



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO
PARA EL CONTROL Y PROTECCIÓN DE UN MOTOR DE
INDUCCIÓN EN EL LABORATORIO L-3**

**EN LA MODALIDAD DE ACTIVIDADES DE APOYO A LA
DOCENCIA PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

PRESENTA:

RAFAEL MARRÓN MENDOZA

ASESOR:

M. EN C. RODRIGO OCÓN VALDÉZ



MEXICO, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	4
<i>Propósito.....</i>	<i>5</i>
<i>Objetivo general.....</i>	<i>5</i>
<i>Justificación.....</i>	<i>5</i>
<i>Contenido del reporte de actividades de apoyo a la docencia</i>	<i>6</i>
Capítulo 1.....	9
<i>Teoría del motor de inducción.....</i>	<i>9</i>
<i>Circuito equivalente del motor.....</i>	<i>9</i>
<i>Corriente de arranque de los motores eléctricos.....</i>	<i>10</i>
<i>Descripción y funcionamiento de cada una las partes más importantes del motor.....</i>	<i>11</i>
<i>Estató y rotor.....</i>	<i>11</i>
<i>Circuito equivalente del rotor.....</i>	<i>13</i>
<i>Producción del campo magnético rotatorio.....</i>	<i>13</i>
<i>Cambio del sentido de giro.....</i>	<i>14</i>
<i>Principio de funcionamiento.....</i>	<i>15</i>
<i>Control eléctrico de motores.....</i>	<i>16</i>
<i>Propósito del control de motores.....</i>	<i>16</i>
<i>Elementos básicos del control de motores.....</i>	<i>17</i>
<i>Propósito y elementos de las protecciones.....</i>	<i>26</i>
Capítulo 2.....	27
<i>Construcción y diseño del módulo didáctico para control y protección de un motor de inducción.....</i>	<i>27</i>
<i>Diseño del módulo didáctico con todos los componentes.....</i>	<i>27</i>
<i>Evaluación y selección de los elementos.....</i>	<i>31</i>

<i>Datos y características de las hojas de datos de los elementos.....</i>	<i>36</i>
<i>Elaboración del diagrama eléctrico del módulo.....</i>	<i>48</i>
<i>Presupuesto del costo de los componentes del módulo.....</i>	<i>50</i>
Capítulo 3.....	45
<i>Pruebas de aceptación del módulo de protección.....</i>	<i>50</i>
<i>Características del motor de prueba.....</i>	<i>55</i>
Conclusión.....	57
Referencias.....	59

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL CONTROL Y PROTECCIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN

Introducción

Desde el punto de vista técnico, el desarrollo de los motores eléctricos hasta nuestros días ha sido notable gracias a los avances logrados en muchos campos de la ingeniería de máquinas eléctricas, tales como nuevos conceptos de diseño, nuevos procesos de manufactura y nuevos materiales disponibles. Esto ha traído como consecuencia un mejor funcionamiento y una continua reducción en tamaño.

Cuando Nikola Tesla inventó el Motor de Inducción en 1888, no se imaginó la importancia que tendría éste en el desarrollo de las transmisiones electromecánicas de las plantas industriales, porque es el de más sencilla operación, resistente construcción y poco mantenimiento.

El motor de inducción tomó su nombre del hecho de que las corrientes que fluyen en el secundario designado como rotor, se inducen por las corrientes que fluyen en el primario designado como estátor. En forma más clara las corrientes del secundario se inducen por la acción de los campos magnéticos creados en el motor por el devanado del estátor. No existe conexión eléctrica entre el circuito primario y el secundario.

En lo que se refiere al Control de Motores Eléctricos es un tema que ha adquirido gran importancia a partir de la automatización de los procesos industriales y de la incorporación cada vez más notoria de la electrónica y de la electrónica de potencia en el control de máquinas eléctricas.

Hoy en día en un ambiente típicamente industrial se pueden tener tecnologías convencionales (tales como los controles por relevadores y arrancadores magnéticos) combinados con tecnologías de expansión (tales como los controladores lógicos programables, los arrancadores de estado sólido) y nuevas tecnologías (como las fibras ópticas) operando todas en un sistema de manufactura, en donde se requiere programabilidad, expansibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y versatilidad como factores de los sistemas de producción y que requieren de un conocimiento del equipo de control a nivel conceptual y de diseño.

Es de vital importancia para tener éxito que los estudiantes, los ingenieros de mantenimiento, los técnicos de mantenimiento y toda la gente que este en contacto con algún sistema de este tipo adquieran un conocimiento claro de todos los elementos de un sistema de control eléctrico de motores incluyendo la importancia y el conocimiento sobre

las protecciones de corriente y de voltaje ya que es una de las ramas más importantes en un sistema eléctrico.

Propósito

El propósito de desarrollar un módulo didáctico, con elementos para el control y protección de motores de inducción trifásicos, es para apoyar a los alumnos y docentes de la carrera de ingeniería eléctrica electrónica; particularmente en los cursos de laboratorio de transformadores y motores de inducción; y el laboratorio de protección de sistemas eléctricos.

Este módulo didáctico permitirá que el estudiante interactúe directamente con elementos reales de protección y control de motores de aplicación cotidiana en la industria; con el objetivo de estudiar fenómenos electromagnéticos relacionados con el arranque de los motores (comportamiento de las corrientes de arranque) la adecuada coordinación y ajuste de las protecciones de sobre-corriente, ajuste y operación de protecciones por bajo y alto voltaje de alimentación, protección de pérdida de fase, desbalance y secuencia de fase incorrecta y la visualización de transitorios de voltaje en las terminales del motor por efecto de prender y apagar el interruptor eléctrico.

El módulo didáctico está diseñado con terminales de salida accesibles para visualizar las formas de onda de corriente y voltaje del motor con la ayuda de un osciloscopio digital y analógico; manteniendo un nivel de aislamiento y seguridad en su manejo, tanto para el equipo digital como para el propio usuario.

El módulo queda disponible en el laboratorio de máquinas eléctricas y potencia para el uso de los docentes y alumnos, con el objetivo de utilizarlo en las prácticas.

Cabe mencionar que el alcance del presente trabajo solo incluyo el diseño, construcción y pruebas físicas del módulo didáctico; el desarrollo de las prácticas de laboratorio específicas es objeto de otros trabajos y se encuentra actualmente en desarrollo.

Objetivo general

Realizar el diseño y la implementación de un módulo didáctico para el control y protección de un motor de inducción.

Justificación

Para hacer más eficiente e incluir el aspecto pragmático en el proceso de enseñanza – aprendizaje en los cursos de ingeniería; el apoyo con los laboratorios es indispensable; y dentro de ello es necesaria la utilización de módulos didácticos.

Para el caso particular del laboratorio de protección de sistemas eléctricos y de transformadores y motores de inducción, el contar con módulos que permitan estudiar conceptos relacionados con el control y la protección de motores de inducción ayudara a cumplir los objetivos de los cursos, al interactuar con elementos reales de control y protección de motores eléctricos.

Por otro lado, el desarrollo de este tipo de proyectos para el diseño y la implementación de los módulos didácticos impulsa y motiva a los estudiantes, al involucrarlos en aplicaciones prácticas de los cursos que finalmente le proporcionarán conocimientos para su propio desarrollo profesional.

La implementación física de este módulo permite que el estudiante interactúe y estudie los procesos de operación de un sistema básico de protecciones de un motor de inducción trifásico.

Contenido del reporte de las actividades de apoyo a la docencia.

El presente reporte se encuentra estructurado en capítulos secuenciales, en cada capítulo intentamos hacer más fácil el entendimiento a los conceptos que se imparten en la materia teórica, de esta manera podemos apoyar a la docencia encargada de impartir los conocimientos para la materia teórica y práctica de protecciones de sistemas eléctricos y de esta manera seccionamos el contenido que en el primer capítulo mostramos.

1.1 La teoría y sus aspectos fundamentales en los motores de inducción.

1.2 Circuito equivalente de un motor.

1.3 La naturaleza de las corrientes de arranque de un motor.

1.4 La importancia y descripción de los elementos que conforman el motor como el estator y el rotor, sus circuitos equivalentes para entender su funcionamiento del rotor y del motor de inducción.

1.5 Producción del campo magnético rotatorio.

1.6 Conexiones de un motor para hacer un cambio de sentido de giro en el motor.

1.7 Principio de funcionamiento.

1.8 El control eléctrico de los motores y su propósito haciendo mención de todas sus funciones desde el paro, la inversión de rotación, control de velocidad, seguridad del operador y la protección contra los daños que pueda sufrir el equipo.

1.9 También mencionamos los elementos básicos que lleva el control eléctrico de motores, así como los tipos de pulsadores, los contactores y sus partes como son: electroimanes,

bobinas, núcleo, armadura. Los interruptores termomagnéticos, su funcionamiento, guardamotors, transformadores de corriente, protecciones de voltaje tanto bajo como alto voltaje, relevadores, accesorios de montaje y su importancia, los distintos tipos de gabinetes y sus características.

- 1.10 También se menciona el propósito y los elementos de la protección que se ocuparon ya que todo sistema tanto en motores como en potencia requiere de un sistema de protecciones para cuidar nuestro sistema, estos son los temas que conforman el capítulo 1.

En el capítulo 2

2. Hacemos mención de la elaboración y diseño del módulo didáctico para el control de motores de inducción como título del capítulo número 2.
 - 2.1 Se hizo el diseño del módulo y sus componentes tanto en la ubicación de los elementos dentro del módulo como en su montaje sobre la placa aislante, el cableado de los componentes conforme al diagrama eléctrico del módulo, su distribución de todos los elementos que conforman nuestro módulo,
 - 2.2 Se generó una evaluación de lo que requiere nuestro módulo para poder seleccionar nuestros elementos necesarios para su completo funcionamiento,
 - 2.3 Se anexaron las hojas de datos de todos los elementos que se requirieron para la elaboración del módulo como el guardamotor, transformador de corriente, transformador reductor, contactor y el interruptor termomagnético esto para poder ver sus características y sus rangos de trabajo,
 - 2.4 Se elaboró el diagrama eléctrico con su simbología y su nomenclatura necesaria,
 - 2.5 Por último, se elaboró un presupuesto exacto del costo del módulo para tener una idea del dinero gastado en la elaboración del módulo.

En el capítulo 3 distribuimos los últimos temas de manera que se pueda conocer el módulo de manera práctica y se puedan realizar prácticas de laboratorio ya que tienen conocimiento práctico.

- 3 Se realizaron las pruebas de aceptación con el objetivo de visualizar los voltajes y validar la operación correcta del módulo, en algunos casos se pudieron ver en el osciloscopio.
 - 3.1 Se anexaron las características del motor con que se hicieron las pruebas y con el que funcionara para sus prácticas futuras,
 - 3.2 Realizamos las pruebas de bajo voltaje con una fuente variable del laboratorio 3, pérdida de fase con un equipo de inyección, secuencia de fase incorrecta, bajo voltaje monitoreando desde un osciloscopio, sobretensión en las terminales y hacemos mención de las pruebas que se pueden realizar en el módulo.

Todo esto para comprobar que cumple con su propósito que es proteger a los motores eléctricos tanto en funcionalidad como en calidad.

En la Conclusión, explicamos detalladamente nuestros comentarios acerca del módulo de protección después de seguir la teoría y comprobar el funcionamiento del equipo de manera práctica.

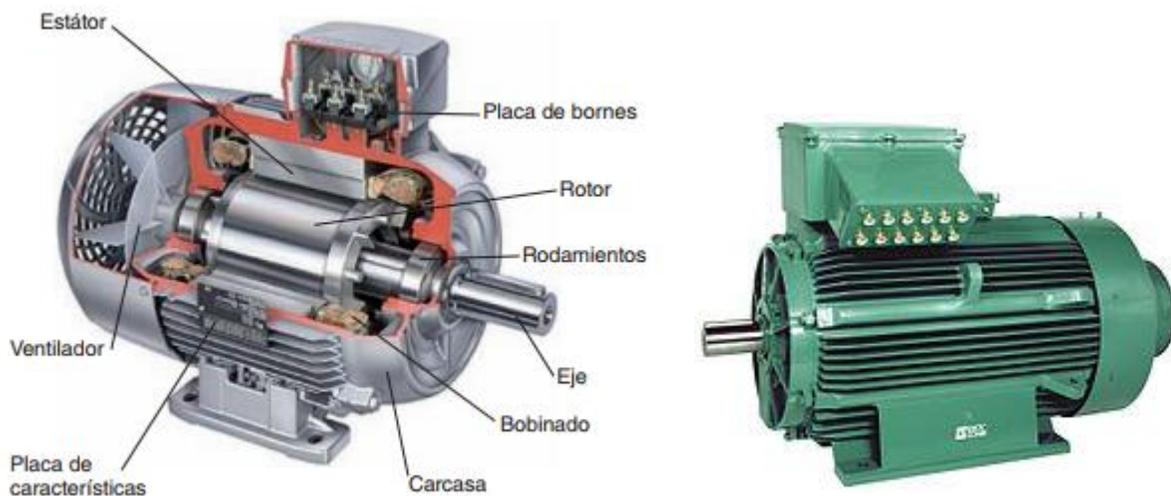
Las Referencias fueron conseguidas de libros e internet.

CAPÍTULO 1.

1.1 Motor de inducción.

El motor de inducción es un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica del rotor es necesaria para producir rotación, es generada por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estátor. Por lo tanto un motor de inducción no requiere una conmutación mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estátor al rotor, como en los motores universales, motores DC y motores grandes síncronos

El devanado del rotor, que conduce la corriente alterna que produce por inducción desde el devanado del estátor conectado directamente, consiste en conductores de cobre o a aluminio vaciados en el rotor de laminación de acero, se instalan anillos terminales de cortocircuito en ambos extremos de la jaula de ardilla o bien en uno de los extremos en el caso del rotor devanado. Como se muestra en la figura 1



Descripción de las partes de un motor figura 1

1.2 Circuito equivalente del motor de inducción.

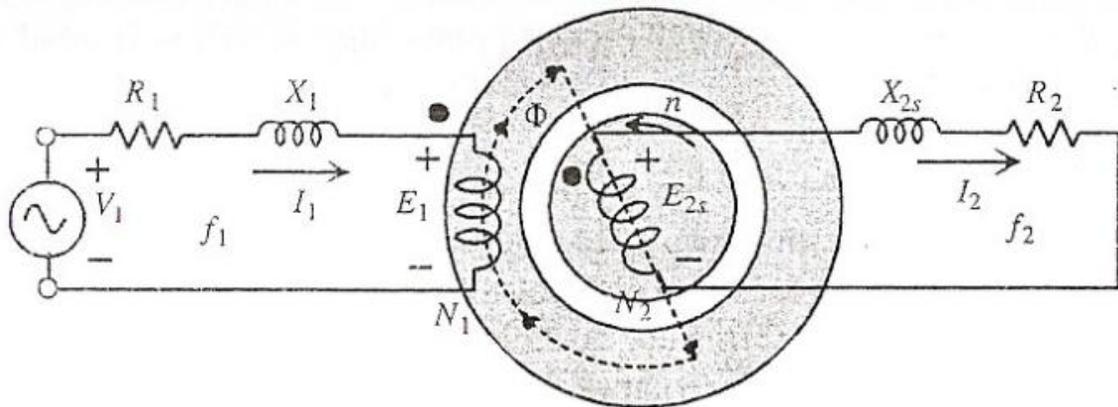
La importancia y valor del circuito equivalente del motor asíncrono es representar un sistema electromagnético complejo mediante en un circuito simple donde se agrupan los diferentes parámetros del motor en forma de resistencias e inductancias que modelan su comportamiento.

