

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO PARA ESTUDIO DEL RELE  
MODULAR DE PROTECCION DE MOTORES BASADOS EN  
MICROPROCESADOR MMC SERIE 1000**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Técnico Universitario en Electricidad

Estudiante:

Felipe Andrés Rodríguez Vidal

Profesor Guía:

Esteban Díaz Montt

## DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

En este espacio quisiera agradecer a las personas que fueron parte fundamental de mi formación como técnico electricista, estas personas que me acompañaron durante todos estos años de estudio.

Un agradecimiento especial a mi madre Mabel Vidal y mi padre Rene Rodríguez que fueron los que me motivaron a estudiar en esta universidad de la cual estoy orgulloso de ser parte, además de estar siempre cuando lo necesite y ser el pilar fundamental de la persona que soy hoy en día.

También agradecer a las personas que conocí durante estos años en Concepción, las palabras de aliento, la compañía que tuve, y todo el apoyo, sin ellos esto no podía haber sido posible.

Agradecer a cada uno de los funcionarios de la universidad que estuvieron ahí para ayudarme y orientarme cuando lo necesite, en especial a los profesores Luis Fuentes, Gonzalo Ramírez y Marcos Diaz, que con mucha paciencia y dedicación demostraron la enorme vocación que tienen por enseñar sus conocimientos a los estudiantes.

Y por último dedicarle este trabajo de título a mi familia, tanto a mis padres, mi polola y mis abuelos, los cuales han sido un apoyo constante en mi vida, en especial nombrar a mi abuelo Rene Rodriguez el cual ya no se encuentra con nosotros pero que estoy seguro hubiera estado muy orgulloso de este nuevo paso que estoy dando en mi vida.

## RESUMEN

KEYWORDS: IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO PARA ESTUDIO DEL RELE MODULAR DE PROTECCION DE MOTORES BASADOS EN MICROPROCESADOR MMC SERIE 1000

La importancia de conocer el funcionamiento de las protecciones eléctricas es que se implementará un equipo didáctico con un relé modular basados en microprocesador marca General Electric modelo MMC serie 1000.

El proyecto será abordado en 4 capítulos:

En el primer capítulo se abordará el principio de funcionamiento de los diferentes motores eléctricos, los diferentes motores que encontramos en la industria, sus aplicaciones y las averías más frecuentes que se encuentran.

En el segundo capítulo está destinado al estudio del Relé modular que se utilizara en el presente proyecto.

En el tercer capítulo se realizarán los diversos ensayos que nos permitan ver todas las funciones del MMC.

El cuarto y último capítulo está orientado al módulo que se realizó, en donde está montado el circuito de control del MMC, en el cual también hay más relés.

## Tabla de contenido

INDICE DE TABLAS .....	4
INDICE DE IMÁGENES .....	4
SIGLAS .....	0
INTRODUCCIÓN .....	1
PROBLEMÁTICA .....	2
OBJETIVO GENERAL .....	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>CAPITULO 1: "GENERALIDADES"</b> .....	3
1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES ELECTRICOS. ....	4
1.2 CLASIFICACION .....	4
1.2.1 PARTES PRINCIPALES DE UN MOTOR.....	4
1.3 Anomalías en la operación de motores. ....	10
.....	12
<b>CAPITULO 2: "ESTUDIO DEL RELÉ"</b> .....	12
2.1. DESCRIPCION.....	13
2.2. PROTECCIONES INCORPORADAS .....	17
<b>CAPÍTULO 3: "ENSAYOS OPERATIVIDAD DEL MMC"</b> .....	19
3.1. PRUEBAS ESTÁTICAS .....	20
3.2. PRUEBAS DINÁMICAS: .....	20
3.2.1 Unidad Mínima Intensidad.....	23
3.2.2 Rotor Bloqueado .....	25
3.2.3 Numero De Arranques .....	27
3.2.4 Fallas entre fases.....	29
3.2.5 Faltas a tierra.....	30
3.2.6 Desequilibrio de fases .....	32
<b>CAPÍTULO 4: "IMPLEMENTACIÓN DE PANEL DE PROTECCIONES"</b> .....	36
4.1. CIRCUITO DEL MODULO.....	38
4.2 OBJETIVOS DEL MODULO.....	40
4.2.1 Trabajo individual .....	41
4.2.2. Trabajo sistemático.....	41
CONCLUSIÓN .....	41
BIBLIOGRAFÍA .....	43

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1 – MOTOR SINCRONICO

TABLA 2 – MOTOR JAULA DE ARDILLA

TABLA 3 – MOTOR ASINCRONICO

TABLA 4 – MOTOR C.C

TABLA 5 – ANOMALIAS DE UN MOTOR

TABLA 6 –PRUEBAS ESTATICAS DEL RELÉ

TABLA7 – DATOS ENSAYO MINIMA INTENSIDAD

TABLA 8 – DATOS ENSAYO ROTOR BLOQUEADO

TABLA 9 – DATOS FALLAS ENTRE FASES

TABLA 10 – DATOS FALTAS A TIERRA

TABLA 11 – DATOS DESEQUILIBRIO DE FASES

## INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1 – ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA

IMAGEN 2 – ROTOR BOBINADO

IMAGEN 3 – COLECTOR DE DELGAS

IMAGEN 4 – PLACA FRONTAL DEL MMC

IMAGEN 5 – RELE VISTA FRONTAL

IMAGEN 6 – RELE VISTA POSTERIOR

IMAGEN 7 – DIAGRAMA DE CONEXION

IMAGEN 8 – CIRCUITO DE MONTAJE PARA LOS ENSAYOS

IMAGEN 9 – CIRCUITO DE CONTROL PARA LOS ENSAYOS

IMAGEN 10 – CURVAS DE TIEMPO INVERSO

IMAGEN 11 – CIRCUITO DE FUERZA DEL MODULO

IMAGEN 12 – CIRCUITO DE ALIMENTACION DEL MODULO

IMAGEN 13 – CIRCUITO DE CONTROL DEL MODULO



## SIGLAS

A= corriente

V= Voltaje

Hz= Frecuencia

S= Segundos

Ms= Milisegundos

TT= Transformador

Vcc= Voltaje corriente continua

MMC= Referencia al relé seleccionado.

C.C= Corriente continua

## INTRODUCCIÓN

La utilización de la energía eléctrica en estos días es indispensable y resulta difícil imaginar la vida sin esta. Estamos hablando de que la energía eléctrica se encuentra en todo lo que nos rodea; iluminación, calefacción, movilización, entretenimiento, etc. Pero en donde más se utiliza energía eléctrica es a nivel industrial, en donde se producen prácticamente todos los bienes y productos que consumimos a diario. Es por eso por lo que en los últimos 100 años la industria eléctrica ha avanzado a pasos agigantados, mejorando la producción exponencialmente. Para lograr esto cada vez se han ido haciendo más complejos los sistemas productivos, integrando así más componentes, más cargas y más sistemas de control, lo cual ha traído una serie de ventajas enormes, pero también el desafío de poder mantener funcionando estos sistemas el mayor tiempo posible sin dañar a las personas, a los procesos ni a los circuitos eléctricos. Es por eso por lo que de la mano del desarrollo de diferentes medios de producción también se han desarrollado en paralelo las diferentes protecciones eléctricas que al igual que los procesos se han tenido que ir adaptando al creciente desarrollo tecnológico.

