30H','40H','50H','65H','80H','100H','Location',
'NorthEastOutside')

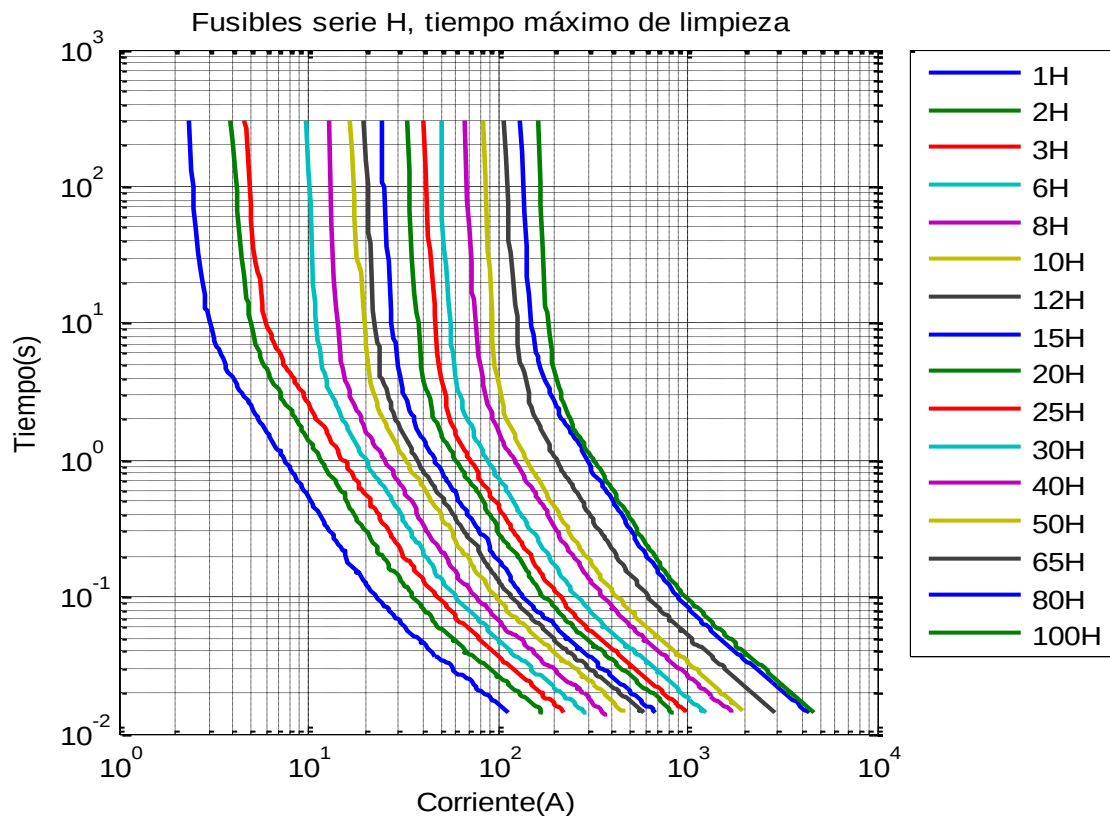


Fig.5.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie H.

Programa para la obtención de la curva de tiempo mínimo de fusión de los fusibles de la serie Dual.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMFFDual;

%Curva de temporización tiempo mínimo de fusión(fusible Dual)

figure(7)

F2=figure(7);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo mínimo de fusión (fusible Dual)')

loglog(TMFFDual(:,1),TMFFDual(:,2),TMFFDual(:,3),TMFFDual(:,4),TMFFDual(:,5),TMFFDual(:,6),TMFFDual(:,7),
TMFFDual(:,8),TMFFDual(:,9),TMFFDual(:,10),TMFFDual(:,11),TMFFDual(:,12),TMFFDual(:,13),TMFFDual(:,14),
TMFFDual(:,15),TMFFDual(:,16),TMFFDual(:,17),TMFFDual(:,18),TMFFDual(:,19),TMFFDual(:,20),TMFFDual(:,21),
TMFFDual(:,22),TMFFDual(:,23),TMFFDual(:,24),TMFFDual(:,25),TMFFDual(:,26),TMFFDual(:,27),TMFFDual(:,28),
TMFFDual(:,29),TMFFDual(:,30),TMFFDual(:,31),TMFFDual(:,32),TMFFDual(:,33),TMFFDual(:,34),'linewidth',1.5),grid

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie Dual, tiempo mínimo de fusión')

Prueba=legend('0.4Amp','0.6Amp','0.7Amp','1.0Amp','1.3Amp','1.4Amp','1.6Amp','2.1Amp','3.1Amp','3.5Amp','4.2Amp',
'5.2Amp','6.3Amp','7.8Amp','10.4Amp','14.0Amp','21.0Amp','Location','NorthEastOutside')