A pesar de que el circuito equivalente de una máquina de inducción es simple, permite el cálculo de un modo sencillo no sólo de las corrientes de fase y factor de potencia, sino también del par, potencia, pérdidas y rendimiento de la máquina con un grado de precisión sorprendente si los parámetros del circuito están calculados, o son

medidos, con la precisión adecuada al realizar el ensayo de vacío y el ensayo de cortocircuito.

A partir de este circuito equivalente podemos determinar la potencia electromagnética, la potencia absorbida, la corriente consumida, por electromagnético, etc. y la podemos representar para todos los estados de funcionamiento

Para el caso de las máquinas asíncronas (inducción) el circuito equivalente será similar al del transformador monofásico, con la diferencia de que para representar la potencia cedida (útil) conectamos una resistencia a la salida. La siguiente imagen muestra el circuito equivalente de un motor síncrono por fase.



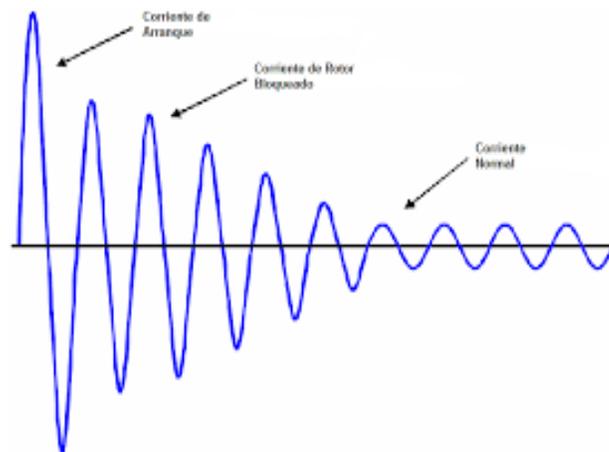
Circuito equivalente de un motor figura 2

1.3 Corriente de arranque de los motores

Típicamente, la corriente de arranque en motores de inducción trifásicos varía en el orden de 5 a 7 veces su corriente nominal. En algunas aplicaciones, este nivel de corriente de arranque puede provocar una significativa caída de tensión en la red de alimentación, interfiriendo en la operación de otros equipos, así como en el propio arranque del motor, pudiendo ocurrir, en casos extremos, el apagado del sistema de generación de energía.

El motor eléctrico tiene 2 comportamientos distintos, estos son: en El Arranque (Transitorio) y en el Estado Estable (Permanente). Claramente las características son diferentes. En el caso del primero, se debe tener claro que la energía total del sistema (Motor+Máquina) no puede variar bruscamente, ni es posible pasar de una forma de energía a otra instantáneamente. De esta forma, se define un Transitorio Eléctrico en un convertidor electromecánico cuando la energía varía rápida y temporalmente, y es sólo almacenada en sus campos magnéticos y eléctricos, conservándose constante la energía cinética (reflejada en la velocidad). Por otro lado, si la variación de energía incluye también una modificación temporal o permanente de la energía cinética se definirá entonces el fenómeno como de tipo electrodinámico, o más brevemente como un Transitorio Dinámico.

El proceso de poner en marcha el motor se conoce como el Arranque. Para que esto sea posible, es necesario que el par (Torque) de arranque sea superior al par resistente de la carga, de esta forma el motor acelera hasta la condición permanente. El tiempo que demora este proceso varía desde los Milisegundos hasta los Minutos, esto depende de la dinámica de la carga. El proceso de arranque se acompaña de un consumo de corriente muy elevado, que es el mayor durante la operación del motor. Lo anterior se debe a que en el momento del arranque, el campo magnético rotatorio empieza a girar a la velocidad sincrónica, y el rotor aún está detenido, y es el momento de mayor tensión inducida en las barras del rotor. Además, la resistencia de carga es el valor más bajo, prácticamente es un corto circuito, ya que el Deslizamiento tiene un valor de 1. Con estas dos condiciones se produce la corriente elevada de arranque.



3 tipos de corriente; figura 3.

Hay distintos tipos de arranque, por ejemplo:

- Arranque estrella triangulo
- Arranque suave
- Arranque directo

1.4 Descripción y funcionamiento de cada una de las partes más importantes del motor

1.4.1 Estátor y rotor

El **estátor** es la parte fija de una máquina rotativa y uno de los dos elementos fundamentales para la transmisión de potencia (en el caso de motores eléctricos) , siendo el otro su contraparte móvil, el rotor. El término aplica principalmente a la construcción de máquinas eléctricas y dependiendo de la configuración de la máquina, el estátor puede ser:

- El alojamiento del circuito magnético del campo en las máquinas de corriente continua. en este caso, el estátor interactúa con la armadura móvil para producir par motor en el eje de la máquina. Su construcción puede ser de imán permanente o de electroimán, en cuyo caso la bobina que lo energiza se denomina devanado de campo.
- El alojamiento del circuito de armadura en las máquinas de corriente alterna. En este caso, el estátor interactúa con el campo rotante para producir el par motor y su construcción consiste en una estructura hueca con simetría cilíndrica, hecha de láminas de magnético apiladas, para así reducir las pérdidas debidas a la histéresis y las corrientes de Foucault.

El **rotor** está formado por un eje que soporta un juego de bobinas arrolladas sobre un núcleo magnético que gira dentro de un campo magnético creado bien por un imán o por el paso por otro juego de bobinas, arrolladas sobre unas piezas polares, que permanecen estáticas y que constituyen lo que se denomina estátor de una corriente continua o alterna, dependiendo del tipo de máquina de que se trate.

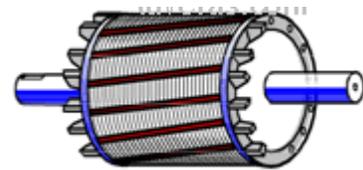


Estator y rotor del motor eléctrico; figura 4.

El devanado del rotor forma un circuito cerrado por el que circulan corrientes inducidas por el campo magnético. El rotor puede ser de dos tipos: de jaula de ardilla o en cortocircuito y de rotor bobinado o con anillos

- **Devanado jaula de ardilla**

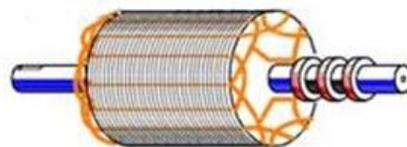
Una jaula de ardilla es un devanado formado por unas barras alojadas en las ranuras del rotor que quedan unidas entre sí por sus dos extremos mediante sendos aros o anillos de cortocircuito. El número de fases de este devanado depende de su número de barras. Muchas veces estos anillos poseen unas aletas que facilitan la evacuación del calor que se genera en la jaula durante el funcionamiento de la máquina se puede observar en la figura 3.1.



Rotor jaula de ardilla; Figura 5.

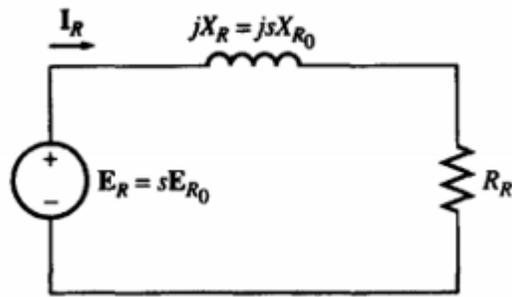
- **El rotor bobinado**

El rotor bobinado tiene un devanado trifásico normal cuyas fases se conectan al exterior a través de un colector de tres anillos y sus correspondientes escobillas. En funcionamiento normal estos tres anillos están cortocircuitados (unidos entre sí) como se observa en a figura 3.2.



Rotor bobinado; Figura 6.

1.4.2 El circuito equivalente del rotor.



Circuito modelo del rotor; figura 7.

Donde:

E_{R0} voltaje del rotor y frecuencia

X_{R0} Reactancia del rotor

S Es el deslizamiento

X_R Reactancia del rotor

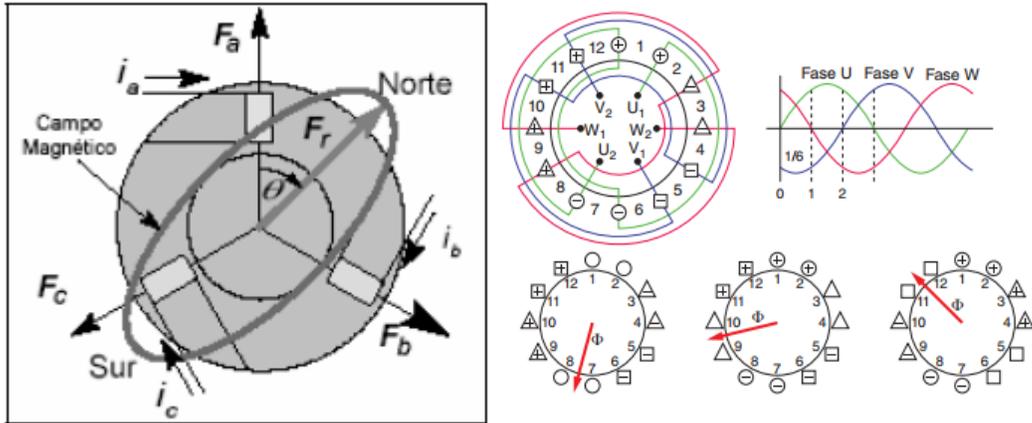
R_R Resistencia

I_R Corriente del rotor

1.5 Producción del campo magnético rotatorio.

Debido a que el sistema eléctrico industrial ocupa alimentación trifásica, la máquina de inducción se construye de tres devanados distribuidos y desfasados especialmente en 120° .

En cada una de sus tres bobinas desfasadas específicamente, se inyecta corriente alterna en senoidal desfasadas en el tiempo 120° una de las otras esto hace que cada bobina genere un campo magnético estático en el espacio, La amplitud de este campo se encuentra en la dirección del eje magnético de la bobina y varía senoidalmente en el tiempo esto hace que los campos inducidos por la combinación de las 3 corrientes que circulan por las 3 bobinas esto produce un campo magnético distribuido senoidalmente, que rota a la velocidad de variación de cada corriente en el tiempo es por esta razón por la cual se genera un campo magnético, Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday



Distribución senoidal del campo magnético rotatorio; figura 8.

Ya que el intervalo de tiempo de la variación senoidal de la corriente alterna es el mismo en los conductores, la velocidad del campo magnético rotatorio (S) varía directamente con la frecuencia utilizada (f), pero inversamente con el número de polos (P).

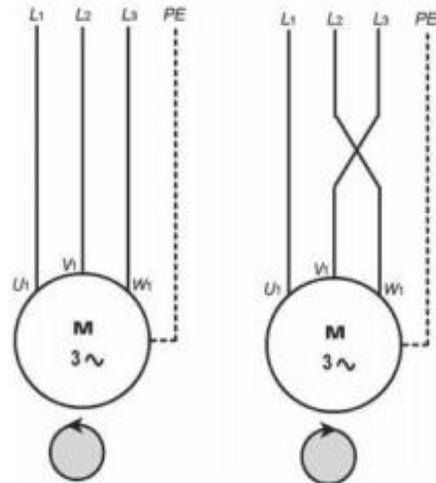
$$S = 120f / P = 120f / 2n$$

Ya que el número de polos solo depende de n ósea el devanado que se emplee, la velocidad es en realidad una función de la frecuencia

1.6 Cambio del sentido del giro del motor de inducción

Inversión de Giro Para realizar el cambio de giro en un motor trifásico se deben invertir dos fases, como lo muestra.

Al cambiar dos fases se modifica el orden de cuál cada fase llega a su máximo positivo. El de la izquierda llega en orden: U-V-W, con sentido de giro con reloj (CW por sus siglas en inglés). A la derecha el orden cambia a U-W-V en alcanzar el máximo positivo. Así el motor cambia de sentido.



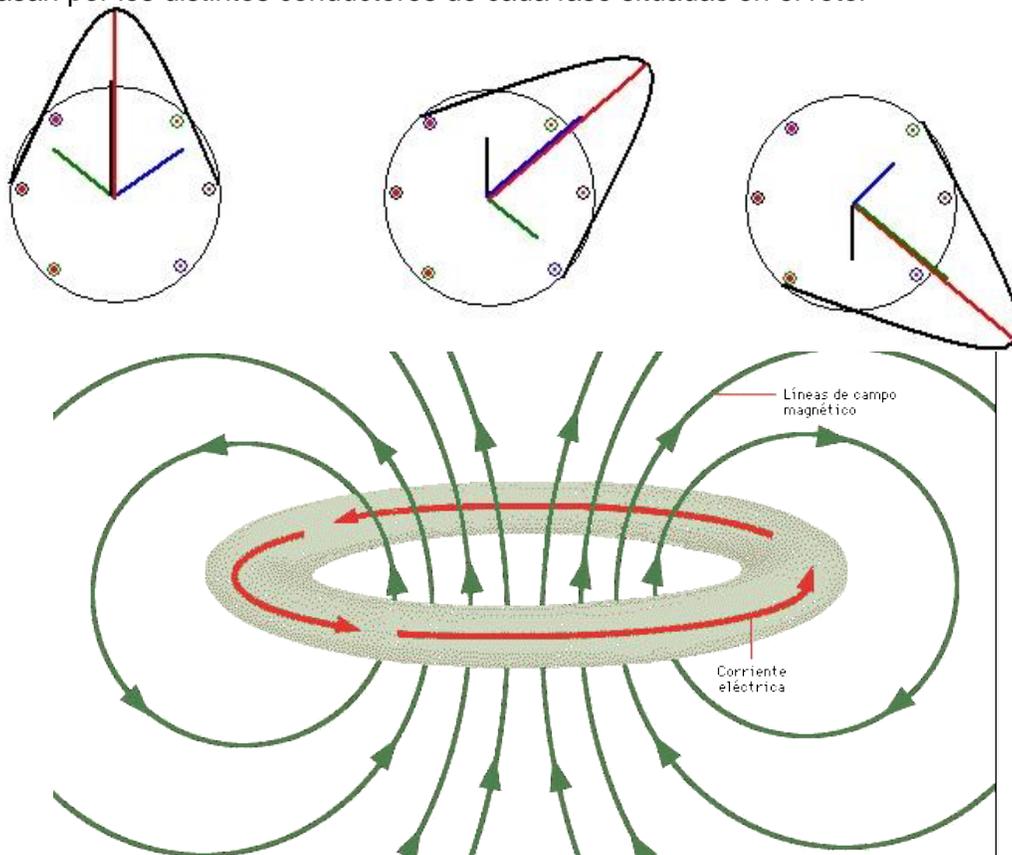
Conexión para invertir el sentido de giro; Figura 9.