Es por esto por lo que se hace necesario como técnicos electricistas tener un gran conocimiento de la utilización de estas nuevas tecnologías que nos ayudan a proteger un sinnúmero de variables que podemos tener en cualquier proceso en donde hay presencia de energía eléctrica.

En el presente proyecto se estudiara e implementaremos un equipo didáctico en el taller de electricidad de la Universidad Técnica Federico Santa María sede Concepción, con un Relé modular de protección de motores basados en microprocesador MMC serie 1000 de la marca General Electric.

## PROBLEMÁTICA

Debido a que cada vez los sistemas de producción son más completos y complejos es que también han surgido protecciones más completas y complejas, es por esto que en la especialidad de Técnico Electricista de la Universidad se hace obligatorio el estudio de estas tecnologías, por lo tanto, se busca el desarrollo de un equipo didáctico para mejorar el aprendizaje de las futuras generaciones.

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un equipo didáctico con un relé MMC serie 1000 con el propósito de estudiar sus potencialidades en la protección de motores eléctricos de inducción.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Recopilar antecedentes en relación con motores.
- b. Describir el funcionamiento del relé.
- c. Diseñar el tablero didáctico de protección.
- d. Desarrollar ensayos en función a características del relé.

CAPITULO 1: GENERALIDADES

## 1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES ELECTRICOS.

Un motor eléctrico se puede definir como una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

Para lograr esto se induce una corriente eléctrica en la máquina que interacciona con el campo produciendo un movimiento de la máquina; aparece entonces una f.e.m. inducida que se opone a la corriente y que por ello se denomina fuerza contra electromotriz.

Su principio de funcionamiento se basa en la atracción y repulsión de los dos campos magnéticos que interactúan, así como también del fenómeno que permite generar un campo magnético mediante la circulación de corriente eléctrica por un conductor.

Cuando hacemos pasar una corriente por una bobina, se genera un electroimán, el cual dependerá su polarización de la dirección de la corriente circulante. Si sometemos el electroimán a un campo magnético se producirá un giro, debido al efecto de atracción y repulsión de los polos que buscan su alineación. Ahora, si invertimos el sentido de la corriente que circula por nuestra bobina, el sentido de los polos de nuestro electroimán igual se invertirá, provocando así el giro en 360° y así producir un movimiento continuo a través de la conmutación de la polaridad de la fuente.

## 1.2 CLASIFICACION

### 1.2.1 Partes principales de un motor

Existen una gran variedad de motores, los cuales se ocupan para diferentes tipos de aplicaciones. Pero antes de entrar al detalle de estos debemos conocer las partes constitutivas que componen un motor.

**ESTATOR:** El estator es el elemento que opera como base, permitiendo que desde ese punto se lleve a cabo la rotación del motor. Está formado por un apilamiento de chapas de acero al silicio que disponen de unas ranuras en su periferia interior en la que se sitúa el devanado.

**ROTOR:** Constituye la parte móvil del motor. El rotor es el elemento de transferencia mecánica, ya que de él depende la conversión de energía eléctrica a mecánica. Los rotores, son un conjunto de láminas de acero al silicio que forman un paquete.

**CARCASA:** Es la parte encargada de proteger las partes eléctricas del motor, el nivel de protección que pueda tener esta se define según su IP (índice de protección). Además, sirve de soporte para el rotor y el estator.

## 1.2.2 Clasificación de motores

### 1.2.2.1 Motores de corriente alterna.

Estos se pueden clasificar en 2 grandes grupos, Motores sincrónicos y asíncrónicos.

**MOTORES SINCRONICOS:** Los motores síncronos son maquinas eléctricas cuya velocidad de rotación está vinculada rígidamente con la frecuencia de la red alterna. Al igual que cualquier convertidor electromecánico de energía está sometido al principio de reciprocidad electromagnética, pudiendo funcionar como motor y como generador, pero la verdad es que en la práctica es más frecuente su empleo como generadores.

Ventajas:	-Corrección del factor de potencia. -Velocidad constante. -Alta capacidad de torque. -Alto rendimiento.
Desventajas:	-Necesitan partir con variadores de frecuencia o en vacío. -Si reciben un cambio de carga muy brusco pueden llegar a perder su sincronismo.
Aplicaciones:	-Mayoritariamente se utilizan en industrias donde se quiera mejorar el factor de potencia.

TABLA 1- MOTOR SINCRONICO

Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

**MOTORES ASINCRONICOS:** Los motores asincrónicos son aquellos en que la velocidad de giro del rotor está desfasada con la velocidad de giro del campo giratorio del estator. Los motores asíncronos son los más ocupados en la industria, siendo el más popular el motor jaula de ardilla.

**MOTOR JAULA DE ARDILLA:** El motor jaula de ardilla se ha convertido por sus enormes ventajas en al motor más utilizado en la industria. Es un motor el cual tiene un bobinado inductor puesto en el estator, y el rotor este compuesto por unas barras en corto circuito los cuales tienen la forma de una jaula de ardilla, de ahí el nombre.

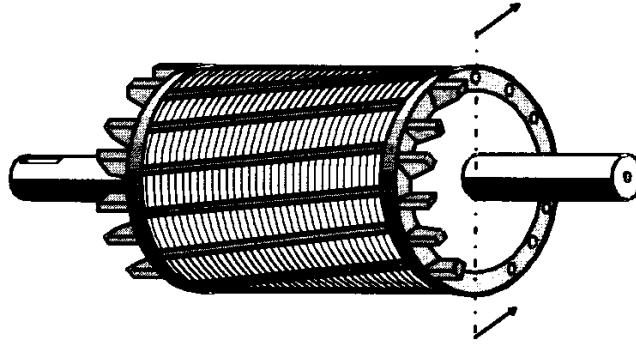


IMAGEN 1- ROTOR TIPO JAULA DE ARDILLA  
Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción simple y robusta</li> <li>- Poca o nula mantención.</li> <li>- Precio económico.</li> <li>- Larga vida.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Elevada corriente de arranque</li> <li>- Limitación para regular su velocidad. (Actualmente se utilizan variadores de frecuencia para eliminar esta desventaja)</li> </ul>
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bombas</li> <li>-Ventiladores</li> <li>- Compresores</li> <li>- Cintas transportadoras</li> </ul>

TABLA 2- MOTOR JAULA DE ARDILLA  
Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

**MOTOR ROTOR BOBINADO:** El motor de rotor bobinado es la evolución del motor jaula de ardilla, la diferencia constructiva de estos es que el segundo tiene el rotor bobinado y 3 anillos en su rotor para así conectarle resistencias externas o simplemente conectarlo

en estrella y así dejarlo funcionando como una jaula de ardilla. La razón por la cual el rotor es bobinado es para conectarle resistencias externas, y así disminuir la corriente de partida y mejorar las características del par y controlar la velocidad.