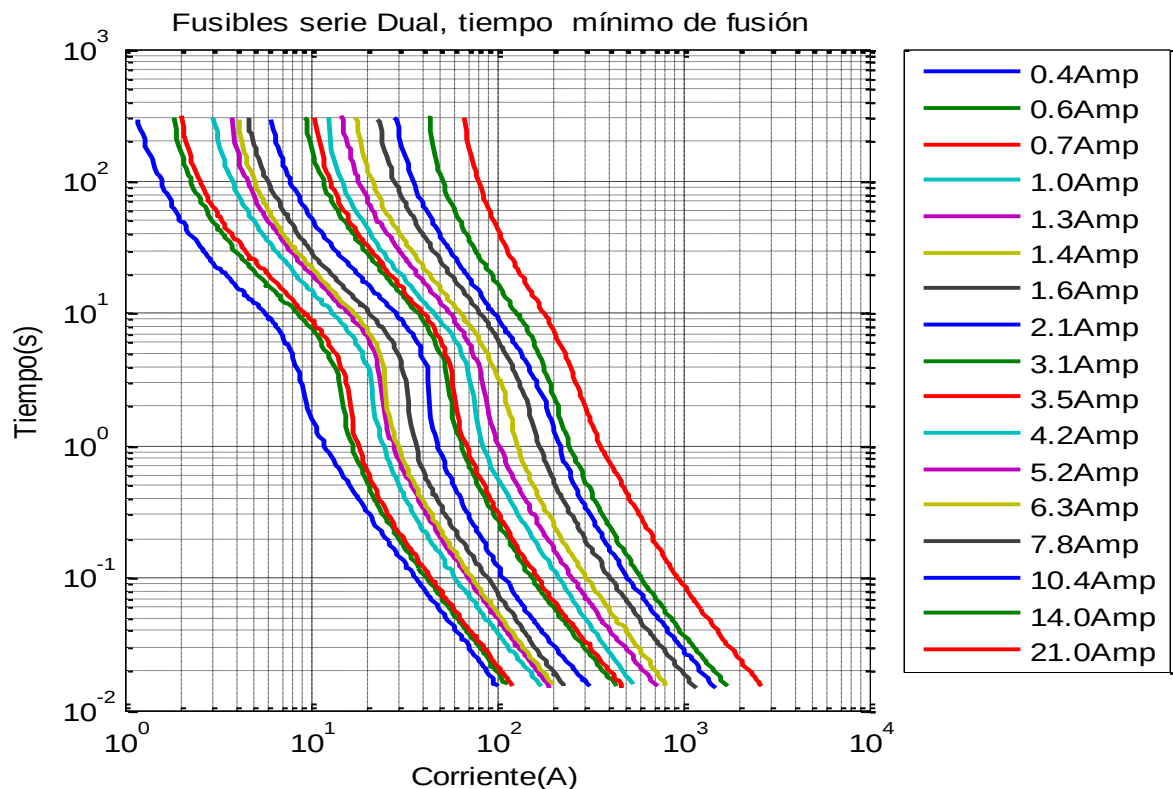


Fig.6.Gráfica del tiempo mínimo de fusión para los fusibles de la serie Dual.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie Dual.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFDual;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible Dual)

figure(8)

F2=figure(8);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible Dual)')

loglog(TMLFDual(:,1),TMLFDual(:,2),TMLFDual(:,3),TMLFDual(:,4),TMLFDual(:,5),TMLFDual(:,6),TMLFDual(:,7),
TMLFDual(:,8),TMLFDual(:,9),TMLFDual(:,10),TMLFDual(:,11),TMLFDual(:,12),TMLFDual(:,13),TMLFDual(:,14),
TMLFDual(:,15),TMLFDual(:,16),TMLFDual(:,17),TMLFDual(:,18),TMLFDual(:,19),TMLFDual(:,20),TMLFDual(:,21),
TMLFDual(:,22),TMLFDual(:,23),TMLFDual(:,24),TMLFDual(:,25),TMLFDual(:,26),TMLFDual(:,27),TMLFDual(:,28),
TMLFDual(:,29),TMLFDual(:,30),TMLFDual(:,31),TMLFDual(:,32),TMLFDual(:,33),TMLFDual(:,34),'linewidth',1.5),grid

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie Dual, Tiempo máximo de limpieza ')

Prueba=legend('0.4Amp','0.6Amp','0.7Amp','1.0Amp','1.3Amp','1.4Amp','1.6Amp','2.1Amp','3.1Amp','3.5Amp','4.2Amp',
'5.2Amp','6.3Amp','7.8Amp','10.4Amp','14.0Amp','21.0Amp','Location','NorthEastOutside')