1.7 principio de funcionamiento

Funcionamiento del motor eléctrico de inducción se basa básicamente en la acción del flujo magnético generado en el circuito de las corrientes inducidas por dicho flujo en el circuito del rotor, el flujo giratorio creado por el embobinado estático corta los conductores del rotor, por lo que se generan fuerzas electromotrices inducidas. Suponiendo cerrado el bobinado rotatorio, es de entender que sus conductores serán recorridos por corrientes eléctricas. La acción mutua del flujo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor crean fuerzas electrodinámicas sobre los propios conductores que hacen girar al rotor (ley de Lenz).

La velocidad de rotación del rotor en los motores de inducción es siempre inferior a la velocidad de sincronismo (velocidad del flujo giratorio). Para que se genere una fuerza en los conductores del rotor debe existir un movimiento de relativo entre los conductores y el flujo giratorio. A diferencia entre la velocidad de flujo giratorio y del rotor se llama deslizamiento. Como se explica en los puntos anteriores, la velocidad de estos motores, según el principio de funcionamiento o la frecuencia industria aportada, tiene que ser una velocidad fija, algo menor que el sincronismo.

NOTA: El motor eléctrico de inducción basa su funcionamiento al campo magnético giratorio generado básicamente en el rotor que es inducido por las corrientes que pasan por los distintos conductores de cada fase situadas en el rotor



Comportamiento de líneas del campo magnético; figura 10.

1.8 control eléctrico de motores

El desarrollo de los motores eléctricos hasta nuestros días, ha sido notable gracias a los avances logrados en muchos campos de la ingeniería de máquinas eléctricas, básicamente es una herramienta que se utilizan para controlar la velocidad, el par y el suministro de potencia de los motores de corriente continua. El control de motores puede llevarse a cabo mediante tiristores y un conocimiento básico de electrónica de potencia.

La mayoría de motores utilizados en la industria se conectan directamente a las líneas de distribución eléctrica, y se alimentan con corriente alterna. Las terminales de los devanados del motor se conectan directamente a las líneas de suministro eléctrico, y sus características de operación se mantienen inalterables, al tener una tensión de entrada constante. El motor trabaja en condiciones nominales cuando se alimenta con la tensión indicada en la placa de operación, entregando potencia constante a la carga conectada en el eje.

El control de la energía eléctrica En este caso enfocado a los motores eléctricos de inducción, es básica cuando se usan maquinaria industrial y en este caso motores eléctricos. La electricidad industrial está relacionada en primer lugar con el control del equipo eléctrico industrial y sus procesos relacionados.

Cuando se trabaja con equipo industrial es necesario y fundamental, tener la habilidad para leer diagramas esquemáticos; aunque hay distintos tipos de diagramas relacionados con la protección y control de los motores.

El Control de Motores Eléctricos es un tema que ha adquirido gran importancia a partir de la automatización de los procesos industriales y de la incorporación cada vez más notoria de la electrónica y de la electrónica de potencia en el control de máquinas eléctricas.

Por último el control de motores como el nombre lo dice controla todo lo que tiene que ver con respecto a los motores y este control consta de varios propósitos para tener un mejor control y funcionamiento en nuestro control, como son, el arranque, la protección, el paro, seguridad del operador, y la inversión de la rotación como antes explicado. Para poder lograr el control de todas estas aplicaciones dependemos de distintos componentes básicos eléctricos como son: guardamotores, interruptores, transformadores de corrientes, protecciones delay etc.

1.8.1 propósitos del control de motores.

El **ARRANCADOR** es una parte fundamental que como su nombre lo dice arranca conectado directamente a la línea sin embargo la máquina se puede dañar si se arranca con esfuerzo repentino.

El arranque debe hacerse lenta y gradualmente, no solo para proteger la máquina, sino porque la oleada de corriente de la línea durante el arranque puede ser demasiado grande.

El **PARO** los controladores permiten el funcionamiento hasta la detención de los motores y también imprimen una acción de freno cuando se debe detener la máquina rápidamente. La parada es una acción vital y de las más importantes de controlador para casos de emergencias.

La **INVERSION DE ROTACION** se necesitan controladores para cambiar la dirección de rotación para las máquinas mediante el mando de un operador en una estación de control o conectado a un sistema de control programable. La inversión de los controladores es un proceso muy común en la industria

El **CONTROL DE VELOCIDAD** como antes explicado los controladores pueden mantener velocidades muy precisas para propósitos específicos de los procesos industriales y es distinto al cambio de velocidad de un motor

La **SEGURIDAD DEL OPERADOR** muchas salvaguardas han dado origen a métodos eléctricos. Los dispositivos piloto de control eléctrico afectan directamente a los controladores al proteger al operador de la quina contra condiciones inseguras

La **PROTECCIÓN CONTRA DAÑOS** una parte de la función de una máquina automática es protegerse así misma contra daños al igual que a los materiales manufacturados o elaborados. Esta función se implementa más que nada porque por lo regular los equipos a los que protege como su nombre lo dice son bastante caros es por eso que llevan una protección basada en las características y necesidades requeridas

Una de las protecciones más común es contra las **sobre cargas** en un motor eléctrico, es necesaria para evitar que el equipo se queme y para asegurar una duración y un tiempo de vida máxima. La sobre carga se puede originar muy fácilmente, al sobrecargarse la máquina impulsada por un voltaje bajo en línea, o a causa de una línea abierta en un sistema polifásica lo que da por resultado una operación monofásica, un motor toma una corriente excesiva que causa un sobrecalentamiento y como esta situación hay infinidad de causas por las que se puede generar una sobrecarga.



*Guardamotor trifásico Schneider electric;
Figura 11.*

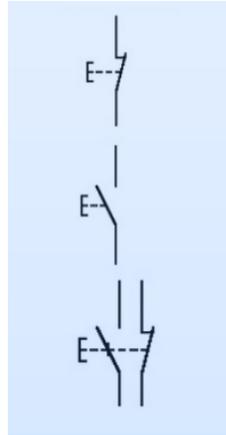
1.9 Elementos básicos en el control de motores

1.9.1 Pulsadores.

Los pulsadores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos para que pueda funcionar el circuito eléctrico

Hay tres tipos de pulsadores:

- pulsador de paro
- pulsador de marcha
- pulsador de doble cámara

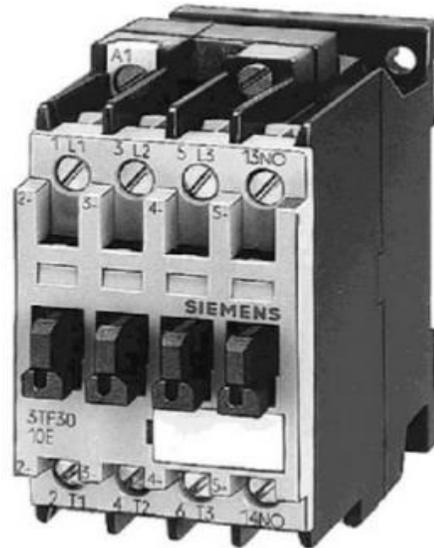


Posiciones del pulsador;
Figura 12.

1.9.2 Contactor.

Es un mecanismo cuya misión es de cerrar unos contactos para permitir el paso de la corriente a través de ellos en el centro de control de motores. Esto pasa cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

Constructivamente son similares a los relés, y ambos permiten controlar en forma manual o automática, ya sea localmente o a distancia toda clase de circuitos. Pero se diferencian por la misión que cumple cada uno: los relés controlan corrientes de bajo valor como las de circuitos de alarmas visuales o sonoras, alimentación de contactores, etc; los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación y fuerza motriz de elevada tensión y potencia.



Contactor trifásico; figura 13.

Partes

Carcasa

Es el soporte sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor. Es de un material no conductor, posee rigidez y soporta el calor no extremo. Además, es la presentación visual del contactor.

Electroimán

Es el elemento motor del contactor. Está compuesto por una serie de dispositivos. Los más importantes son el circuito magnético y la bobina. Su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

Bobina

Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles, que a modo de resortes separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente. Cuando una bobina se alimenta con corriente alterna, la intensidad que absorbe (denominada corriente de llamada) es relativamente elevada, debido a que el circuito solo tiene la resistencia del conductor.

Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura y vencer la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que el circuito magnético se cierra, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce, obteniendo así una corriente de mantenimiento o de trabajo más baja.

Se hace referencia a las bobinas de la siguiente forma: A1 y A2.

Núcleo

Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Armadura

Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada.

Las características del muelle permiten que tanto el cierre como la apertura del circuito magnético se realicen muy rápido, alrededor de unos 10 milisegundos.

1.9.3 Interruptor termomagnético.

El interruptor termomagnético su misión es proteger a la instalación y al motor abriendo el circuito en los siguientes casos. -Cortocircuito: en cualquier punto del circuito, -Sobrecarga: cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que esta calibrada el magnetotérmico.

El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

No se debe confundir con un interruptor diferencial o disyuntor.

Al igual que los fusibles, los interruptores magnetotérmicos protegen la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos.



*Interruptor termomagnético trifásico;
Figura 14.*

Funcionamiento.

Al circular la corriente por el electroimán, crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado (M), tiende a abrir el contacto C, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad I que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado.

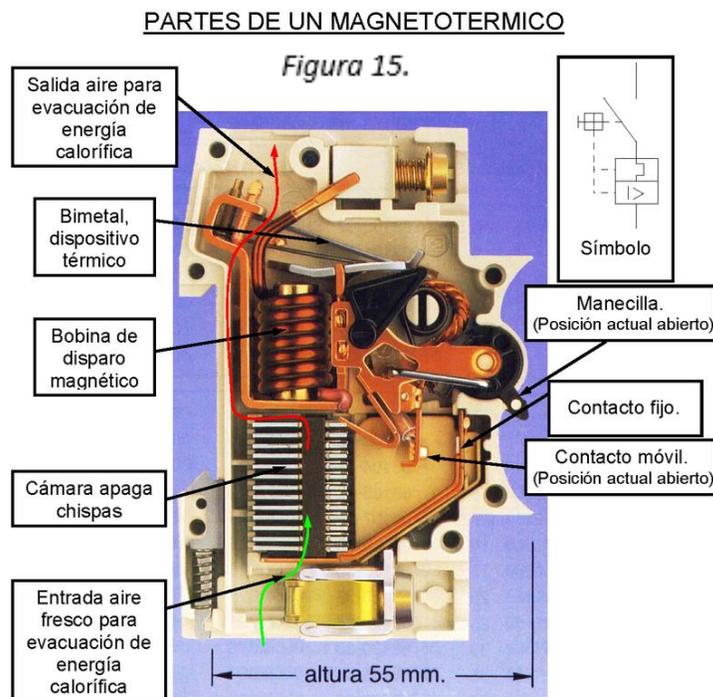
Este nivel de intervención suele estar comprendido entre tres y veinte veces (según la letra B, C, D, etc.) la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción.

Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica (representada en rojo) que, al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y pasa a la posición señalada en línea de trazos lo que, mediante el correspondiente dispositivo mecánico (M), provoca la apertura del contacto C.

Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

Las características que definen un interruptor termomagnético son el amperaje, el número de polos, el poder de corte y el tipo de curva de disparo (B, C, D, MA). (por ejemplo, Interruptor termomagnético C-16A-IV 4,5kA, que necesita unos 10x16A -entre 5 y 10 veces el amperaje indicado- para saltar en menos de un segundo y proteger el circuito



1.9.4 Guardamotor.

El guardamotor actúa como un interruptor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este diseño especial proporciona al dispositivo una curva de disparo que lo hace más robusto frente a las sobre intensidades transitorias típicas de los arranques de los motores. El disparo magnético es equivalente al de otros interruptores automáticos pero el disparo térmico se produce con una intensidad y tiempo mayores. Su curva característica se denomina D o K.

Las características principales de los guardamotors, al igual que de otros interruptores automáticos magnetotérmicos, son la capacidad de ruptura, la intensidad nominal o calibre y la curva de disparo. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.



Guardamotor Marca ABB; Figura 16.

Pero contrariamente a lo que ocurre con los pequeños interruptores automáticos magnetotérmicos, los guardamotors son regulables; resultado de lo cual se dispone en una sola unidad de las funciones que de otra manera exigirían por ejemplo la instalación de al menos tres unidades a saber: interruptor, Contactor y relé.

Características principales:

Protección del Circuito Eléctrico + Maniobra y Protección del Motor

1.9.5 Transformador de corriente (TC's).

El transformador de corriente se utiliza en el consultorio para medir la corriente sin interrupción del conductor. La medición de corriente con ayuda del transformador de corriente es por tanto muy segura. El transformador de corriente utiliza el campo magnético natural para determinar la corriente del conductor. La corriente medible va desde unos pocos mA hasta varios miles de amperios. De esta manera no es problema medir con exactitud y sobre todo con seguridad corrientes de proceso en un rango de 1 mA hasta 20 mA y también corrientes mayores de hasta 10.000 A.

El transformador de corriente se divide en diferentes grupos: Transformador de corriente sencillo para corriente alterna, pinza de corriente para corriente alterna y pinza de corriente para corriente alterna y continua. El transformador de corriente se puede conectar a diferentes aparatos. De esta manera es posible conectar las pinzas de corriente con conexión BNC a un osciloscopio e indiquen sin problema la corriente en la pantalla. Así mismo es posible adaptar todos los transformadores de corriente a un multímetro.



*Transformador de corriente;
Figura 17.*

1.9.6 Protección de sobre-voltaje y bajo-voltaje.

Un protector de sobretensión también llamados protectores eléctricos (o supresor de tensión) es un dispositivo diseñado para proteger dispositivos eléctricos de picos de tensión ya que gestionan o administran la energía eléctrica de un dispositivo electrónico conectado a este. Un protector de sobretensión intenta regular el voltaje que se aplica a un dispositivo eléctrico bloqueando o enviando a tierra voltajes superiores a un umbral seguro.

La protección contra sobretensiones permanentes requiere de un sistema distinto que en las sobretensiones transitorias. En vez de derivar a tierra para evitar el exceso de tensión, es necesario desconectar la instalación de la red eléctrica para evitar que llegue la sobretensión a los equipos. El uso de protectores es indispensable en áreas donde se dan fluctuaciones de valor de tensión de la red.