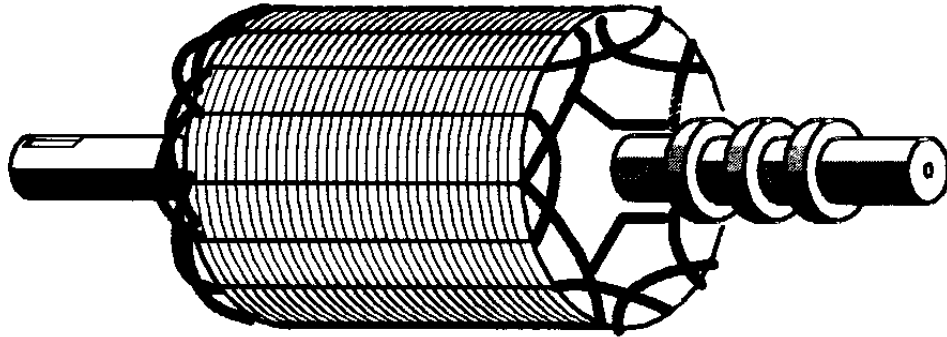


IMAGEN 2 - ROTOR BOBINADO

Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Baja corriente de partida</li> <li>- Buen torque de partida.</li> <li>- Control de la velocidad.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto mantenimiento comparado con la jaula de ardilla.</li> <li>-Desgaste constante y prematuro de las escobillas y anillos.</li> </ul>
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trituradores.</li> <li>- Ventiladores.</li> </ul>

TABLA 3- MOTOR ASINCRONICO

Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

#### 1.2.2.2 Motores de corriente continua

El motor de corriente continua es llamado también, máquina de continua, ya que al igual que todos los convertidores electromecánicos tiene la ventaja de funcionar como motor y generador. A diferencia de los motores de c.a, en estos casos esa dualidad se aprovecha al máximo, ya que en muchas ocasiones cuando se está ocupando como motor y este se desenergiza pasa a convertirse en generador ya que la inercia de la

carga sigue moviendo el eje del motor y así se aprovecha al máximo la energía, aumentando la eficiencia de esta máquina.

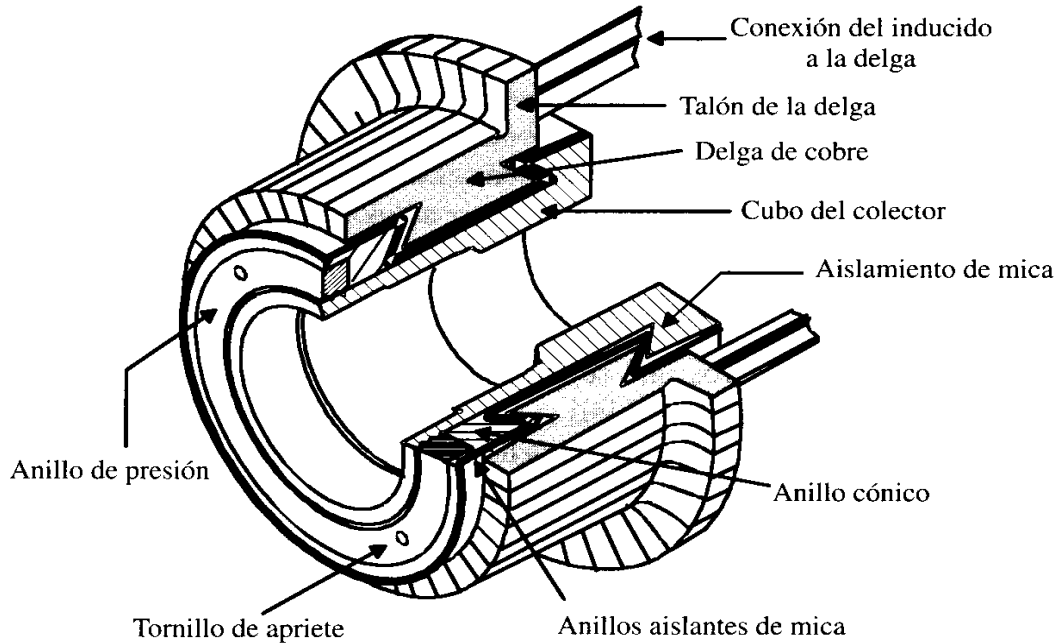


IMAGEN 3 - COLECTOR DE DELGAS.

Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gran control de velocidad.</li> <li>- Buen control de torque.</li> <li>- Excelente torque de partida.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto coste de fabricación.</li> <li>- Necesita demasiado mantenimiento.</li> <li>-Vida útil media.</li> </ul>
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Trenes de laminación.</li> <li>-Telares.</li> <li>-Tracción eléctrica.</li> </ul>

TABLA 4- MOTOR C.C

Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

### 1.3 Anomalías en la operación de motor.

Las anomalías en los motores eléctricos son situaciones que afectan el correcto funcionamiento del motor, acortando así su vida útil, dañando al motor a través del tiempo o inmediatamente. Las anomalías pueden derivar a una falla, impidiendo el funcionamiento del motor.

Y aunque las anomalías son situaciones indeseables, son mucho más comunes de lo que se pudiera creer. Es por esto la importancia de supervisar cada cierto tiempo las variables del motor, y también tener una buena protección para este.

TEMPERATURA: El exceso de temperatura es el gran enemigo de los motores eléctricos, ya que esta puede causar deterioro permanente en la máquina, dañando la aislación de esta.

Causas	Consecuencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Motor expuesto a una alta temperatura ambiente.</li> <li>- Rodamientos en mal estado.</li> <li>- Constantes partidas y paradas del motor.</li> <li>- Exceso de polvo.</li> <li>- Ventilador en mal estado.</li> <li>- Motor girando bajas velocidades sin ventilación forzada.</li> <li>- Sobrecargas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Envejecimiento prematuro de la aislación.</li> <li>- Deformación en la carcasa de la máquina.</li> <li>- Deterioro de los rodamientos.</li> <li>- Desalineamiento del rotor.</li> </ul>

TABLA 5- ANOMALIAS MOTOR  
Fuente: máquinas eléctricas, Jesús Fraile, 5ta edición.

CORTO CIRCUITO: Un cortocircuito se puede definir como la falta de aislación entre dos conductores con diferente potencial que provengan de la misma fuente, y que la impedancia que haya entre estos sea ínfima. El cortocircuito puede ser realizado por contacto directo, llamado también cortocircuito metálico. También puede ser provocado

por el deterioro o ruptura de la aislación como es el caso de arcos o fugas que degeneran en cortocircuitos.

En el caso de los motores podemos dividir el cortocircuito en dos grupos;

**ENTRE ESPIRAS:** Los cortocircuitos provocados entre bobinas o espiras se pueden deber a la falla de la aislación que hay entre estas, también pueden ser provocadas por una ruptura del dieléctrico que hay entre estas espiras debido a un aumento de la tensión.