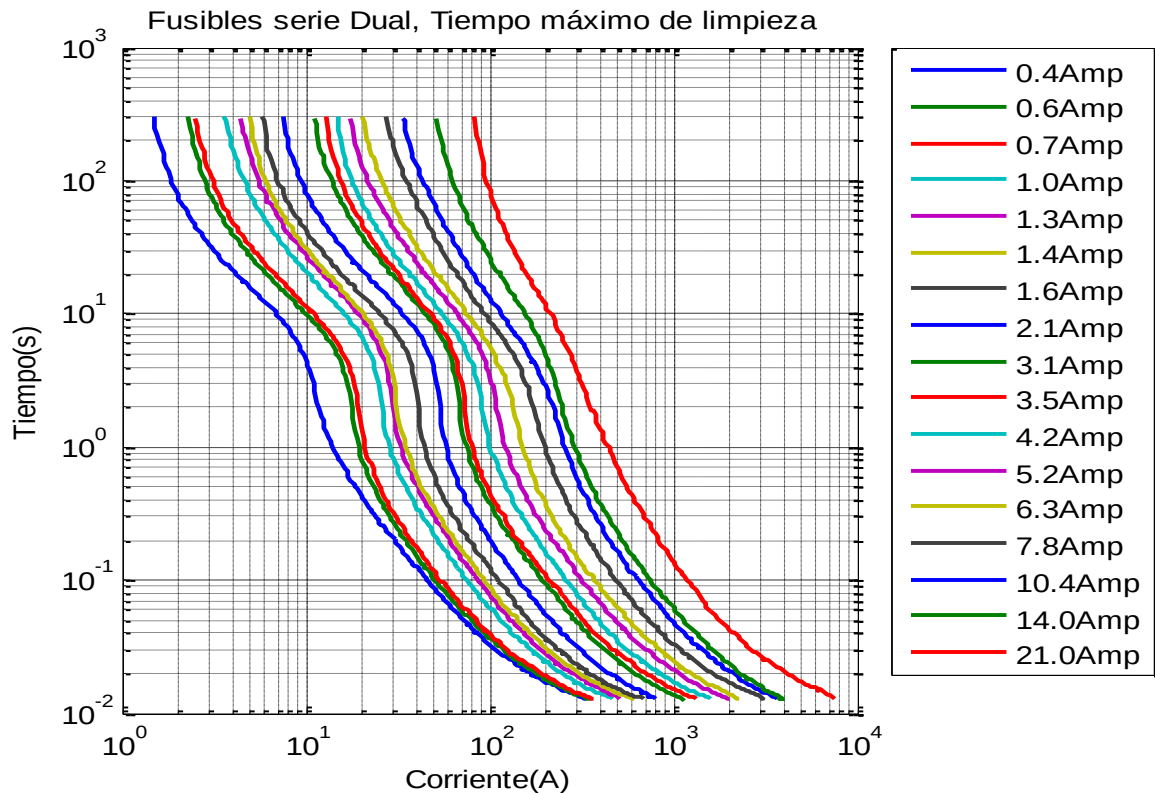


Fig.7.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie Dual.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie D.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFD;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible D)

figure(9)

F2=figure(9);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible D)')

loglog(TMLFD(:,1),TMLFD(:,2),TMLFD(:,3),TMLFD(:,4),TMLFD(:,5),TMLFD(:,6),TMLFD(:,7),TMLFD(:,8),TMLFD(:,9),
TMLFD(:,10),TMLFD(:,11),TMLFD(:,12),TMLFD(:,13),TMLFD(:,14),TMLFD(:,15),TMLFD(:,16),
,TMLFD(:,17),TMLFD(:,18),TMLFD(:,19),TMLFD(:,20),'linewidth',1.5),grid

Prueba = legend('2 Amp','4 Amp','6 Amp','10 Amp','16Amp','20Amp','25Amp','35 Amp','50Amp','63
Amp','Location','NorthEastOutside')

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie D, Tiempo máximo de limpieza ')

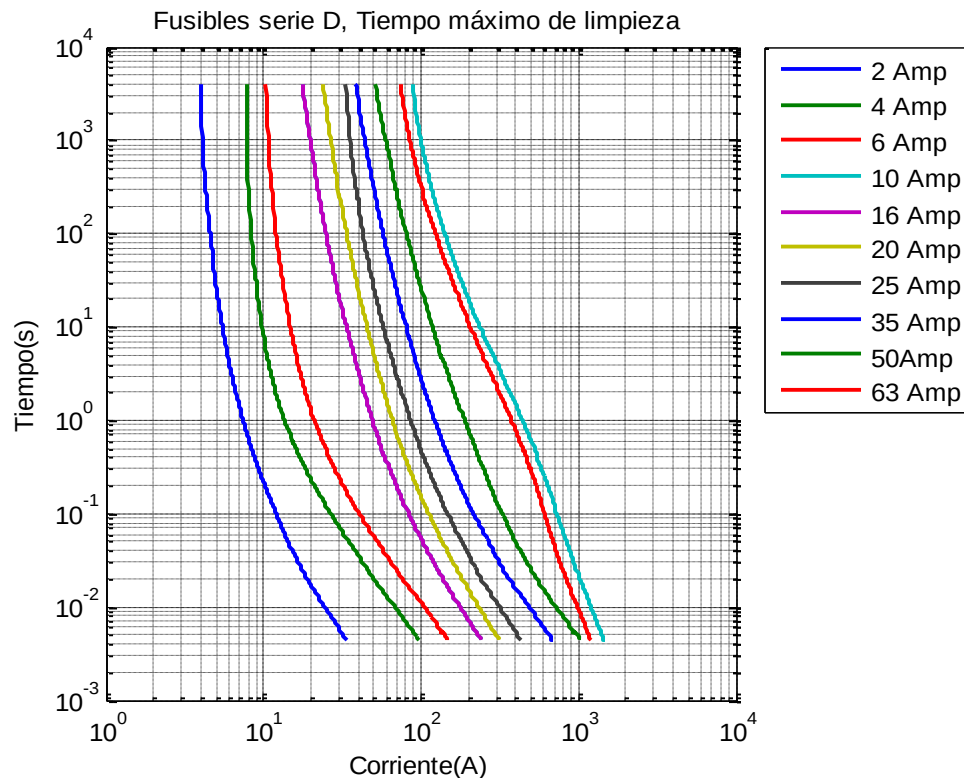


Fig.8.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie D.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie NH.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFNH;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible NH)

figure(10)