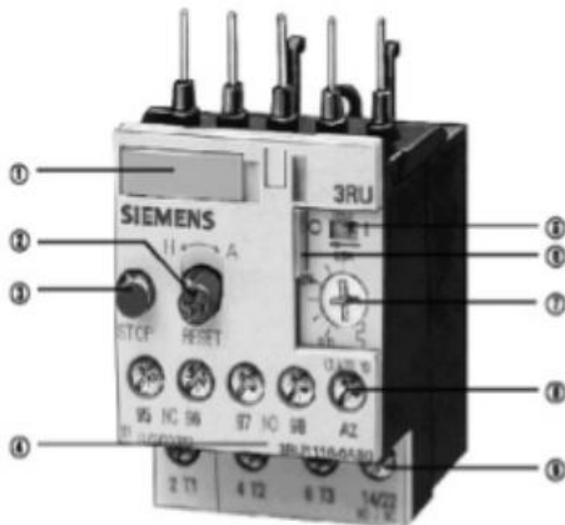


Rele de monitoreo; Figura 18.

1.9.7 Relevador de sobrecarga.

Es un mecanismo que sirve como elemento de protección del motor su misión consiste en desconectar el circuito, cuando la intensidad consumida por el motor, supera en un tiempo corto a la permitida por este evitando que el devanado se quemara

Aspecto físico:



Partes de que está compuesto:

- ① Plaquita de características
- ② Conmutador selector RESET manual/automático
- ③ Tecla STOP
- ④ N° de pedido completo en el frontal del aparato
- ⑤ Indicación del estado de conexión y función de prueba TEST
- ⑥ Cubierta transparente precintable (para proteger el tornillo de ajuste de la intensidad, la función TEST y el posicionamiento de RESET manual/automático)
- ⑦ Tornillo de ajuste de la intensidad
- ⑧ Borne de repetición de bobina (con montaje a contactor)
- ⑨ Borne de repetición de contactos auxiliares (con montaje a contactor)

Figura 19.

1.9.8 Accesorios de Montaje.

Para realizar el montaje completo de un módulo didáctico de un control de motores de inducción es necesario una serie de accesorios y para el montaje de dichos componentes se necesitan rieles y bornas para poder hacer las conexiones y los puentes necesarios estos dos componentes son indispensables para ensamblar nuestro módulo.

En el caso del módulo se ocuparon bornas de fase pero, hay distintos tipos de bornas, la diferencia que marcan las bornas son sus características, tamaños, formas y su capacidad conductiva la cual es la más importante ya que todo depende del voltaje y corriente que se ocupe

Estos dispositivos son para facilitar las conexiones y arreglos en los cuales es muy complicado cerrar circuitos, nos ayudan también para puentear los circuitos de una sección a otra como en el caso de las subestaciones, las bornas de fase que se ocuparon en el módulo cuentan con algunas normas como lo marca la NOM-001-SEDE- 212 y una de ellas es la cantidad máxima de conductores (cable) que se puedan conectar de cada lado de la borna por ese motivo ocupamos 6 bornas de fase para nuestro módulo.

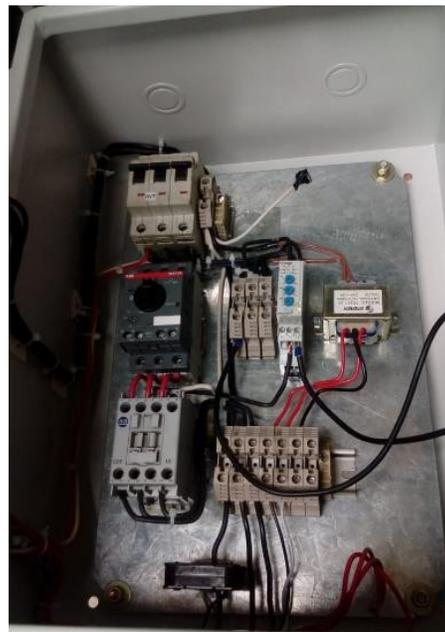


Bornes de montaje; Figura 20..

1.9.9 Gabinete

Los gabinetes eléctricos consisten en una serie de paneles ubicados en la parte delantera y trasera del tablero que cuenta con los siguientes elementos:

- Barrajes
- Breakers
- Elementos de conexión
- Elementos de medición
- Transformadores
- Elementos de monitoreo
- Relevadores



Elementos del gabinete; figura 21

Los tableros de distribución tienen la posibilidad de hacer sus montajes de conexión tanto en la parte delantera como la trasera como lo había mencionado antes, no siempre es necesario ubicar las conexiones dentro del gabinete, aunque sería lo más recomendable para evitar factores tales como la humedad, la manipulación de personas no autorizadas, polvo, etc.

Los tableros de distribución consisten en paneles sencillos o conjuntos de paneles diseñados para ser ensamblados en forma de un sólo panel que incluye: barrajes, elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y que pueden estar equipados con interruptores para accionamiento

de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza. Los tableros de distribución son diseñados para instalación en gabinetes o cajas o montados sobre la pared y son accesibles solo por su frente.

Los tableros de distribución deben estar ubicados en lugares tales como y con las siguientes condiciones:

El gabinete debe estar colocado o equipado de modo que eviten que el agua o la humedad entren y se acumulen dentro del gabinete, y debe ir montado de modo que quede por lo menos 6.5 milímetros de espacio libre entre la envolvente y la pared u otra superficie de soporte. Los gabinetes instalados en lugares mojados deben ser a prueba de intemperie. Se deben usar accesorios aprobados para lugares mojados o canalizaciones de los cables que entran por encima del nivel de partes vivas no aisladas.

La instalación del gabinete se permite instalar envolventes no metálicas sin espacio libre cuando estén sobre una pared de concreto, ladrillo, azulejo o similar como lo marca en la NOM-001-SEDE-2012 Véase en el apartado 300-6 con respecto a la protección contra la corrosión. Los gabinetes deben tener espacio suficiente para que quepan holgadamente todos los conductores y elementos instalados en ellos al igual que en los espacios laterales deben de cumplir con una separación dentro de los gabinetes el cual sea suficiente para que la distribución de cableado en el interior, y para una separación entre las partes metálicas de los dispositivos y de los elementos montados dentro de ellos.

La construcción y material de los gabinetes deben cumplir especificaciones como la de la resistencia mecánica el cual requiere que los gabinetes tengan una resistencia y rigidez para el uso previsto, aunque hay gabinetes no metálicos los cuales para poder ocuparlos necesitan ser probados con distintos tipos de pruebas antes de ser instalados.

El montaje de los gabinetes debe ser en lugares que no sean puntos de soporte, debe haber un espacio libre de mínimo 1.6 milímetros entre la base del dispositivo y la pared de cualquier gabinete metálico. Las puertas deben existir en un espacio libre mínimo de 2,5 centímetros entre cualquier Parte metálica, cuando la puerta está recubierta de algún material aislante aprobado, ósea de metal con un espesor no menor de 2.5 milímetros sin recubrimiento.



Gabinete; Figura 22.

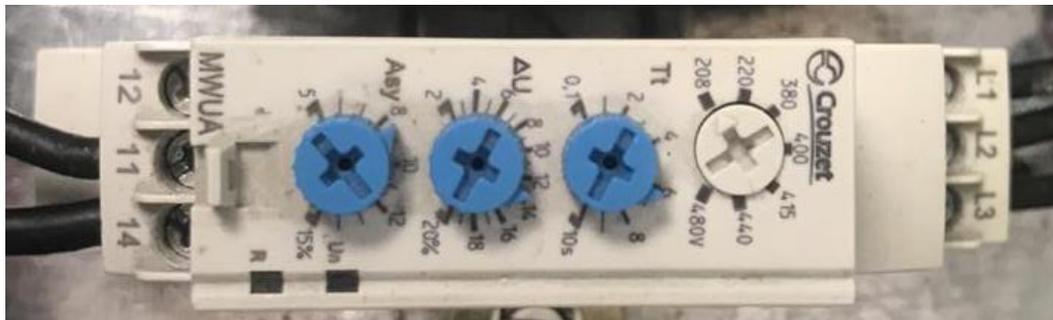
1.10 Propósito y elementos de las protecciones.

El propósito de las protecciones como su nombre lo dice es para proteger los equipos eléctricos, para este caso Los Sistemas de Protección se utilizan en nuestro sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla que podría iniciarse de manera simple y después extenderse sin control en forma encadenada. Los sistemas de protección deben aislar la parte donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un incendio, minimizar el peligro para las personas, minimizar el riesgo de daños de equipos eléctricos y con ello pérdidas significativas, ya que los equipos de un sistema eléctrico son muy costosos es por eso la importancia de las protecciones.

Los elementos de protección que en este caso ocupamos fue una protección que actúa en un bajo voltaje por medio de una relevador que al detectar un bajo voltaje actúa la bobina y abre el circuito para impedir el paso de voltaje en un tiempo determinado, el tiempo determinado se efectúa por medio de un dial, el dial se configura dependiendo el estudio de coordinación del sistema eléctrico de potencia, este estudio nos permite saber el tiempo que tenemos para proteger nuestro sistema antes de causar algún daño o accidente y al voltaje o amperaje que nuestro sistema puede soportar.

También nuestra protección actúa al detectar un cortocircuito, sobrecarga o pérdida de fase, estos casos son muy comunes ya que al hacer alguna practica se puede desconectar alguna fase o pueden hacer una mala conexión y se propague una sobre carga o en el peor de los casos un corto circuito y haga que la corriente suba de manera muy rápida y antes de llegar a causar un daño a nuestro sistema eléctrico o a nuestro motor el sistema de protección actúa.

En pocas palabras nuestro propósito de ocupar elementos de protección es prevenir un daño a nuestros equipos y al operario del módulo.



Elemento de protección;

Figura 23.

CAPÍTULO 2

2. CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DEL MÓDULO DIDÁCTICO PARA CONTROL Y PROTECCIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN

2.1 Diseño del módulo didáctico con todos los componentes.



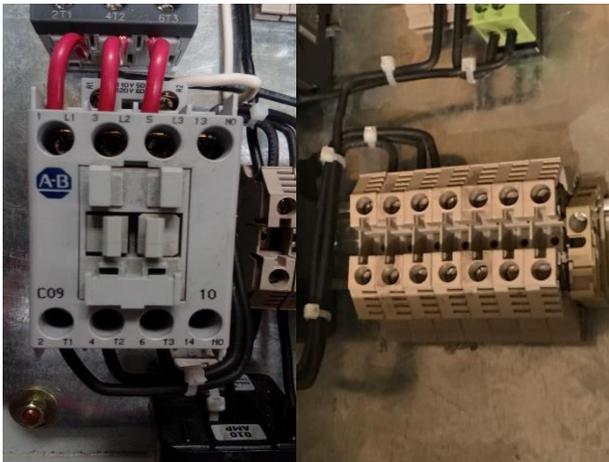
El gabinete donde se alojan los componentes del módulo está construido con una lámina y color especial como lo marca en la norma ANSI C37 -20.2.1.3.4, IEC 603664, para la seguridad del operador al tratarse de un voltaje BT.

Carcaza del modulo; Figura 24.



El módulo contiene en el interior una lamina totalmente aislada del chasis del módulo que funciona como un aislante para que no este haciendo contacto con el chasis del módulo y evitar que la carcaza se pueda energizar.

Placa Aislante; figura 25.



Los componentes se instalaron sobre la placa al fijar los rieles con una tornibroca y quedaran totalmente fijo el riel y los componentes se pudieran extraer por cualquier fallo, modificación, mejora o mantenimiento del equipo.

*Componentes montados en la placa;
Figura 26.*

Los componentes se instalaron con forme al plano eléctrico (diagrama trifilar) que se menciona antes, todos los dispositivos eléctricos se conectaron con un cable awg 12 despues de hacer un calculo de selección del conductor debido a nuestras necesidades.



*Montaje respecto al plano;
Figura 27.*



Los componentes se instalaron de forma estrategica y de acuerdo a nuestras necesidades, al ubicarlos y colocarlos se busco la manera de acomodarlos de tal manera que el espacio fuera reducido y seguro para no ocupar un gabineta más grande y la conexión fuera más simple y dejando espacios alrededor de la placa aislante por si en el futuro se añade algun componente.

*Montaje de los componentes;
Figura 28.*

La instalación del cable se adirio alrededor del módulo esto para que todos los cables queden aislados del los componentes y para un trabajo más limpio y profesional al igual que ocupamos el codigo de colores como lo marca la NOM-001-SEDE-2012 para el cableado del módulo.



Instalación del cableado; figura 29.

El módulo cuenta con unas entradas de voltaje con las que se energiza nuestro módulo el cual vienen de nuestra fuente de energía y una salida de voltaje que van al motor para alimentarlo, por otro lado tenemos otras salidas de voltaje y de corriente para poder conectarse a un osciloscopio y poder observar su comportamiento del voltaje y de la corriente.

Cuenta con una llave especial para cuando este energizado no haya ningún peligro para el operador cuando esta des-energizado se puede abrir para poder observar la conexión por dentro y el principio de funcionamiento o para cualquier mantenimiento del equipo.



Descripción del módulo; figura 30.



*Cableado en la puerta;
Figura 31.*

El cableado se instaló en la puerta del módulo sin causar ningún inconveniente en el abrir o cerrar de la puerta,

El diseño del módulo nos permite poder instalar en la puerta la entrada y salida de voltaje al igual que la salida hacia el motor y las salidas hacia el osciloscopio también las entradas y salidas del módulo están pensadas en un futuro poder instalar un relevador el cual se pueda hacer pruebas de disparo y mejorar el diseño del módulo de protección, con algunas mejoras y añadiendo otros dispositivos para hacerlo multifuncional y se permita observar sus distintos usos.

El gasket se ocupa en la puerta ya que sirve para que no le entre agua y mucho menos polvo, actúa como un empaque protector y como amortiguador para la puerta y no se deforme por cualquier cierre brusco o golpe.



Instalación del gasket; figura 32.

2.2 Evaluación y selección de los elementos.

Para poder armar nuestro módulo con las características que requerimos para nuestro laboratorio y para las prácticas que se realizarán en un futuro hicimos un proceso de evaluación y selección de los equipos que implica ver las características de cada elemento, que su precio estuviera dentro del presupuesto, su amperaje fuera el requerido y por último su marca ya que necesitamos elementos de calidad,

A la hora de escoger nuestro interruptor seleccionamos 3 opciones de las cuales escogimos 1, uno de la marca ABB otro de la marca SCHNEIDER y por último EATON los cuales cumplían distintas características, Seleccionamos el interruptor de la Marca ABB ya que cumple con el amperaje y su precio entra en nuestro presupuesto, sus características son las siguientes:



*Marca EATON
figura 33.*

Voltaje Nominal	400 v
Corriente nominal	62 A
Número de polos	3 P
Precio	\$1,124.00
Frecuencia	50-60 Hz



Marca ABB; Figura 34

Voltaje Nominal	400 v
Corriente nominal	32 A
Número de polos	3 P
Pecio	\$590.00
Frecuencia	50-60 Hz



Marca SCHNEIDER; Figura 35.

Voltaje Nominal	400 v
Corriente nominal	40 A
Número de polos	3 P
Pecio	\$1,150.00
Frecuencia	50-60 Hz

En cuestión de nuestra protección tuvimos 2 opciones, una de la marca MWUA y otro de la marca CHTCC, en la protección nos basamos en el tiempo de disparo que tuvieran más ajustes en los diales, es por eso que seleccionamos el de la marca MWUA ya que se ajusta a nuestro estudio de protección.