Estos cortocircuitos pueden llegar a ser letales no solo para la máquina, sino que también para el sistema, ya que provocan una caída de tensión a todo el circuito involucrado.

**ENTRE ESPIRAS Y MASA:** Este tipo de cortocircuito además de significar un alto peak de corriente, también energiza la tierra, lo cual es un riesgo para las personas, ya que estos pueden llegar a electrocutarse en caso de manipular una tierra o alguna carcasa de un equipo que este en otro lado.

Las causas de este cortocircuito son las mismas mencionadas en el punto anterior, y se agrega el hecho de que alguna bobina se corte y quede en contacto con la masa.

**DESEQUILIBRIO:** Los motores trifásicos funcionan con la tensión trifásica de igual magnitud y frecuencia de la red que se encuentra desfasada  $120^\circ$  entre ellas. Si alguna de estas variables se ve afectada por cualquier motivo, se producirá un desequilibrio.

**SOBRECARGA:** La sobrecarga en un motor eléctrico se produce principalmente porque a este se le está exigiendo una potencia mayor a la nominal. Lo cual se traduce en un incremento de corriente, provocando deterioro en el bobinado y también en su aislación.

## **CAPITULO 2: "ESTUDIO DEL RELÉ"**

En el siguiente capítulo se dará a conocer el relé MMC serie 1000 que se utilizará en el proyecto. Todos los datos obtenidos del relé en cuestión fueron sacados del manual que nos entrega el fabricante.

## 2.1. DESCRIPCION.

Relé modular de protección de motores basados en microprocesadores, principio de funcionamiento a base de microprocesadores y electrónica digital

CONSTRUCCIÓN: Constructivamente el relé tipo MMC está basado en microprocesadores, que lo hacen contar con diferentes tipos de funciones, entre las cuales podemos mencionar, numero de arranques, partidas excesivamente largas, sobreintensidad, desequilibrio de fases, falla de aislación entre fases, falta de aislación entre fase y tierra, funcionamiento en vacío de bombas, etc.

APLICACIÓN: El relé de protección de motores, se utiliza para desconectar circuitos o aparatos cuando la corriente sube o baja por debajo del valor configurado ya sea por curva o por un valor dado por el usuario.

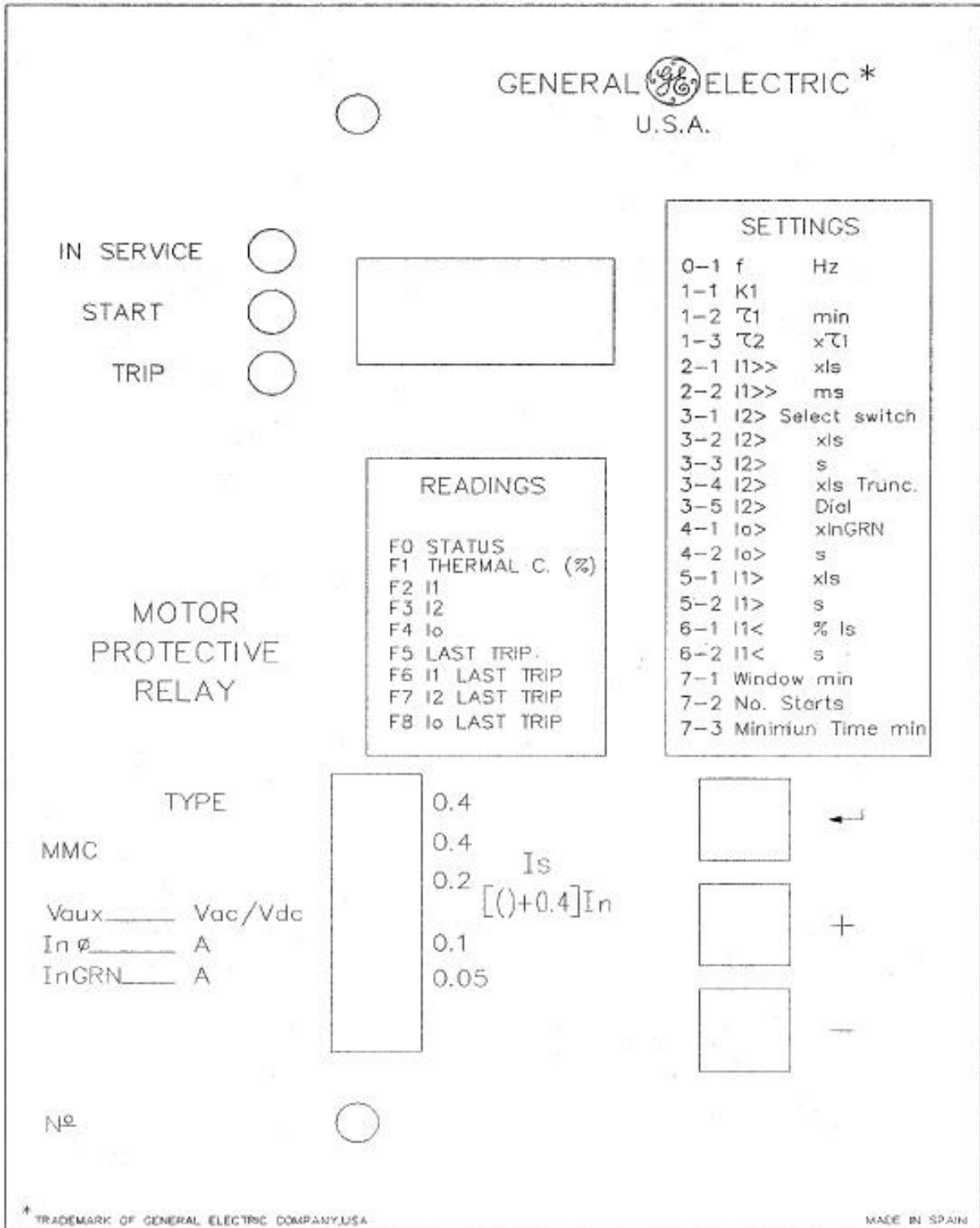


IMAGEN 4 - PLACA FRONTAL DEL MMC

Fuente: Manual MMC serie 1000, GE.