F2=figure(10);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza(fusible NH)')

loglog(TMLFNH(:,1),TMLFNH(:,2),TMLFNH(:,3),TMLFNH(:,4),TMLFNH(:,5),TMLFNH(:,6),TMLFNH(:,7),TMLFNH(:,8),
TMLFNH(:,9),TMLFNH(:,10),TMLFNH(:,11),TMLFNH(:,12),TMLFNH(:,13),TMLFNH(:,14),TMLFNH(:,15),
TMLFNH(:,16),TMLFNH(:,17),TMLFNH(:,18),TMLFNH(:,19),TMLFNH(:,20),TMLFNH(:,21),TMLFNH(:,22),
TMLFNH(:,23),TMLFNH(:,24),TMLFNH(:,25),TMLFNH(:,26),TMLFNH(:,27),TMLFNH(:,28),TMLFNH(:,29),
TMLFNH(:,30),TMLFNH(:,31),TMLFNH(:,32),TMLFNH(:,33),TMLFNH(:,34),TMLFNH(:,35),TMLFNH(:,36),
TMLFNH(:,37),TMLFNH(:,38),TMLFNH(:,39),TMLFNH(:,40),TMLFNH(:,41),TMLFNH(:,42),TMLFNH(:,43),TMLFNH(:,44),
TMLFNH(:,45),TMLFNH(:,46),'linewidth',1.5),grid

Prueba=legend('4.0Amp','6.0Amp','10.0Amp','16.0Amp','20.0Amp','25.0Amp','35.0Amp','50.0Amp','63.0Amp','80.0Amp',
'100.0Amp','125.0Amp','160.0Amp','200.0Amp','224.0Amp','250.0Amp','300.0Amp','315.0Amp','355.0Amp','400.0Amp',
'425.0Amp','500.0Amp','600.0Amp','Location','NorthEastOutside')

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie NH, Tiempo máximo de limpieza ')

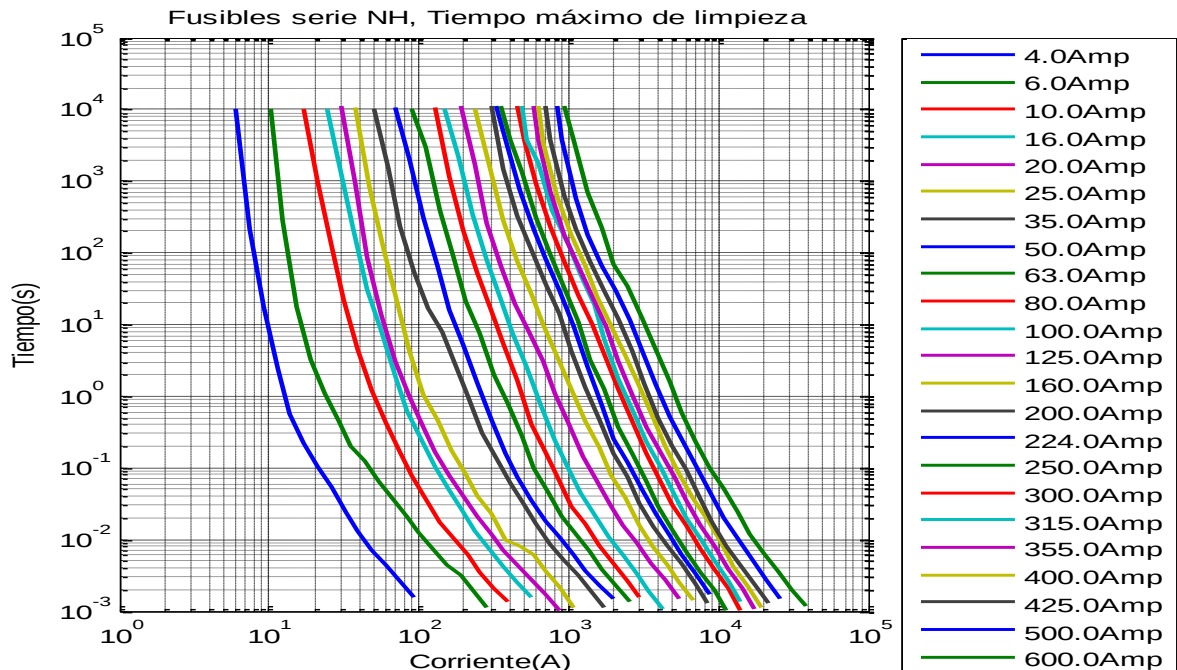


Fig.9.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie NH.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie A.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFA;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible A)

figure(11)

F2=figure(11);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza(fusible A)')

loglog(TMLFA(:,1), TMLFA(:,2), TMLFA(:,3), TMLFA(:,4), TMLFA(:,5), TMLFA(:,6),TMLFA(:,7), TMLFA(:,8),
TMLFA(:,9), TMLFA(:,10), TMLFA(:,11), TMLFA(:,12),TMLFA(:,13), TMLFA(:,14), TMLFA(:,15), TMLFA(:,16),
TMLFA(:,17), TMLFA(:,18),TMLFA(:,19), TMLFA(:,20), TMLFA(:,21), TMLFA(:,22), TMLFA(:,23),
TMLFA(:,24),TMLFA(:,25),TMLFA(:,26),TMLFA(:,27),TMLFA(:,28),'linewidth',1.5),grid