Marca CHTCC; Figura 36.

Voltaje Nominal	250 v
Corriente de ruptura	4 A
Tiempo de disparo	0.1 s – 10 s
Pecio	\$1,299.00
Frecuencia	50-60 Hz



Marca MWUA; Figura 37.

Voltaje Nominal	480 v
Corriente de ruptura	5 A
Tiempo de disparo	0.1 s – 10 s
Pecio	\$1,800.00
Frecuencia	50-60 Hz

En nuestro guardamotor tuvimos 2 opciones de la marca ABB y STECK las cuales las dos cumplían con las características en este caso seleccionamos el de la marca ABB por la calidad de los equipos y la seguridad de su correcto funcionamiento.



Marca STECK; Figura 38.

Voltaje Nominal	690 v
Corriente de operación	13- 18A
Modelo	SL2-25-80
Pecio	\$2,800.00
Frecuencia	50-60 Hz



Marca ABB; Figura 39.

Voltaje Nominal	690 v
Corriente de operación	10- 16 A
Modelo	MS116
Pecio	\$1,273.00
Frecuencia	50-60 Hz

Para seleccionar nuestro contactor escogimos el de la marca Allen Bradley por que cumple con las necesidades y funcionamiento del módulo, cumple con el número de contactos para poder modificarse en un futuro y poder implementar más elementos eléctricos y cumpla con un número de funciones más amplio, de igual manera seleccionamos un transformador de corriente y un transformador reductor basándonos



Voltaje Nominal	230 v
Corriente de operación	32 A
Modelo	100-C09
Pecio	\$750.00
Frecuencia	50-60 Hz
potencia	5 H.P
contactos	Normalmente abierto

Marca ALLEN BRADLEY; Figura 40.

En la selección del TC (transformador de corriente) de baja tensión nos basamos en que tenga una relación de transformación de 50A/0.333V, y elegimos el de la marca MAGNELAB ya que por su tamaño cumple con nuestras necesidades ya que necesitamos un TC pequeño pero un con un alto rango de amperaje y ya que sus características físicas son pequeñas cumple con el espacio proporcionado en nuestro módulo.



Máximo voltaje	600V
Corriente nominal	200 A
Modelo	SCT-0750
Pecio	\$1,600.00
Frecuencia	30 – 1000HZ
Salida de voltaje	0.333 V

Marca MAGNELAB; Figura 41.

Nuestro módulo necesita un transformador reductor para que podamos monitorear nuestro voltaje de salida que nos proporciona el módulo, necesitamos un transformador con una relación de sus devanados de 127V/12V aparte cuenta con otro TAP para cambiar nuestro voltaje de salida a 24V es por eso que

seleccionamos el transformador de la marca STEREN del modelo TR24-1.2A. y su precio entra en nuestro presupuesto.



Máximo voltaje	127 V
Corriente nominal	1.2 A
Modelo	TR24-1.2A
Pecio	\$160.00
Frecuencia	60 HZ
Salida de voltaje	24 V

Marca STEREN; Figura 42.

Para poder indicar que nuestro módulo está funcionando o en el caso de que actué nuestro módulo y se abra el circuito conectamos unas lámparas indicadores de precaución de color verde si esta energizado y una roja si el equipo esta fuera, estas lámparas las conectamos en la puerta de nuestro gabinete por seguridad del operario para que pueda identificar potencial o cero potencial, seleccionamos la lámpara piloto LED de 22mm de la marca SCHNEIDER por su forma física y su precio.



Voltaje de operación	110 V, 230V, 240V
Corriente nominal	18mA
Modelo	XB4BVM3EX
Pecio	\$85.00
Frecuencia	60 HZ
Potencia Máxima	2.4W

Marca SCHNEIDER; Figura 43.

2.3 Hoja de Datos y características de los fabricantes de los componentes utilizados

> MWUA > Monitoring Relays > 3-Phase Monitoring Relays > Din Rail Mount 17.5 mm Multifunction

- > Control of 3-phase networks : phase sequence, phase failure, imbalance (asymmetry), over and undervoltage (MWU)
- > Range includes mono-function product and multi-function product
- > Multi-voltage from 3 x 208 to 3 x 480 V
- > Controls its own supply voltage
- > True RMS measurement
- > LED status indication



Specifications			
Functions	Nominal voltage (V)	Output	Code
Phase sequence, phase failure, imbalance (asymmetry), over and undervoltage in window mode	3 x 208 → 3 x 480 V AC	1 single pole changeover relay	84873025

Power supply	
Supply voltage Un	3 x 208 → 3 x 480 V AC *
Voltage supply tolerance	-12% / +10%
Operating range	183 → 528 V AC
AC supply voltage frequency	50 / 60 Hz ± 10%
Galvanic isolation of power supply/measurement	No
Power consumption at Un	22 VA in 400 VAC, 50 Hz
Immunity from micro power cuts	10 ms

Inputs and measuring circuit	
Measurement ranges	183 → 528 V AC
Selection of phase-phase nominal voltage Un	208 - 220 - 380 - 400 - 415 - 440 - 480 V
Frequency of measured signal	50 → 60 Hz ± 10%
Max. measuring cycle time	150 ms/True RMS measurement
Voltage threshold adjustment	2 → 20% of selected Un (-2 to -12% across the 3 x 208 V AC range / -2 to -17% across the 3 x 220 V AC range / 2 to 10% across the 3 x 480 V AC range)
Voltage threshold hysteresis	2% of fixed Un
Asymmetry threshold hysteresis	2% of fixed Un
Asymmetry threshold adjustment	5 to 15% of selected Un
Display precision	± 3% of the displayed value
Repetition accuracy with constant parameters	± 0,5%
Measuring error with voltage drift	< 1% across the whole range
Measuring error with temperature drift	< 0,05%/ °C
Maximum regeneration (phase failure)	70%

Time delays	
Delay on threshold crossing	0.1 to 10 s 0 +10%
Repetition accuracy with constant parameters	± 3%
Reset time	1500 ms
Delay on pick-up	≤ 650 ms
Alarm on delay time max.	< 200 ms
Outputs	
Type of output	1 single pole changeover relay
Type of contacts	No cadmium
Maximum breaking voltage	250 V AC/DC
Max. breaking current	5 A AC/DC
Min. breaking current	10 mA / 5 V DC
Electrical life (number of operations)	1 x 10 ⁶
Breaking capacity (resistive)	1250 VA AC
Maximum rate	360 operations/hour at full load
Operating categories acc. to IEC/EN 60947-5-1	AC 12, AC 13, AC 14, AC 15, DC 12, DC 13, DC 14
Mechanical life (operations)	30 x 10 ⁶
Insulation	
Nominal insulation voltage IEC/EN 60664-1	400 V
Insulation coordination (IEC/EN 60664-1)	Overvoltage category III : degree of pollution 3
Rated impulse withstand voltage (IEC/EN 60664-1)	4 kV (1,2 / 50 µs)
Dielectric strength (IEC/EN 60664-1)	2 kV AC 50 Hz 1 min
Insulation resistance (IEC/EN 60664-1)	> 500 MOhm(s) / 500 V DC
General characteristics	
Display power supply	Green LED
Display relay	Yellow LED - This LED flashes during the threshold delay
Casing	17,5 mm
Mounting	On 35 mm symmetrical DIN rail, IEC/EN 60715
Mounting position	All positions
Material : enclosure plastic type VO to UL94 standard	Incandescent wire test according to IEC 60695-2-11 & NF EN 60695-2-11
Protection (IEC/EN 60529)	Terminal block : IP20 Casing : IP30
Weight	80 g
Connecting capacity IEC/EN 60947-1	Rigid : 1 x 4 ² - 2 x 2.5 ² mm ² 1 x 11 AWG - 2 x 14 AWG Flexible with ferrules : 1 x 2.5 ² - 2 x 1.5 ² mm ² 1 x 14 AWG - 2 x 16 AWG
Max. tightening torques IEC/EN 60947-1	0,6 Nm →1 / 5,3 →8,8 Lbf.In
Operating temperature IEC/EN 60068-2	-20 →+50 °C
Storage temperature IEC/EN 60068-2	-40 →+70 °C
Humidity IEC/EN 60068-2-30	2 x 24 hr cycle 95% RH max. without condensation 55 °C
Vibrations according to IEC/EN60068-2-6	10 →150 Hz, A = 0.035 mm
Shocks IEC/EN 60068-2-6	5 g

Standards	
Product standard	IEC/EN 50178
Electromagnetic compatibility (EMC)	IEC/EN 61000-6-1, IEC/EN 61000-6-2, IEC/EN 61000-6-3, IEC/EN 61000-6-4
Certifications	CE, UL, CSA, GL
Conformity with environmental directives	RoHS
Comments	
	* 3-phase mains with earth

Dimensions	
MWG - MWA - MWU - MWUA	

Connections	
MWG - MWA - MWU - MWUA	

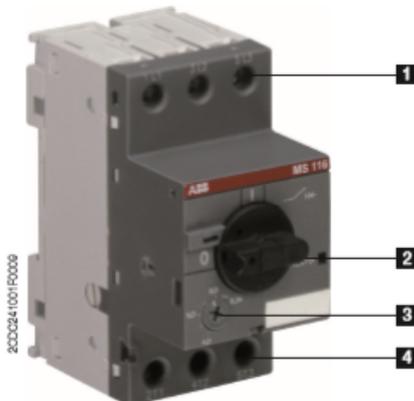
Manual motor starter MS116

Manual motor starters are electro-mechanical protection devices for the main circuit. They are used mainly to switch motors manually ON/OFF and protect them fuse less against short-circuit, overload and phase failures.

Fuse less protection with a manual motor starter saves costs, space and ensures a quick reaction under short-circuit condition, by switching off the motor within milliseconds. Fuse less starter combinations are setup together with contactors.



Functional description



- 1** Terminals 1L1, 3L2, 5L3
- 2** Test function
- 3** Current setting range
Adjustable current setting for overload protection
- 4** Terminals 2T1, 4T2, 6T3

Application

The manual motor starters protect the load and the installation against short-circuit and overload. They are three pole protection devices with thermal tripping elements for overload protection and electromagnetic tripping elements for short-circuit protection. Furthermore, they provide a disconnect function for safely isolation of the installation and the supply and can be used for the manual switching of loads.

The manual motor starters have a setting scale in amperes, which allows the direct adjusting of the device without any additional calculation. In compliance with international and national standards, the setting current is the rated current of the motor and not the tripping current (no tripping at $1.05 \times I$, tripping at $1.2 \times I$; I = setting current).

Description

- Overload protection – trip class 10A
- Phase loss sensitivity
- Disconnect function
- Temperature compensation from -25 ... +55 °C
- Adjustable current setting for overload protection
- Suitable for three- and single-phase application
- Trip-free mechanism
- Clear switch position indication ON/OFF

Approvals

-  cULus UL 508
-  CB scheme*
-  CCC*
-  GOST-R
-  GOST-F
-  ABS*
-  Lloyd's Register*
-  GL*
-  DNV*
-  RMRS*
-  Bureau Veritas*

Marks

 CE

* Note: the marked approvals are still pending for MS116-20...32

Order data

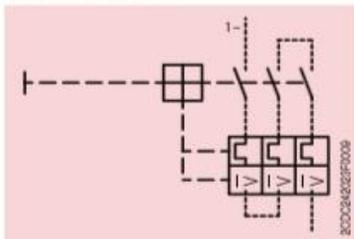
MS116 screw terminal



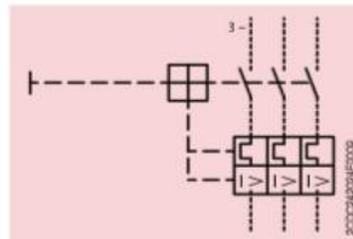
Setting range A	Type	Trip class	Order code	Pack- ing unit PCE	Weight per PCE kg
0.10...0.16	MS116-0.16	10A	1SAM250000R1001	1	0.225
0.16...0.25	MS116-0.25	10A	1SAM250000R1002	1	0.225
0.25...0.40	MS116-0.4	10A	1SAM250000R1003	1	0.225
0.40...0.63	MS116-0.63	10A	1SAM250000R1004	1	0.225
0.63...1.00	MS116-1.0	10A	1SAM250000R1005	1	0.225
1.00...1.60	MS116-1.6	10A	1SAM250000R1006	1	0.265
1.60...2.50	MS116-2.5	10A	1SAM250000R1007	1	0.265
2.50...4.00	MS116-4.0	10A	1SAM250000R1008	1	0.265
4.00...6.30	MS116-6.3	10A	1SAM250000R1009	1	0.265
6.30...10.0	MS116-10	10A	1SAM250000R1010	1	0.265
8.00...12.0	MS116-12	10A	1SAM250000R1012	1	0.265
10.0...16.0	MS116-16	10A	1SAM250000R1011	1	0.265
16.0...20.0	MS116-20	10A	1SAM350000R1013	1	0.310
20.0...25.0	MS116-25	10A	1SAM350000R1014	1	0.310
25.0...32.0	MS116-32	10A	1SAM350000R1015	1	0.310

Note: MS116 with pre-assembled auxiliary contact HKF1-11, please order as follow 1SAM250005Rxxxx

Operation mode

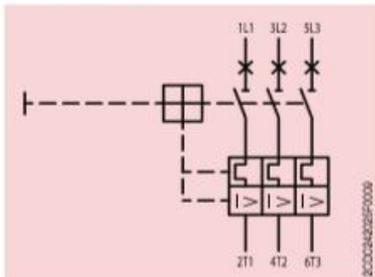


Single-phase operation



Three-phase operation

Wiring diagram

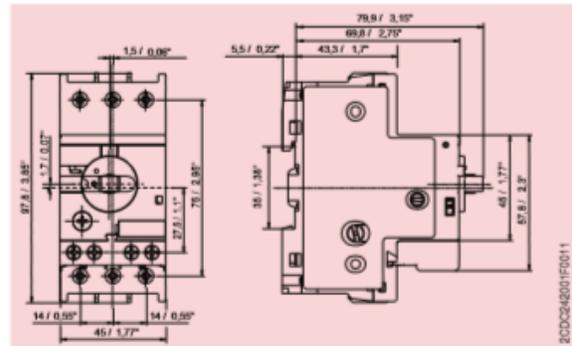
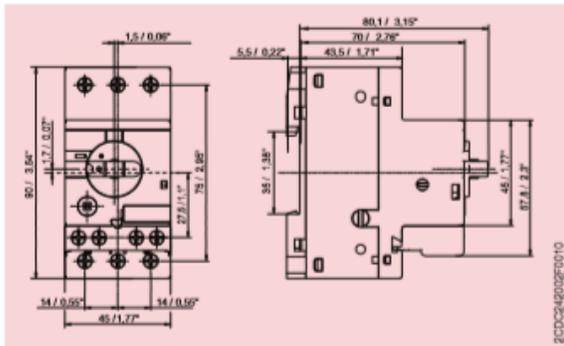