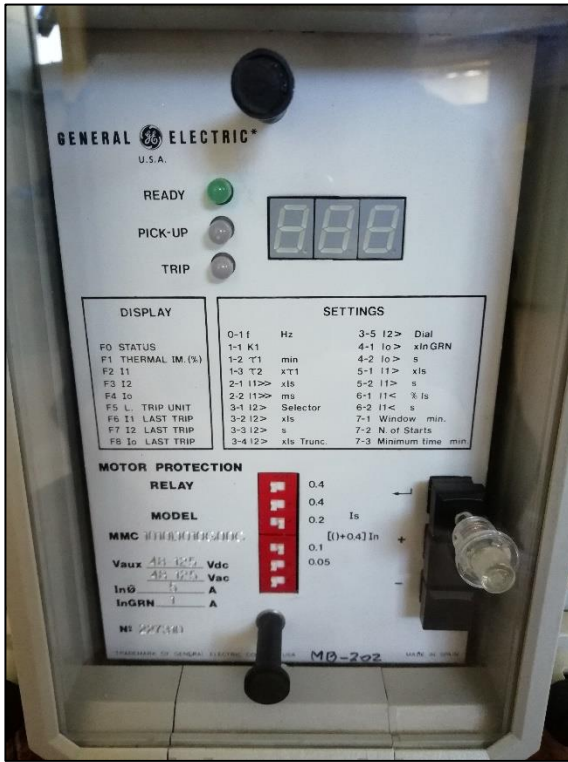


IMAGEN 5 -RELÉ VISTA FRONTAL



IMAGEN 6 -RELE VISTA POSTERIOR

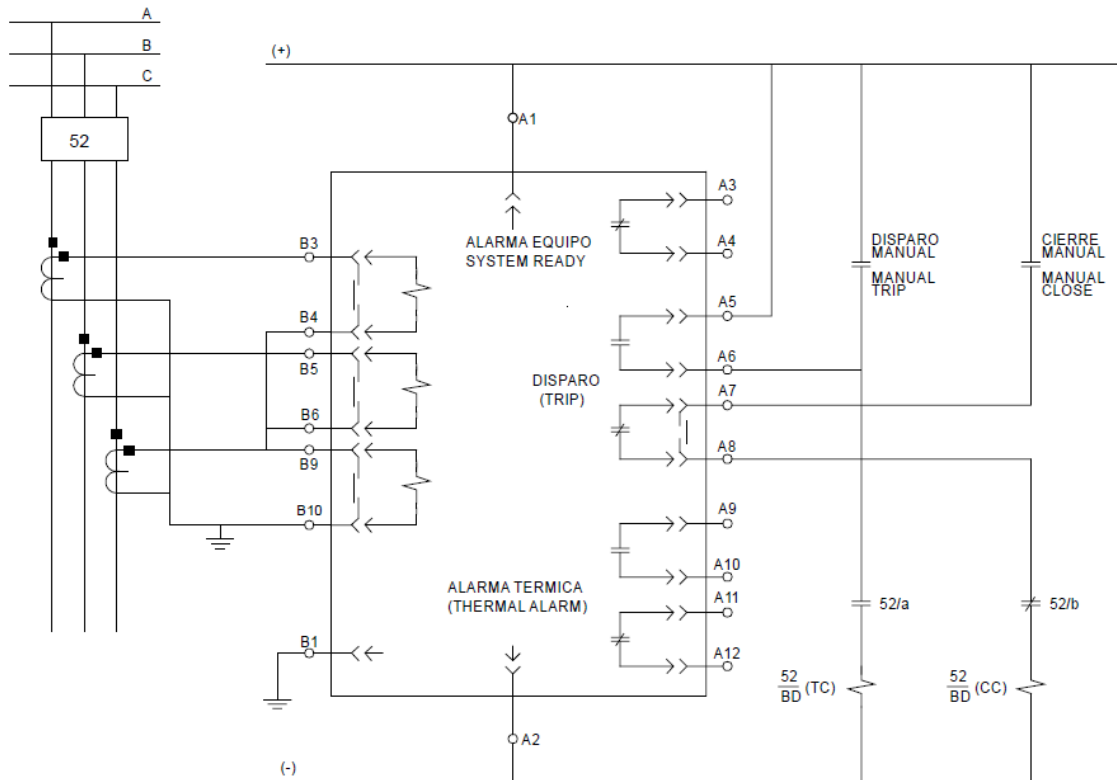


IMAGEN 7 - DIAGRAMA DE CONEXIÓN

Fuente: Manual MMC serie 1000, GE.

### CONFIGURACION DEL RELE:

Para configurar el relé a cualquiera de sus funciones debemos tener en claro una parte fundamental del relé, la cual es conocida como  $I_s$ . La importancia de entender  $I_s$  es fundamental, ya que toda la configuración del relé viene dada por veces  $I_s$

$I_s$  = Mencionada en el MMC como intensidad de toma.

$I_s$  es el factor que le aplicamos al MMC para ajustar su corriente de toma y sea lo más exacta posible con la carga.

### EJEMPLO:

Potencia: 28,576 Kw

Tension: 380 V

Corriente: 80A

Factor de potencia 0.94

Relación transformación 100/5

I nominal MMC: 5A

$$I_s = \frac{80}{\frac{10}{5} * 5} = 0.8$$

Osea:  $I_s * I$  nominal MMC =  $0.8 * 5 = 4A$

Por lo tanto, cuando por el MMC estén pasando 4A él lo va a entender como 80 A que es la corriente nominal del motor.

## 2.2. PROTECCIONES INCORPORADAS

El MMC serie 1000 provee protección al motor para una gran cantidad de posibles fallas, las cuales se describen a continuación.

### FALTAS ENTRE FASES:

Cuando la aislación falla entre 2 fases la intensidad de falla es generalmente mayor a cualquier intensidad normal, incluida la de arranque. Es por esto que el MMC serie 1000 trae la función de proteger el motor en caso de esta falla.

### ROTOR BLOQUEADO

Un motor con el rotor bloqueado está en una peligrosa situación, ya que se genera una gran cantidad de calor q no puede ser disipado. El MMC serie 1000 no puede distinguir entre una situación de arranque y de rotor bloqueado ya que las corrientes son similares, por lo tanto, para es preciso saber el tiempo de arranque del motor para así diferenciar la condición de arranque vs la de rotor bloqueado.

### DESEQUILIBRIO DE FASES:

Un desequilibrio de fases es muy perjudicial para un motor, ya que genera un sobrecalentamiento de las bobinas, dañando la aislación y las espiras de nuestro motor.

Es por esto que el MMC serie 1000 trae la unidad de secuencia negativa que protege al motor de esta falla, ya sea en operación instantánea o según curva de tiempo inverso.

### MINIMA INTENSIDAD:

Un desequilibrio de fases es muy perjudicial para un motor, ya que genera un sobrecalentamiento de las bobinas, dañando la aislación y las espiras de nuestro motor.

### ARRANQUES DEMACIADO FRECUENTES:

Para proteger al motor de arranque demasiado frecuentes en una ventana corta de tiempo el MMC serie 1000 viene con una unidad de control de numero de arranques, esta unidad impide que se produzca un número mayor de que el programado durante un tiempo dado.

**CAPÍTULO 3: "ENSAYOS OPERATIVIDAD DEL MMC"**

### 3.1. PRUEBAS ESTÁTICAS

Estas pruebas consisten en una previa inspección de los equipos que se quieren ensayar. Teniendo ya un previo estudio de los relés y gracias a la identificación de los componentes internos que tienen, podemos generar algunos valores que esperamos obtener en las pruebas estáticas a realizar.