Prueba=legend('1A','2A','3A','4A','5A','6A','7A','8A','9A','10A','11A','12A','13A','14A','80K','Location','NorthEastOutside')

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie A, Tiempo máximo de limpieza')

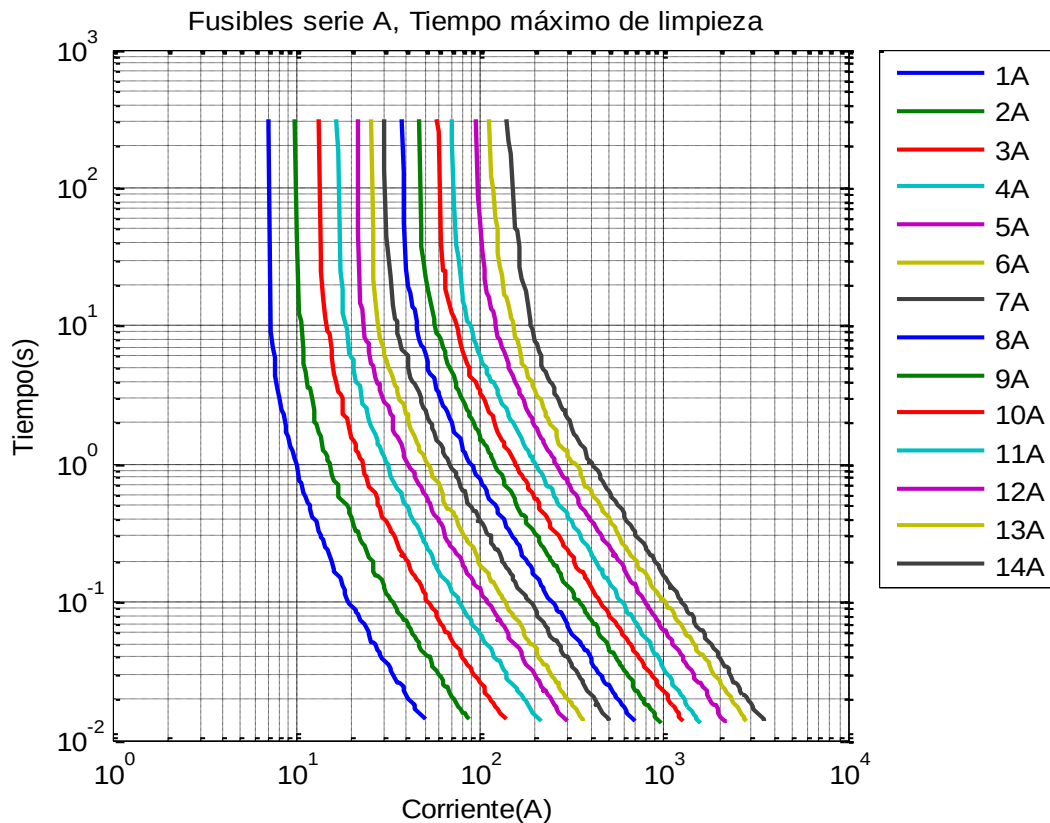


Fig.10.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie A.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie B.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFB;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible B)

figure(12)

F2=figure(12);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza(fusible B)')

loglog(TMLFB(:,1),TMLFB(:,2),TMLFB(:,3),TMLFB(:,4),TMLFB(:,5),TMLFB(:,6),

TMLFB(:,7),TMLFB(:,8),TMLFB(:,9),TMLFB(:,10),TMLFB(:,11),TMLFB(:,12),TMLFB(:,13),TMLFB(:,14),TMLFB(:,15),

TMLFB(:,16),TMLFB(:,17),TMLFB(:,18),TMLFB(:,19),TMLFB(:,20),TMLFB(:,21),TMLFB(:,22),TMLFB(:,23),

TMLFB(:,24),TMLFB(:,25),TMLFB(:,26),TMLFB(:,27),TMLFB(:,28),'linewidth',1.5),grid

Prueba=legend('1B','2B','3B','4B','5B','6B','7B','8B','9B','10B','11B','12B','13B','14B','Location','NorthEastOutside')

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie B, Tiempo máximo de limpieza')