Resistance and power loss per pole

Type	Setting range		Resistance per pole Ω	Power loss per pole W	
	lower value A	upper value A		at lower value W	at upper value W
MS116-0.16	0.10	0.16	66.00	0.7	1.7
MS116-0.25	0.16	0.25	25.50	0.7	1.7
MS116-0.4	0.25	0.40	10.38	0.7	1.7
MS116-0.63	0.40	0.63	4.36	0.7	1.7
MS116-1.0	0.63	1.00	1.605	0.7	1.7
MS116-1.6	1.00	1.60	0.648	0.7	1.7
MS116-2.5	1.60	2.50	0.272	0.7	1.7
MS116-4.0	2.50	4.00	0.106	0.7	1.7
MS116-6.3	4.00	6.30	0.046	0.7	1.7
MS116-10	6.30	10.0	0.024	0.9	2.4
MS116-12	8.00	12.0	0.016	1.0	2.3
MS116-16	10.0	16.0	0.011	1.1	2.8
MS116-20	16.0	20.0	0.0057	1.5	2.3
MS116-25	20.0	25.0	0.0045	1.8	2.8
MS116-32	25.0	32.0	0.0030	1.9	3.1

Dimensions

in mm / inches



Technical data IEC/EN

Data at $T_A = 40\text{ °C}$ and at rated values, if nothing else indicated

Main circuit

	1L1-3L2-5L3 2T1-4T2-6T3
Rated operational voltage U_o	690 V a.c. - V d.c.
Setting range - thermal overload protection	see table "Order data" on page 1
Rated operational current I_n	see table below
Rated instantaneous short-circuit current setting I_{sc}	see table below
Rated service short-circuit breaking capacity I_{on}	see table "Short-circuit breaking capacity and back-up fuses" on page 6
Rated ultimate short-circuit breaking capacity I_{om}	see table "Order data" on page 1
Trip class	see table "Order data" on page 1
Rated frequency	50/60 Hz
Number of poles	3
Resistance per pole	see table "Resistance and power loss per pole" on page 3
Power loss per pole	see table "Resistance and power loss per pole" on page 3

Isolation data	
Rated impulse withstand voltage U_{imp}	6 kV
Rated insulation voltage U_i	690 V
Pollution degree	3

Electrical connection		MS116 ≤ 16 A	MS116 ≥ 20 A
Connecting capacity	solid	1/2 x 1 ... 4 mm ²	1/2 x 2.5 ... 6 mm ²
	stranded	1/2 x 1 ... 4 mm ²	1/2 x 2.5 ... 6 mm ²
	flexible with ferrule	1/2 x 0.75 ... 2.5 mm ²	1/2 x 1 ... 6 mm ²
	flexible with ferrule insulated	1/2 x 0.75 ... 2.5 mm ²	1/2 x 1 ... 6 mm ²
	flexible without ferrule	1/2 x 0.75 ... 2.5 mm ²	1/2 x 2.5 ... 6 mm ²
Stripping length		9 mm	10 mm
Tightening torque		0.8 ... 1.2 Nm	2 Nm
Connection screw		M3.5 (Pozidrive 2 / 5.5 mm)	M4 (Pozidrive 2 / 6.5 mm)

Type	Rated instantaneous short-circuit current setting I_{sc}	Rated operational current I_n
	A	A
MS116-0.16	1.56	0.16
MS116-0.25	2.44	0.25
MS116-0.4	3.90	0.40
MS116-0.63	6.14	0.63
MS116-1.0	11.50	1.0
MS116-1.6	18.40	1.6
MS116-2.5	28.75	2.5
MS116-4.0	50.00	4.0
MS116-6.3	78.75	6.3
MS116-10	150	10
MS116-12	180	12
MS116-16	240	16
MS116-20	300	20
MS116-25	375	25
MS116-32	480	32

General data

Mechanical durability		10 ⁶
Electrical durability		10 x 10 ⁴
Duty time		100 %
Dimensions (W x H x D)		see drawing "Dimensions" on page 3
Weight		see table "Order data" on page 1
Mounting		DIN-rail (EN 60715)
Mounting position		position 1-6 (optional for single mounting)
Group Mounting		on request
Minimum distance to other units same type	horizontal	0 mm
	vertical	150 mm
Minimum distance to electrical conductive board	horizontal, up to 400 V	0 mm
	horizontal, up to 690 V	> 1.5 mm
	vertical	75 mm
Degree of protection	enclosure / terminals	IP20
Utilization category		A
Altitude		up to 2000 m
Maximum operating frequency		170 cycles/h

Electromagnetic compatibility

Electromagnetic compatibility		not applicable
-------------------------------	--	----------------

Environmental data

Ambient air temperature		
Operation	open - compensated without derating	-25 ... +55 °C
	open	-25 ... +70 °C
Storage		-50 ... +80 °C
Temperature compensation		continuous
Vibration (sinusoidal) acc. to IEC/EN 60068-2-6 (Fc)		5g / 3 ... 150 Hz
Shock (half-sine) acc. to IEC/EN 60068-2-27 (Ea)		25g / 11 ms

Standards / directives

Product standard		IEC/EN 60947-2 IEC/EN 60947-4-1 IEC/EN 60947-1 UL 508, CSA 22.2 No. 14
Low Voltage Directive		2006/95/EC
EMC Directive		2004/108/EC
RoHS Directive		2002/95/EC

Short-circuit breaking capacity and back-up fuses

I_{CS} Rated service short-circuit breaking capacity

I_{CU} Rated ultimate short-circuit breaking capacity (In case of MS116: $I_{CU} = I_{CS}$)

I_{OC} Prospective short-circuit current at installation location

Note: Maximum rated current of the back-up fuses if $I_{OC} > I_{CS}$

Type	230 V AC			400 V AC			440 V AC			500 V AC			690 V AC		
	I_{CS} kA	I_{CU} kA	gG, aM A	I_{CS} kA	I_{CU} kA	gG, aM A	I_{CS} kA	I_{CU} kA	gG, aM A	I_{CS} kA	I_{CU} kA	gG, aM A	I_{CS} kA	I_{CU} kA	gG, aM A
MS116-0.16	No back-up fuse required up to $I_{OC} = 50$ kA														
MS116-0.25															
MS116-0.4															
MS116-0.63															
MS116-1.0															
MS116-1.6															
MS116-2.5															
MS116-4.0							10	10	25	10	10	25	5	5	25
MS116-6.3							6	6	25	6	6	25	2	2	25
MS116-10							6	6	63	6	6	63	2	2	40
MS116-12	25	25	80	25	25	80	6	6	63	6	6	63	2	2	50
MS116-16	16	16	80	16	16	80	6	6	63	4	4	63	2	2	63
MS116-20	10	15	-	10	15	-	3	6	-	3	4	-	2	3	-
MS116-25	10	15	-	10	15	-	3	6	-	3	4	-	2	3	-
MS116-32	10	10	-	10	10	-	3	6	-	3	4	-	2	3	-

Technical data UL/CSA

Main circuit

Maximum operational voltage	600 V	
Manual Motor Controller ratings	see table "UL 508 — Manual Motor Controller" on page 8	
Motor ratings	Horse power	see table below
	Full load amps (FLA)	see table below
	Locked rotor amps (LRA)	see table below

Electrical connection		MS116 ≤ 16 A	MS116 ≥ 20 A
Connecting capacity	stranded	1/2 x AWG 16 ... 12	1/2 x AWG 12 ... 8
	flexible without ferrule	1/2 x AWG 16 ... 12	1/2 x AWG 12 ... 8
Stripping length		9 mm	10 mm
Tightening torque		10 ... 12 lb-in	18 lb-in
Connection screw		M3.5 (Pozidrive 2)	M4 (Pozidrive 2)

Motor rating, single phase

hp Horse power

FLA Full load amps

LRA Locked rotor amps

Type	220-240 VAC			440-480 VAC		
	hp	FLA	LRA	hp	FLA	LRA
MS116-0.16	-	0.16	0.96	-	0.16	0.96
MS116-0.25	-	0.25	1.5	-	0.25	1.5
MS116-0.4	-	0.4	2.4	-	0.4	2.4
MS116-0.63	-	0.63	3.78	-	0.63	3.78
MS116-1.0	-	1.0	6.0	-	1.0	6.0
MS116-1.6	1/10	1.5	-	-	1.6	9.6
MS116-2.5	1/6	2.2	-	1/2	2.5	-
MS116-4.0	1/3	3.6	-	1/2	2.5	-
MS116-6.3	1/2	4.9	-	1	4	-
MS116-10	1-1/2	10	-	2	6	-
MS116-12	2	12	-	3	8.5	-
MS116-16	2	12	-	5	14	-
MS116-20	3	17	92	5	14	81
MS116-25	3	17	127	7-1/2	21	116
MS116-32	5	28	162	10	26	145

Motor rating, three phase

hp Horse power

FLA Full load amps

LRA Locked rotor amps

Type	110-120 VAC			220-240 VAC			440-480 VAC			500-600 VAC		
	hp	FLA	LRA									
MS116-0.16	-	0.16	0.96	-	0.16	0.96	-	0.16	0.96	-	0.16	0.96
MS116-0.25	-	0.25	1.5	-	0.25	1.5	-	0.25	1.5	-	0.25	1.5
MS116-0.4	-	0.4	2.4	-	0.4	2.4	-	0.4	2.4	-	0.4	2.4
MS116-0.63	-	0.63	3.78	-	0.63	3.78	-	0.63	3.78	-	0.63	3.78
MS116-1.0	-	1.0	6.0	-	1.0	6.0	-	1.0	6.0	1/2	0.9	8
MS116-1.6	-	1.6	9.6	-	1.6	9.6	3/4	1.6	12.5	3/4	1.3	10
MS116-2.5	-	2.5	15.0	1/2	2.2	20	1	2.1	15	1-1/2	2.4	16
MS116-4.0	-	4.0	16.0	1	4.2	30	2	3.4	25	3	3.9	25.6
MS116-6.3	1/2	4.4	40	1-1/2	6.4	40	3	4.8	32	5	6.1	36.8
MS116-10	1	8.4	60	3	9.6	64	5	7.6	46	7-1/2	9	50.8
MS116-12	1-1/2	12	80	3	9.6	64	7-1/2	11	63.5	10	11	64.8
MS116-16	2	13.6	100	5	15.2	92	10	20	81	10	11	64.8
MS116-20	3	19.2	128	5	15.2	92	10	14	81	15	17	93
MS116-25	3	19.2	128	7-1/2	22	127	15	21	116	20	22	116
MS116-32	5	30.4	184	10	28	162	20	27	145	25	27	146

UL 508 — Manual Motor Controller

Type	Maximum fuse type K5 o. RK5 per UL/NEC 480 V / 600 V A	Maximum short-circuit current for motor disconnect ¹⁾			
		480 V		600 V	
		480 V	600 V	480 V	600 V
for group installation					
		480 V	600 V	480 V	600 V
		kA	kA	kA	kA
MS116-0.16	100	30	5	18	5
MS116-0.25	100	30	5	18	5
MS116-0.4	100	30	5	18	5
MS116-0.63	100	30	5	18	5
MS116-1.0	100	30	5	18	5
MS116-1.6	100	30	5	18	5
MS116-2.5	100	30	5	18	5
MS116-4.0	100	18	5	18	5
MS116-6.3	100	18	5	18	5
MS116-10	100	18	5	18	5
MS116-12	100	18	5	18	5
MS116-16	100	18	5	18	5
MS116-20	100	18	5	18	5
MS116-25	100	18	5	18	5
MS116-32	100	18	5	18	5

¹⁾ Suitable as motor disconnect only when provided with padlock SA1 or SA3...

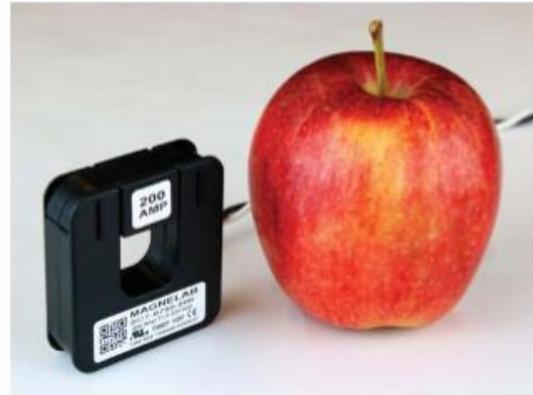
Split-Core AC Current Sensor SCT-0750 0.75" Opening With Ratings Up To 200 Amps

Description:

Magnelab's SCT-0750 Series split-core current sensors "sense" AC current up to 200 Amps passing through the center conductor. Split-core transformers are ideal for installation on existing electrical wiring by snapping around the conductor. The SCT series have a self-locking mechanism. Custom outputs and other parameters are available at customer request.

Features:

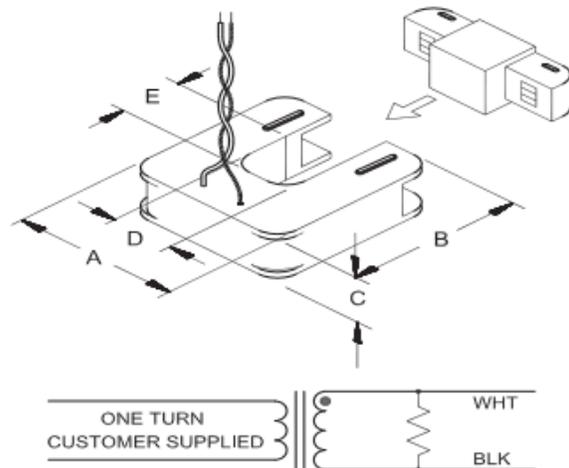
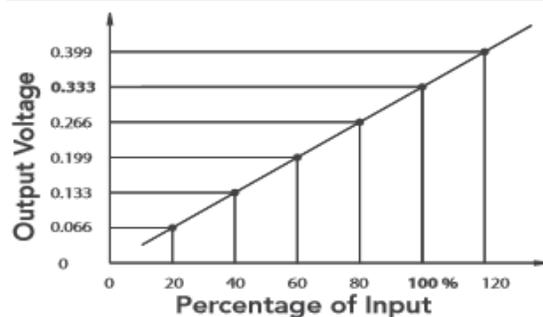
- Inputs: Rated up to 200 Amp
- Outputs: 0.333 Volt at rated current
- Linearity accuracy $\pm 1\%$
- Accuracy at 10% to 130% of rated current
- Phase angle < 2 degrees (valid for 70A or higher)
- Operates from 30 Hz to 1,000 Hz
- 8 ft. twisted-pair lead, 22 AWG
- Maximum Voltage: 600 V (on bare conductor)
- UL Standard 61010-1, EN 60044-1
- Operating temperature: -20°C to $+110^{\circ}\text{C}$



PART NUMBER AND RATING	
SCT-0750-000	No Burden Resistor*
SCT-0750-005	5 Amp
SCT-0750-010	10 Amp
SCT-0750-020	20 Amp
SCT-0750-030	30 Amp
SCT-0750-050	50 Amp
SCT-0750-070	70 Amp
SCT-0750-100	100 Amp
SCT-0750-150	150 Amp
SCT-0750-200	200 Amp

* Zener diode limits the output voltage to 22 V

DIMENSION	INCH	MM
A	2.000	50.80
B	2.100	53.34
C	0.610	15.49
D	0.750	19.05
E	0.750	19.05



Magnelab reserves the right to modify products to make improvements without advance notice.