BORNES	ESPERADO	REGISTRADO
B3-B4	BAJA	03. $\Omega$
B5-B6	BAJA	0.35 $\Omega$
B9-B10	BAJA	0.3 $\Omega$
A4-A5	ALTA	OL
A1-A2	ALTA	OL
A3-A6	ALTA	OL
A3-A8	ALTA	OL
A12-A7	ALTA	OL
A12-A9	ALTA	OL
A7-A9	ALTA	OL

TABLA 6 - PRUEBAS ESTÁTICAS RELÉ

### 3.2. PRUEBAS DINÁMICAS.

Este tipo de ensayos consta de poner a prueba el dispositivo implementándolo en un circuito que brindará la información de si se encuentran operativos o no. Para esto se realizan montajes que permitan tener el control tanto de la parte de control del equipo como su parte de fuerza. De esta forma se puede inferir en que parte estaría el desperfecto del equipo en caso de que se encontrara defectuoso o dañado.

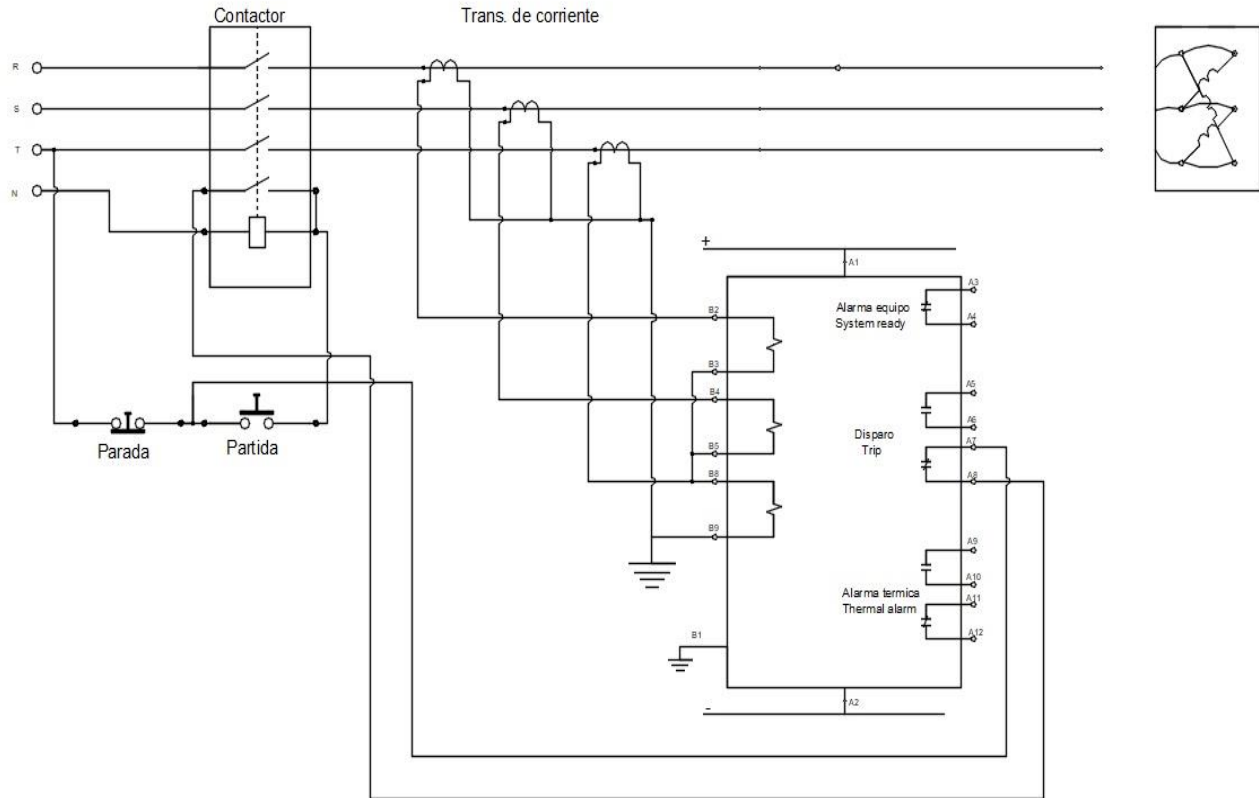


IMAGEN 8 - CIRCUITO DE MONTAJE PARA LOS ENSAYOS

Fuente: Elaboración propia.

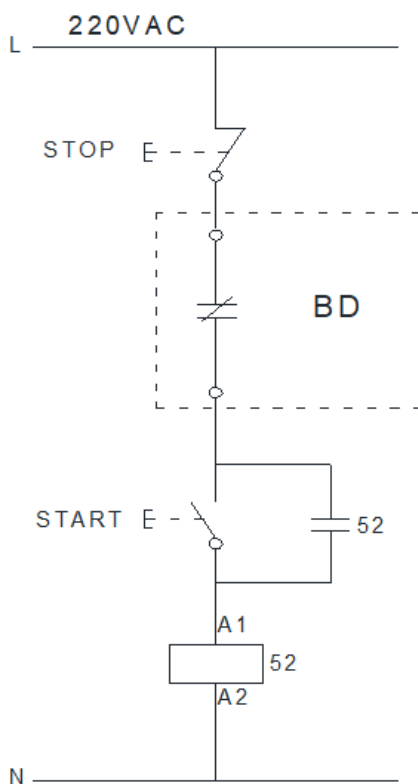


IMAGEN 9 - CIRCUITO DE CONTROL PARA LOS ENSAYOS.

Fuente: Elaboración propia.

Materiales necesarios para montajes de ensayos relé 1A – B:

- 1 contactor tripolar (S-N12) 220V/20A
- 1 Fuente variable Vca – Vcc (5A)
- 1 cuenta ciclo análogo 220V/110V
- 1 multímetro UT-202
- 1 amperímetro análogo 0-5 A
- 1 amperímetro análogo 0-10 A
- 1 voltímetro análogo 0-400V
- 1 kit de herramientas
- 1 pulsador NA
- 1 pulsador NC
- 1 carga trifásica 220/380V 8.9/5.1A
- 3 transformadores de corriente 100/5A
- 1 cuenta ciclos análogo 220/110v

### 3.2.1 Unidad Mínima Intensidad

El objetivo de este ensayo es comprobar el correcto funcionamiento del relé en la función de mínima intensidad

#### ACTIVIDADES:

- Realizar el circuito de montaje
- Cálculos de la carga
- Configurar el relé
- Energizar la Carga
- Provocar la falla

#### CALCULO DE LA CARGA

220/380 V  
8.9/5.1 A

$$I_s = \frac{8.9}{\frac{10}{5} * 5} = 0.89 \approx 0.9$$

1 Tab= 2.225 A

2 Tab= 4.45 A

3 Tab= 6.675 A

4 Tab= 8.9 A

CONFIGURACION DEL RELE:

Para configurar el relé a la función de mínima intensidad se utiliza la función 6.

6-1 Veces  $I_s$  en tanto %

6-2 Tiempo desde 0.1 a 10 s en pasos de 0.1

- El valor de corriente de arranque del temporizador se configura de 20 a 80% en pasos de 10
- Para este ensayo haremos actuar el temporizador al 30% de la  $I_n$ . O sea; 30% de  $0.9 = 0.33 I_s$
- $I$  de la carga =  $0.33 * 10 = 3.3 A$

PROCEDIMIENTO:

Realizar el circuito de montaje.