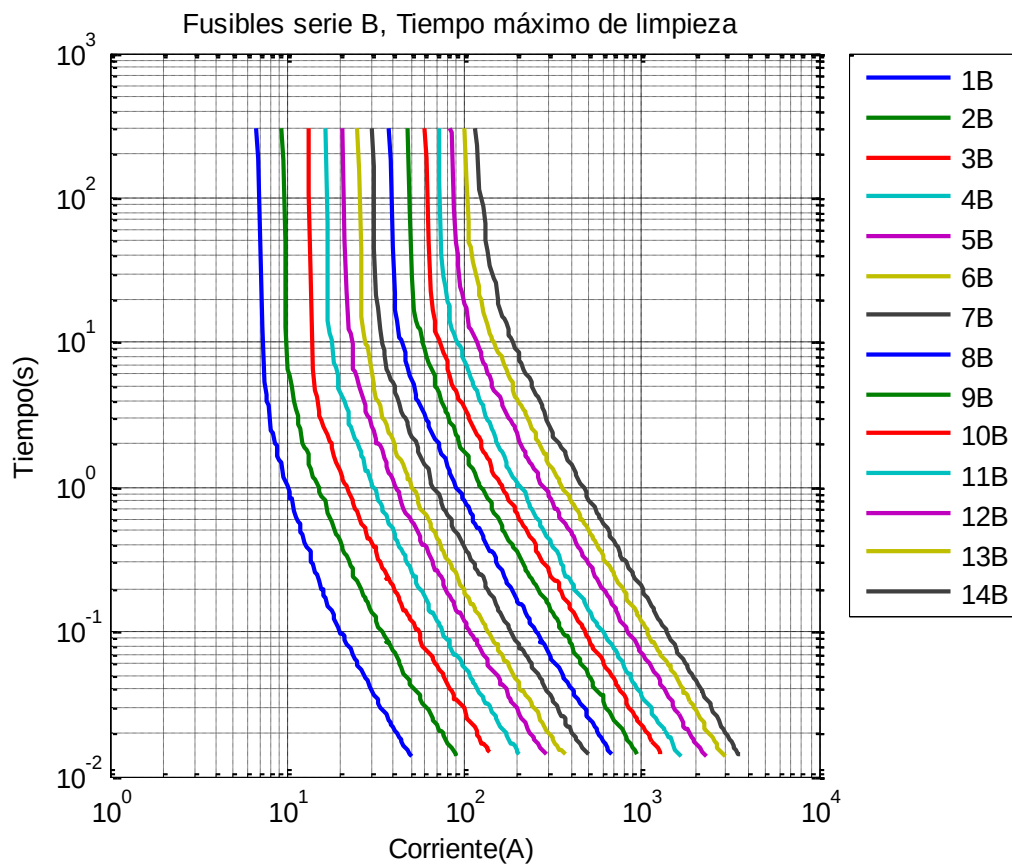


Fig.11.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie B.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie NH.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFNZ;

%Curva de temporización tiempo máximo de limpieza (fusible NZ)

figure(13)

F2=figure(13);

set(F2,'Name','Curva de temporización tiempo máximo de limpieza(fusible NZ)')

loglog(TMLFNZ(:,1),TMLFNZ(:,2),TMLFNZ(:,3),TMLFNZ(:,4),TMLFNZ(:,5),TMLFNZ(:,6),TMLFNZ(:,7),TMLFNZ(:,8),
TMLFNZ(:,9),TMLFNZ(:,10),TMLFNZ(:,11),TMLFNZ(:,12),TMLFNZ(:,13),TMLFNZ(:,14),TMLFNZ(:,15),
TMLFNZ(:,16),TMLFNZ(:,17),TMLFNZ(:,18),TMLFNZ(:,19),TMLFNZ(:,20),TMLFNZ(:,21),TMLFNZ(:,22),
TMLFNZ(:,23),TMLFNZ(:,24),TMLFNZ(:,25),TMLFNZ(:,26),TMLFNZ(:,27),TMLFNZ(:,28),TMLFNZ(:,29),TMLFNZ(:,30),
,TMLFNZ(:,31),TMLFNZ(:,32),TMLFNZ(:,33),TMLFNZ(:,34),TMLFNZ(:,35),TMLFNZ(:,36),TMLFNZ(:,37),
TMLFNZ(:,38),TMLFNZ(:,39),TMLFNZ(:,40),TMLFNZ(:,41),TMLFNZ(:,42),TMLFNZ(:,43),TMLFNZ(:,44),TMLFNZ(:,45),
,TMLFNZ(:,46),TMLFNZ(:,47),TMLFNZ(:,48),TMLFNZ(:,49),TMLFNZ(:,50),TMLFNZ(:,51),
TMLFNZ(:,52),TMLFNZ(:,53),TMLFNZ(:,54),'linewidth',1.5),grid

Prueba=legend('1.0Amp','2.0Amp','4.0Amp','6.0Amp','8.0Amp','10.0Amp','12.0Amp','16.0Amp','20.0Amp','25.0Amp','32.0Amp','40.0Amp','50.0Amp','60.0Amp','63.0Amp','80.0Amp','100.0Amp','125.0Amp','160.0Amp','200.0Amp','250.0Amp','315.0Amp','400.0Amp','600.0Amp','630.0Amp','800.0Amp','1000.0Amp','1200.0Amp','Location','NorthEastOutside')

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie NZ, Tiempo máximo de limpieza')