Starters and Contactors Allen-Bradley

Access Elevator Supply is not a franchised distributor for Allen-Bradley products, but we are for Sprecher+Schuh.



Allen-Bradley 100-C60 and Sprecher+Schuh CA7-60 Contactors



ALLEN-BRADLEY

Bulletin 100-C Contactors and Starters

IEC Contactors

Part #	Max Motor Amps	HP@ 200V	HP@ 230V	HP@ 460V	Notes
100-C09-01-	9	2	2	5	Includes 1NC built-in aux
100-C09-10-	9	2	2	5	Includes 1NO built-in aux
100-C12-01-	12	3	3	7.5	Includes 1NC built-in aux
100-C12-10-	12	3	3	7.5	Includes 1NO built-in aux
100-C12-M40-	12	3	3	7.5	4NO power poles
100-C16-01-	16	5	5	10	Includes 1NC built-in aux
100-C16-10-	16	5	5	10	Includes 1NO built-in aux
100-C16-M31-	16	5	5	10	3NO/1NC power poles
100-C23-01-	23	5	7.5	15	Includes 1NC built-in aux
100-C23-10-	23	5	7.5	15	Includes 1NO built-in aux
100-C23-M22-	23	5	7.5	15	2NO/2NC power poles
100-C23-M31-	23	5	7.5	15	3NO/1NC power poles
100-C23-M40-	23	5	7.5	15	4NO power poles
100-C30-00-*	30	7.5	10	20	Specify aux contacts
100-C37-00-*	37	10	10	25	Specify aux contacts
100-C43-00-*	43	10	15	30	Specify aux contacts
100-C60-00-*	60	15	20	40	Specify aux contacts
100-C72-00-*	72	20	25	50	Specify aux contacts
100-C85-00-*	85	25	30	60	Specify aux contacts
100-C97-00-*	97	30	30	75	Specify aux contacts
100-D95-00-*	95	25	30	60	Specify aux contacts
100-D110-00-*	110	40	40	75	Specify aux contacts
100-D115-00-*	115	40	40	75	Specify aux contacts
100-D140-00-*	140	40	50	100	Specify aux contacts
100-D180-00-*	180	50	60	150	Specify aux contacts

Available AC coil voltages: 24. 120. 208. 240. 480. 600

2.4 Elaboración del diagrama eléctrico del módulo

El módulo se fabricó con respecto al plano eléctrico el cual se fabricó haciendo un diagrama trifilar del circuito eléctrico, los componentes con los que se fabricó fueron los que explicamos anteriormente junto con su principio de funcionamiento, se ocupó un interruptor termo magnético, un guardamotor, una protección de sobre voltaje, unos leds indicadores, un transformador reductor, 2 transformadores de corriente, con un cableado del calibre 14 de la marca Conduflex en la siguiente imagen mostramos el plano unifilar de nuestro control y protección de motores de inducción.

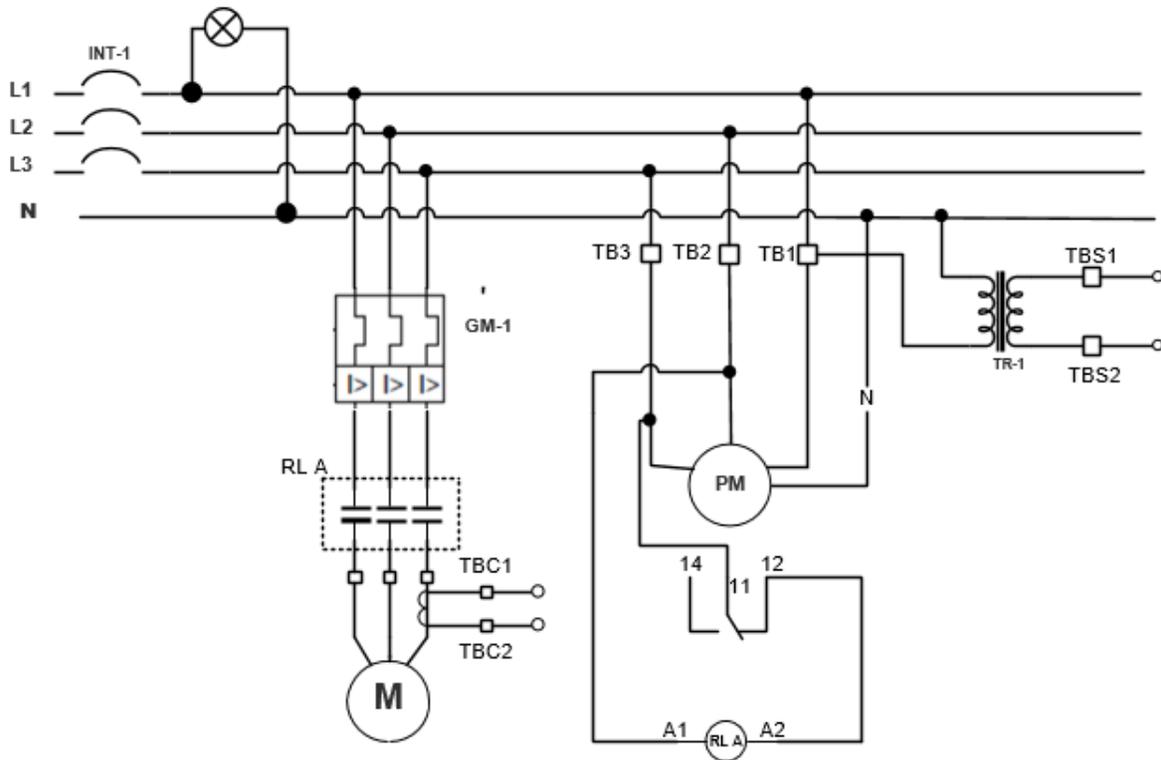


Diagrama unifilar del módulo de protección;
Figura 44.

Circuito equivalente de nuestro control y protección de motores de inducción

SIMBOLOGIA		NOMENCLATURA	
	Contacto normalmente abierto	TR	Transformador
	Contacto normalmente cerrado	TC 1	Transformador de corriente
	Lámpara	INT-1	Interruptor Termomagnético
	Interruptor termomagnético	PM	Relevador de bajo voltage
	Puesta a tierra	GM-1	Guardamotor
	Transformador de corriente	LP	Lámpara indicadora de tensión
	Guardamotor	RL A1,A2	Relevador A1,A2
	Motor		
	Transformador		
	Relevador		

2.5 Presupuesto del costo de los componentes del módulo

Este es un presupuesto de los costos de cada componente y las cantidades que se requirieron para poder armar el módulo de protección para los motores de inducción, cada componente se compró en distintas tiendas y distintos distribuidores.

En el capítulo 2 tenemos las hojas de datos de todos los componentes que ocupamos y en la siguiente tabla mostramos los precios unitarios de los componentes.

EQUIPOS	Costo Unitario, M.N.	Cantidad	Total
Gabinete	\$ 2,000.00	1	\$ 2,000.00
Interruptor trifásico	\$ 590.00	1	\$ 590.00
Guarda-Motor MCA ABB	\$ 1,273.00	1	\$ 1,273.00
Contactador trifásico	\$ 750.00	1	\$ 750.00
Lámparas indicadoras	\$ 85.00	2	\$ 170.00
Bornes de conexión	\$ 3.00	14	\$ 42.00
Cables , cal 14 Awg	\$ 60.00	3	\$ 180.00
Clemas de Conexión	\$ 15.00	15	\$ 225.00
Transformador de Corriente	\$ 1,600.00	1	\$ 1,600.00
Relevador de protección de bajo voltaje	\$ 1,800.00	1	\$ 1,800.00
Transformador 127/12 V , 1.2 A	\$ 160.00	1	\$ 160.00
			\$ 8,790.00

CAPÍTULO 3

3. Pruebas de aceptación y calidad del módulo de protección.

El objetivo de estas pruebas es visualizar la corriente del motor y el voltaje por medio de un osciloscopio digital. Lo que se busca es estudiar el comportamiento de las sobretensiones transitorias y las corrientes de arranque de los motores.

El objetivo del principio del funcionamiento de nuestro módulo es para la protección de motores, esta protección actúa cuando hay un bajo voltaje o hay una pérdida de fase y esto pueda ocasionar una sobrecarga y por consiguiente un calentamiento en alguna de las fases o en el peor de los casos un daño al sistema eléctrico o al motor.

La protección MWUA que ocupamos tiene un dial de protección contra voltaje, al hacer las pruebas nosotros podemos simular en cualquiera de los casos un bajo voltaje o un voltaje más alto y el sistema de protección demuestre la filosofía del funcionamiento, todo dependerá de las características y necesidades que se requieran ya que con los

diales de la protección nosotros indicamos en que voltaje tendra que disparar nuestro guardamotor y en paralelo nuestro contactor actue y cambie de contacto a uno abierto y se pueda cortar la energia a nuestro motor.

En las pruebas siguientes ponemos en uso al transformador reductor y el transformador de corriente ya que el módulo cuenta con unas salidas de voltaje y corriente como se mencionó antes el cual nos sirven para poder conectarnos a los equipos como el osciloscopio y poder ver la forma de onda de la corriente y el voltaje, tambien se puede conectar un multímetro para ver la salida del voltaje y ver si nos da el voltaje que requerimos para las pruebas requeridas o para nuestra necesidad.

3.1 Pruebas que se le realizaron al módulo de protección.

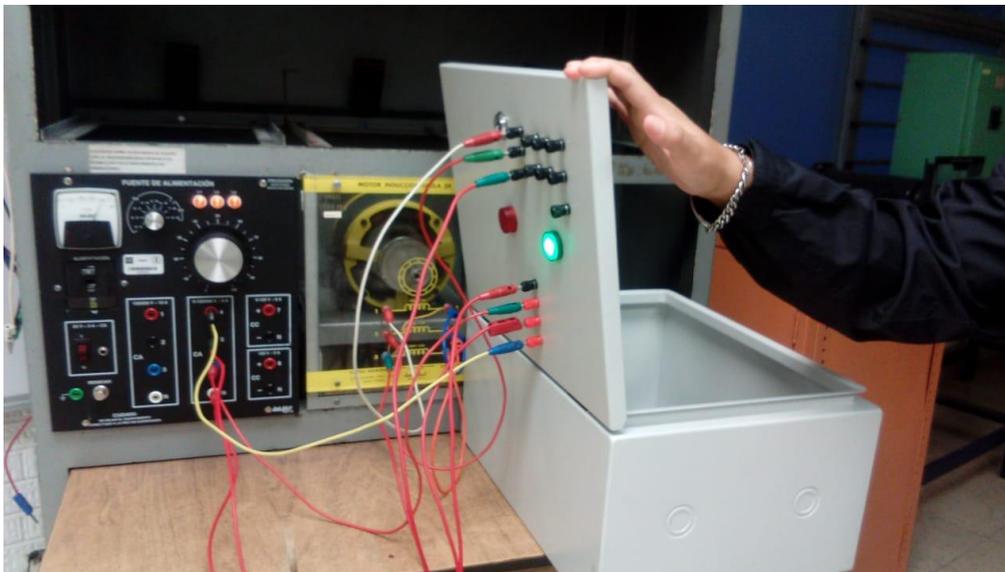
1 Prueba de bajo voltaje con una fuente variable.

Ocupamos la fuente variable que esta en el laboratorio L3 para poder alimentar nuestro módulo de protección, nuestro voltaje de inicio es de 220v CA ya que la fuente es variable nos permite ir bajando el voltaje hasta llegar al voltaje requerido en el que nuestro dial disparara y protejera nuestro motor.

En la salida del voltaje que tiene nuestro módulo lo conectamos a un motor de inducción que el laboratorio nos facilito para analizar el funcionamiento y su comportamiento.

En esta prueba bajamos el voltaje hasta 190V CA y disparo en un tiempo instantaneo ya que eso fue lo que indicamos en nuestro dial de nuestra proteccion de bajo y alto voltaje (WMUA Monitoring relays).

Al energizar nuestro módulo en la pártة frontal tiene una lampara indicadora de color verde el cual sirve para precaucion del operador indicando que nuestro módulo esta energizado y tenemos que tener cuidado.



prueba de bajo voltaje; figura 45.

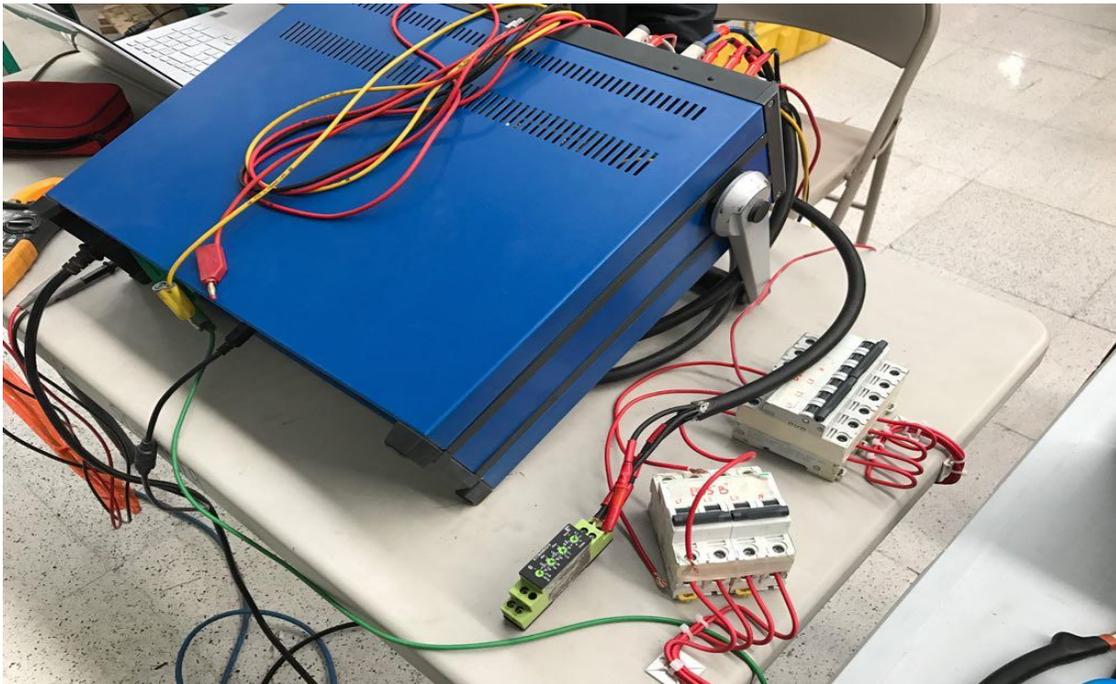
2 prueba de pérdida de fase

Para hacer esta prueba ocupamos un equipo especial llamado *OMICRON* CMC 256PLUS es básicamente un equipo para hacer pruebas a sistemas de protección, transferencias automáticas, manuales, relevadores, CCM, y otros dispositivos que contienen los tableros de media y baja tensión.