Energizar la carga

Aplicar los 4 tap

Después de un rato, se quitan 3 tap

Se espera a que el relé actúe, después se repite el ensayo.

RESULTADOS ENSAYO MINIMA INTENSIDAD:

Tap	I esperada	Tiempo Esperado	I registrada	Tiempo registrado
1	2.225	3	2.7	3.5
2	4.45	0	5.6	0
3	6.675	0	8.5	0
4	8.9	0	-	-

TABLA 7 - DATOS ENSAYO MINIMA INTENSIDAD

Voltaje = 240V

OBSERVACIONES: En el ensayo se cambió el % de mínima intensidad de 30% a 40% ya que la carga consumía más de lo esperado. También no se llegó al 100% de la carga ya que con 75% de esta ya teníamos valores similares a los que se calculaba que la carga tendría funcionando al 100%.

### 3.2.2 Rotor Bloqueado

El objetivo de este ensayo es comprobar el correcto funcionamiento del relé en la función de rotor bloqueado.

#### ACTIVIDADES:

- Realizar el circuito de montaje
- Cálculos de la carga
- Configurar el relé
- Energizar la Carga
- Provocar la falla

#### CALCULO DE LA CARGA

220/380 V

8.9/5.1 A

$$I_s = \frac{8.9}{\frac{10}{5} * 5} = 0.89 \approx 0.9$$

OBSERVACION: Para este ensayo se ocupará la carga de 8,9 In, pero solo con el 50% de la carga, pero los transformadores de corriente estarán conectados de tal manera que se incremente la corriente de toma, en vez de bajarla. Para este ensayo aumentaremos la I de tina en 3 veces con los trasformadores de corriente.

CONFIGURACION DEL RELÉ:

Para configurar el relé a la función de rotor bloqueado se utiliza la función 5.

5-1 Veces  $I_s$  desde 1 a 4 en pasos de 0.1

5-2 Tiempo desde 1 a 60 segundos en pasos de 1

$$I_{nominal} = 8.9A / 2Tap = 4.45 A$$

$$I_{toma} = 4.45 * 3 = 13.35 A$$

- O sea, el relé va a estar leyendo 13.35 A en sus entradas. Mientras que la  $I$  nominal de toma es:

$$I_{n\ toma} = 5 * 0.9 = 4.5 A$$

$$13.35 / 4.5 = 2.967 \text{ veces.}$$

- Por lo tanto, la corriente que está leyendo el MMC es 2.9 la  $I$  nominal. En base a esto configuramos el relé así:
- 5-1 = 2.9 veces  $I_s$ .
- Ya que el tiempo es una variable que nosotros manejamos en este caso, asignaremos un tiempo corto, para no exponer el relé a una corriente elevada por mucho tiempo.
- 5-2 = 5 Segundos.

PROCEDIMIENTO:

Realizar el circuito de montaje.

Energizar la carga.

Aplicar los 2 Tap.

Meter los transformadores al MMC.

Después de realizar el ensayo se repite.

RESULTADOS ENSAYO ROTOR BLOQUEADO:

I esperada	Tiempo esperado	I registrada	Tiempo registrado
13.35 A	5	11.24	5.01

TABLA 8 - DATOS ENSAYO ROTOR BLOQUEADO

Voltaje = 240V

OBSERVACIONES: En el ensayo se cambió la razón de transformación de los transformadores, y se aumentó x2 la corriente, también se cambió a 2.3 Veces la In.

### 3.2.3 Numero De Arranques

El objetivo de este ensayo es comprobar el correcto funcionamiento del relé en la función de numero de arranques

ACTIVIDADES:

- Realizar el circuito de montaje
- Cálculos de la carga
- Configurar el relé
- Energizar la Carga
- Provocar la falla

CALCULO DE LA CARGA

220/380 V

8.9/5.1 A

$$I_s = \frac{8.9}{\frac{10}{5} * 5} = 0.89 \approx 0.9$$

CONFIGURACION DEL RELE:

Para configurar el relé a la función de mínima intensidad se utiliza la función 7.

7-1 Ventana de tiempos desde 10 a 100 minutos en pasos de 1

7-2 Numero de arranques en la ventana de tiempo desde 1 a 10 en pasos de 1.

I nominal= 8.9 A con 2 Tab = 5.6 A

I toma = 5.6 A \* 2 = 11.2

Con esto aumentamos la In a=

11.2/4.5= 2.8 Veces.

Como la variante del tiempo la definimos nosotros

7-1= 15 Minutos.

También número de arranques lo definimos nosotros

7-2= 4 Arranques

PROCEDIMIENTO:

Realizar el circuito de montaje.

Energizar la carga

Como este ensayo busca simular una cantidad de números de arranque se tratará de simular la condición más real posible a lo que es un arranque de un motor. Por lo tanto, se energizará la carga con 2 tap luego de 5 s se dejará la carga con 1 Tab por 20 s.

Se espera 1 minuto, y después se repite el paso anterior,

DATOS:

A la quinta partida el relé el relé operó, y no dejó que la carga se energice.

Voltaje = 240V

### 3.2.4 Fallas entre fases

El objetivo de este ensayo es comprobar el correcto funcionamiento del relé en la función de fallas entre fases.

ACTIVIDADES:

- Realizar el circuito de montaje
- Cálculos de la carga
- Configurar el relé
- Energizar la Carga
- Provocar la falla

CALCULO DE LA CARGA:

220/380 V

8.9/5.1 A

$$I_s = \frac{8.9}{\frac{10}{5} * 5} = 0.89 \approx 0.9$$

Para este ensayo se ocupará una  $I_s$  diferente, en este caso el  $I_s$  será de 0.4, para que la  $I$  de toma sea de 2 A y así no se haga pasar una corriente muy alta por el MMC.

CONFIGURACION DEL RELE:

Para configurar el relé a la función de mínima intensidad se utiliza la función 2.

2-1 Valor de arranque del instantáneo de 3 a 11 (Veces  $I_s$ ) en pasos de 1.

2-2 Tiempo de 50 a 100 ms en pasos de 5.

$I$  nominal= 8.5 con 3 Tab

$I$  toma =  $8.5 * 2 = 17$  A

Con esto aumentamos la  $I_n$  a=

$17/2 = 8.5$  Veces.

2-1= 8 veces.

2-2= 100 ms.

PROCEDIMIENTO:

Realizar el circuito de montaje.

Energizar la carga.

Tomar valores

RESULTADOS ENSAYO FALLA ENTRE FASES:

I esperada	Tiempo esperado	I registrada	Tiempo registrado
17 A	100 ms	17.2 A	98 ms

TABLA 9 – DATOS ENSAYO FALLA ENTRE FASES

Voltaje = 240V

### 3.2.5 Faltas a tierra

El objetivo de este ensayo es comprobar el correcto funcionamiento del relé en la función de faltas a tierra.