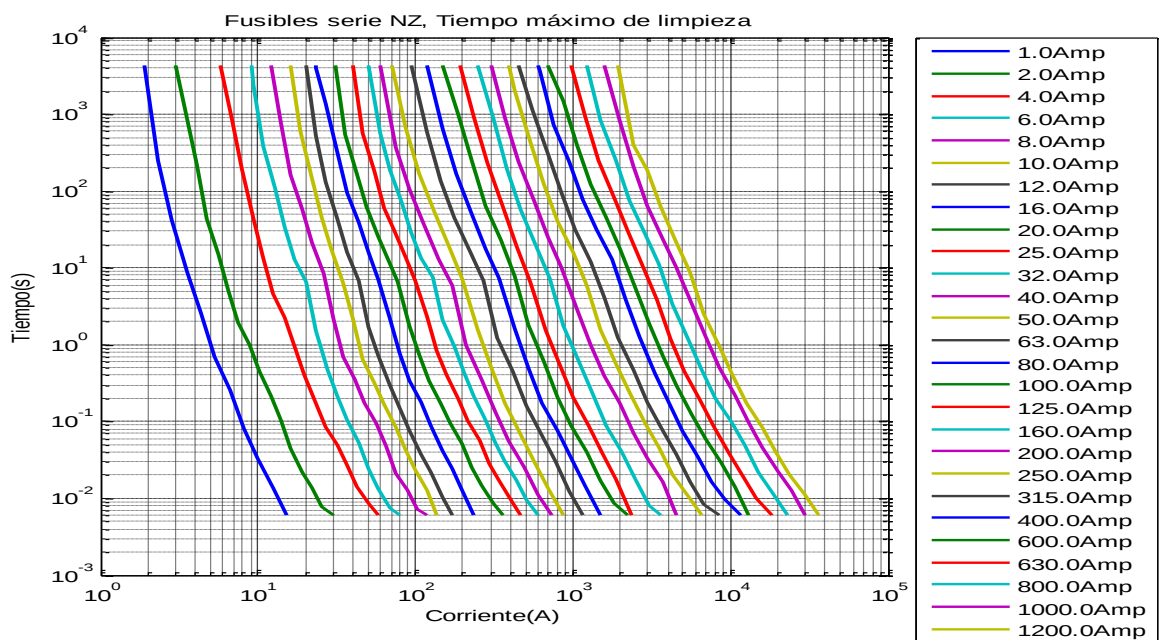


Fig.12.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie NH.



Programa para la obtención de la curva de tiempo mínimo de fusión de los fusibles de la serie STD.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMFFSTD;

%Curva de temporización tiempo mínimo de fusión(fusible STD)

figure(14)

F2=figure(14);

set(F2,'Name','Curva de temporización del tiempo mínimo de fusión(fusible STD)')

loglog(TMFFSTD(:,1),TMFFSTD(:,2),TMFFSTD(:,3),TMFFSTD(:,4),TMFFSTD(:,5),TMFFSTD(:,6),TMFFSTD(:,7),
TMFFSTD(:,8),TMFFSTD(:,9),TMFFSTD(:,10),TMFFSTD(:,11),TMFFSTD(:,12),TMFFSTD(:,13),TMFFSTD(:,14),
TMFFSTD(:,15),TMFFSTD(:,16),TMFFSTD(:,17),TMFFSTD(:,18),TMFFSTD(:,19),TMFFSTD(:,20),TMFFSTD(:,21),
TMFFSTD(:,22),TMFFSTD(:,23),TMFFSTD(:,24),TMFFSTD(:,25),TMFFSTD(:,26),TMFFSTD(:,27),TMFFSTD(:,28),
TMFFSTD(:,29),TMFFSTD(:,30),'linewidth',1.5),grid

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie STD, tiempo mínimo de fusión')

Prueba=legend('1Amp','2Amp','3Amp','5Amp','7Amp','10Amp','15Amp',... '20Amp','25Amp','30Amp','40Amp','50Amp',
'65Amp','80Amp','100Amp','Location','NorthEastOutside')

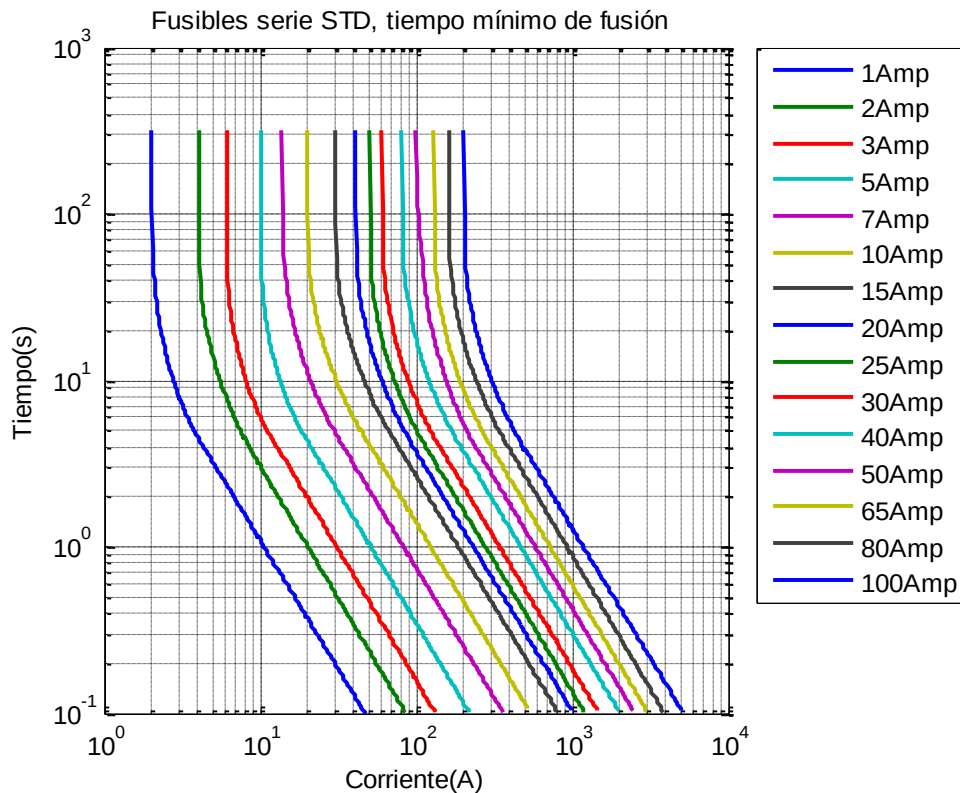


Fig.13.Gráfica del tiempo mínimo de fusión para los fusibles de la serie STD.