La ventaja de este equipo es que tiene una salida de voltaje independiente el cual nos ayuda a poder variar el voltaje o simular la pérdida de fase, y tiene 2 salidas de corriente independientes el cual se pueden variar desde una computadora por medio de comunicación (cable ethernet).

Conectamos el equipo a la protección 27 para ver como actúa, su conexión fue de las 3 fases, desconectamos un cable de la salida de voltaje del equipo *OMICRON* simulando una pérdida de fase, en voltaje que ocupamos para energizar nuestro módulo fue de 220v CA al simular la pérdida de fase por lógica bajo bajo drásticamente haciendo actuar la protección instantáneamente.

La ventaja de este equipo y de esta prueba es que nos deja observar los fasores del voltaje y al variar el voltaje podemos observar como se deforman los fasores de las 3 fases en este caso variando la fase b.

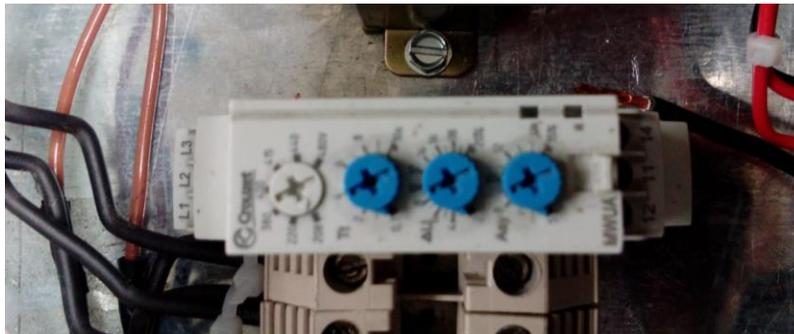


Pérdida de fase con equipo Omicron; figura 46.

3 Prueba secuencia de fase incorrecta

Esta prueba se realizó en el laboratorio I-3 conectando la secuencia de fase correctamente en las terminales 11, 12,14 haciendo correctamente el arreglo para que pueda operar en la secuencia de fase incorrecta.

La conexión de alimentación es la normal, la línea 1 de la fuente con la L1 del relé y así con las 3 líneas para que funcione correctamente, para probar si funcionaba la prueba hicimos un arreglo intercambiando las fases, la línea 1 de la fuente variable la conectamos con la L2 del relé haciendo un faseo incorrectamente, buscando que la unidad no funcione correctamente y se dispare el relé (MWUA Monitoring relay)



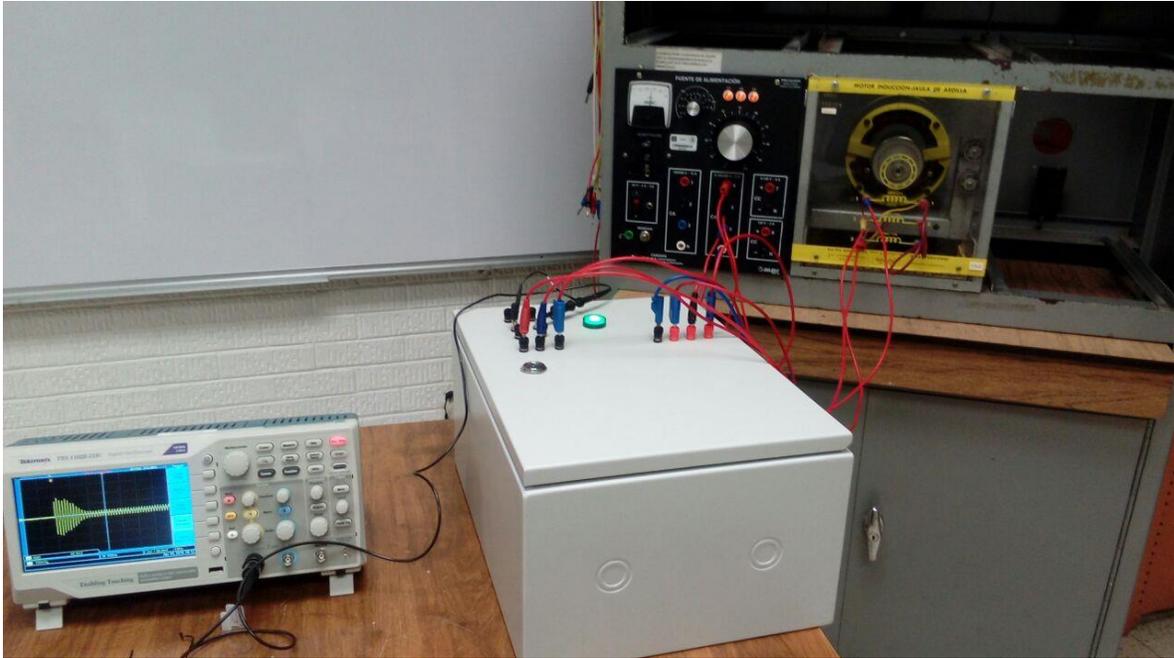
Secuencia de fase incorrecta; figura 47.

4 prueba de bajo voltaje observando la forma de curva por medio de un osciloscopio.

Esta prueba es la misma que la primera mencionada solo que en esta podemos observar el comportamiento de la corriente y voltaje por medio de un osciloscopio el cual el laboratorio L3 nos facilito para poder demostrar este tipo de pruebas.

La conexcion y el voltaje inducido que ocupamos es el mismo que la primer prueba solo que en esta prueba se puede ver el módulo funcionando al 100%, en esta prueba se puedo observar el equipo energizado las salidas y entradas de voltaje funcionando como se explico en un principio llegando ala filosofía del funcionamiento requerido.

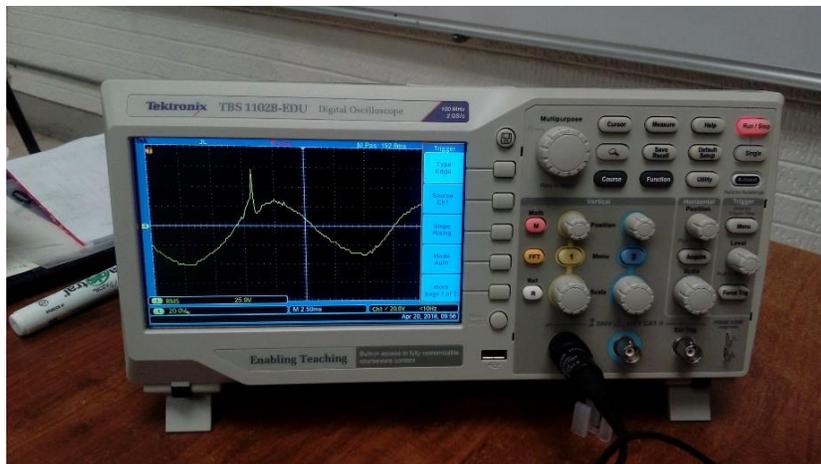
En la siguiente imagen se muestra el osciloscopio y la forma de onda del voltaje, esta funcion se logra por nuestro transformador reductor y el transformador de corriente que estan conectados a las salidas del módulo para visualizar las formas de el voltaje o corriente



Visualización de la corriente de Arranque del motor; figura 48.

5 prueba de sobretension en las terminales

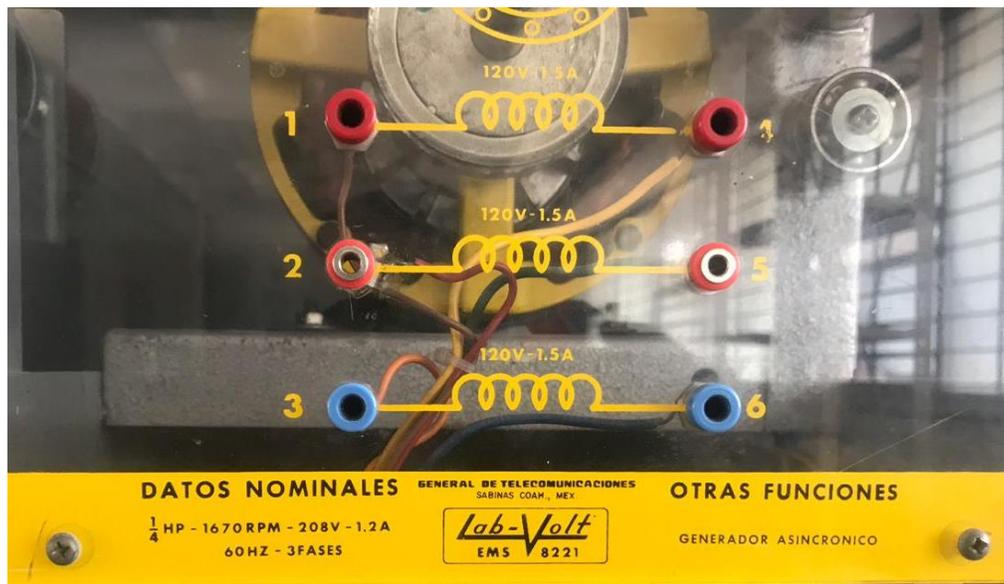
La prueba se realizó para visualizar las sobretensiones generadas por el efecto de interrupción de corrientes inductivas. La sobretensión transitoria se provocó al realizar la apertura y cierre del guarda-motor.



Voltaje transitorio en las terminales del motor debido a la apertura del interruptor; figura 49.

3.2 Características del motor de inducción utilizado en las pruebas de aceptación.

El motor de inducción de jaula de ardilla de cuatro polos es una máquina de inducción de jaula de ardilla de ¼ hp montada en un módulo EMS de tamaño completo. Los devanados del estator de la máquina están conectados de forma independiente (seis tomas), lo que permite la conexión en configuración en estrella o en triángulo. Las conexiones a la máquina se realizan a través de conectores banana de seguridad con código de color ubicados en el panel frontal del módulo.



Motor trifásico jaula de ardilla; figura 50.

El panel frontal del módulo del motor de inducción de jaula de ardilla de cuatro polos se puede abrir para instalar una correa de distribución, modelo 8942, en la polea del eje de la máquina. Esto permite el acoplamiento mecánico de esta máquina al dinamómetro / fuente de alimentación de cuatro cuadrantes, modelo 8960. Cuando es impulsado por un motor primario, el motor de inducción de jaula de ardilla de cuatro polos funciona como un generador asíncrono trifásico



Motor de prueba con características; figura 51.

ESPECIFICACIONES.

Parametros	Valor
Rango	
Voltaje del estator	120/208V, 60Hz, 3 Fases
Potencia mecanica	175 W
Velocidad nominal	1670 r/min
Corriente nominal	1.2 A
Caracteristicas fisicas	
Dimensiones (H X W X D)	308 x 287 x 420 mm
Peso	13.5 Kg (29.7 lb)

CONCLUSIÓN:

El módulo didáctico fue diseñado para ser utilizado durante los cursos de laboratorio y con él será posible estudiar y realizar pruebas de:

- Ajuste y disparo de la protección por sobrecarga del motor.
- Estudio de curvas normalizadas de protección por sobrecorriente.
- Disparo instantáneo por corto circuito en las terminales del motor
- Ajuste y disparo temporizado por alto y bajo voltaje de alimentación al motor.
- Protección por pérdida de fase y/o desbalanceo de fases.
- Protección por secuencia de fase incorrecta en las terminales del motor.
- Visualización y estudio del comportamiento de la corriente de arranque del motor (El estudio de las componentes armónicas en la corriente de arranque se puede realizar con la ayuda de un osciloscopio digital).
- Visualización y estudio del comportamiento de los voltajes transitorios por aperturas de interruptores en las terminales del motor.
- Coordinación de protecciones de sobre-corriente.

Toda máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos es considerada esencialmente un motor eléctrico, algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores y por lo cual requiere una protección.

El principio de funcionamiento de todo motor se basa en que tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación.

Entre las características fundamentales de los motores eléctricos, tenemos que se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes, una de las características más importantes y por lo que están caracterizados los motores de inducción son los distintos tipos de protecciones que se ocupan para proteger y para alargar la vida de un motor eléctrico.

Los Motores eléctricos se clasifican en Motores de Corriente Directa Se utilizan en casos en los que es importante el poder regular continuamente la velocidad del motor, utilizan corriente directa, como es el caso de motores accionados por pilas o baterías, Motores de Corriente Alterna; Son los tipos de motores más usados en la industria, ya que estos equipos se alimentan con los sistemas de distribución de energías "normales",

El conocimiento de los motores de inducción y sus distintas formas de protección son fundamental ya que posee varias aplicaciones y cada una de estas tiene su utilidad al momento de implementación.

Al haber construido el módulo nos podemos dar cuenta la importancia de las protecciones y su funcionamiento de todos los elementos tanto básicos como complejos que conforman el módulo de protección, esto nos ayuda a poder implementar prácticas en los laboratorios

más complejas haciendo pruebas que en la industria y en el área eléctrica se les hace tanto a los motores como a las protecciones y poder ir entendiendo la importancia y su funcionamiento de cada elemento y así poder entenderlo cuando se estudie la teoría.

La construcción del módulo, desde la fabricación hasta las pruebas que se realizaron ayudan al conocimiento de las normas que se ocupan en el ámbito profesional (industria) que se requieren para un trabajo de calidad y seguro también sirve para conocer el comportamiento de un motor y sus protecciones de como probarlas, como protegerlas, y como explotar su capacidad de funcionamiento a un motor eléctrico que se utilizan en la industria.

Como recomendación tomar muy en cuenta que este tipo de motores deben poseer un correcto arranque y una protección específica y adecuada al motor que requerimos cuidar ya que solo de esta manera se puede poner en funcionamiento, siendo lo fundamental hacer que el rotor alcance una velocidad cercana a la de sincronismo, en caso contrario se observará una vibración muy fuerte debido a los campos magnéticos de la máquina

TRABAJOS FUTUROS

Como trabajo futuro, derivado del presente proyecto, se encuentra el desarrollo de los procedimientos específicos de las prácticas de laboratorio. Este proyecto se encuentra actualmente en desarrollo

Referencias:

<https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria17/56.pdf>

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/salvatori_a_m/capitulo1.pdf

<http://www.potenciaelectromecanica.com/motores-asincronos-de-induccion/>

<http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/12.pdf>

http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5280607

<file:///C:/Users/Rafael/Downloads/29112012-VES.pdf>

<https://blog.aulamoisan.com/2012/11/nueva-version-del-simulador-de-maquinas.html>

<https://es.scribd.com/doc/56763875/MOTORES-SINCRONOS>

<http://www.motortico.com/biblioteca/MotorTico/2013%20NOV%20-%20Corriente%20de%20Arranque%20en%20Motores%20Electricos.pdf>