Programa para la obtención de la curva de tiempo máximo de limpieza de los fusibles de la serie STD.

%Programa para la obtención de las curvas de corriente vs tiempo.

clear,clc

load TMLFSTD;

%Curva de temporización tiempo mínimo de fusión(fusible STD)

figure(15)

F2=figure(15);

set(F2,'Name','Curva de temporización del tiempo máximo de limpieza (fusible STD)')

loglog(TMLFSTD(:,1),TMLFSTD(:,2),TMLFSTD(:,3),TMLFSTD(:,4),TMLFSTD(:,5),TMLFSTD(:,6),TMLFSTD(:,7),
TMLFSTD(:,8),TMLFSTD(:,9),TMLFSTD(:,10),TMLFSTD(:,11),TMLFSTD(:,12),TMLFSTD(:,13),TMLFSTD(:,14),
TMLFSTD(:,15),TMLFSTD(:,16),TMLFSTD(:,17),TMLFSTD(:,18),TMLFSTD(:,19),TMLFSTD(:,20),TMLFSTD(:,21),
TMLFSTD(:,22),TMLFSTD(:,23),TMLFSTD(:,24),TMLFSTD(:,25),TMLFSTD(:,26),TMLFSTD(:,27),TMLFSTD(:,28),
TMLFSTD(:,29),TMLFSTD(:,30),'linewidth',1.5),grid

xlabel('Corriente(A)')

ylabel('Tiempo(s)')

Title('Fusibles serie STD, tiempo máximo de limpieza')

Prueba=legend('1Amp','2Amp','3Amp','5Amp','7Amp','10Amp','15Amp','20Amp','25Amp','30Amp','40Amp','50Amp',
'65Amp','80Amp','100Amp','Location','NorthEastOutside

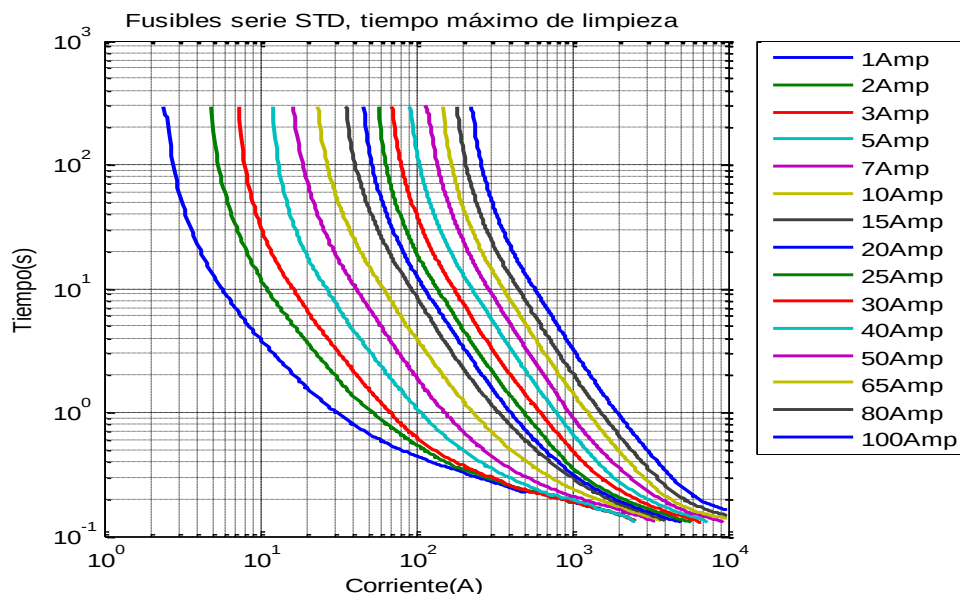


Fig.14.Gráfica del tiempo máximo de limpieza para los fusibles de la serie STD.

Sub-rutina para cambiar el color al bloque simulador.

function [sys] = ChangeAlarmColor(tripsignal,objname,tripcolor)

if strcmp(get_param([bdroot '/' objname],'BackgroundColor'),tripcolor) == 0 & tripsignal == true

set_param([bdroot '/' objname],'backgroundcolor',tripcolor);



end

Programación del GUI para presentación de la biblioteca virtual

```
function varargout = Presentacion(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',    mfilename, ...
    'gui_Singleton', gui_Singleton, ...
    'gui_OpeningFcn', @Presentacion_OpeningFcn, ...
    'gui_OutputFcn', @Presentacion_OutputFcn, ...
    'gui_LayoutFcn', [] , []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function Presentacion_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
function varargout = Presentacion_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
Curvasf;
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
Simulacion;
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
autor
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
ans=questdlg( '¿Desea Cerrar la Biblioteca Virtual?' , 'SALIR','Si','No','No');
if strcmp(ans,'No')
    return;
end
clear,clc,close all
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
Ayuda
function pushbutton7_Callback(hObject, eventdata, handles)
CurvasR
function pushbutton8_Callback(hObject, eventdata, handles)
Labvirtuales
function pushbutton9_Callback(hObject, eventdata, handles)
DisPrimarios
```