ACTIVIDADES:

- Realizar el circuito de montaje
- Cálculos de la carga
- Configurar el relé
- Energizar la Carga
- Provocar la falla

CALCULO DE LA CARGA

220/380 V

8.9/5.1 A

$$I_s = \frac{8.5}{\frac{15}{5} * 5} = 0.56 \approx 0.6$$

Para este ensayo se debe saber que se configura de una manera a los diferentes ensayos, mientras los otros ensayos rigen su configuración en veces  $I_s$ , este rige su configuración en veces  $I_n$  GRN, la cual es 1A y está en la placa frontal del MMC.

Para realizar este ensayo se conectará una resistencia entre una fase y la tierra, para así simular una falta de aislación y una fuga de corriente, esta resistencia será de 2000 ohm, para así obtener una fuga de corriente mayor a 60mA y que el relé opere.

CONFIGURACION DEL RELE:

Para configurar el relé a la función de mínima intensidad se utiliza la función 4.

4-1 Valor de arranque del instantáneo de 0.06 a 0.24 (Veces  $I_n$  GRN) en pasos de 0.01

4-2 Tiempo e 0.05 a 10 s en pasos de 0.05

I nominal= 8.5A con 3 Tab

4-1= 0.06 Veces In GRN

4-2= 2s.

PROCEDIMIENTO:

Realizar el circuito de montaje.

Energizar la carga.

Provocar la fuga de corriente.

Tomar valores

RESULTADOS ENSAYO FALTAS A TIERRA:

I esperada	Tiempo esperado	I registrada	Tiempo registrado
110 mA	<2 s	130 mA	1.5 s

TABLA 10 - DATOS ENSAYO FALTAS A TIERRA

Voltaje = 240V

### 3.2.6 Desequilibrio de fases

El objetivo de este ensayo es comprobar el correcto funcionamiento del relé en la función de desequilibrio de fases.

ACTIVIDADES:

- Realizar el circuito de montaje
- Cálculos de la carga
- Configurar el relé
- Energizar la Carga

-Provocar la falla

### CALCULO DE LA CARGA

220/380 V

8.9/5.1 A

$$I_s = \frac{8.5}{\frac{15}{5} * 5} = 0.56 \approx 0.6$$

### CONFIGURACION DEL RELE:

El relé tiene la opción de funcionar tanto en modo instantáneo como en modo curva. En el modo curva el relé opera según la curva que nos da el fabricante. En el modo instantáneo el usuario es quien configura el tiempo y la corriente en el que el relé operara.

Para configurar el relé a la función de desequilibrio de fases se utiliza la función 3.

3-1 Selección de modo operación. Siendo 1 instantáneo y 2 modo curva.

3-4 Valor de truncamiento de la curva desde 0.2 a 1 en pasos de 0.1 en veces  $I_s$ .

3-5 Dial de la curva de 0.05 a 1 en pasos de 0.05

$I$  nominal= 8.5A con 3 Tab

3-1= 2 ósea curva.

3-4= 0.3  $I_s$ .

3-5= 0.1.

Según la curva que nos da el fabricante el relé debería operar antes de 1 s.

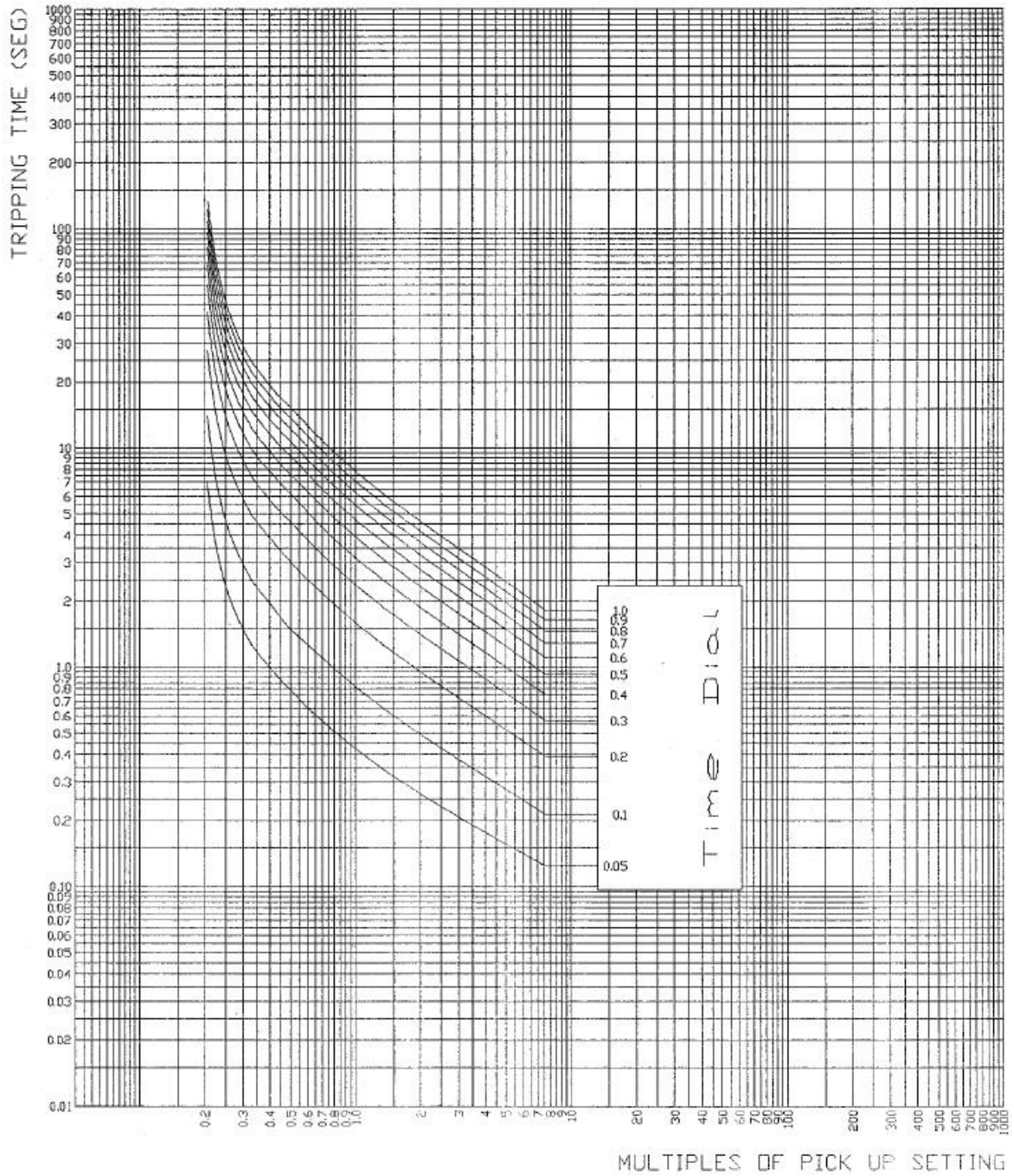


IMAGEN 10 - CURVAS DE TIEMPO INVERSO

Fuente: Manual relé mmc serie 1000, GE

PROCEDIMIENTO:

Realizar el circuito de montaje.

Energizar la carga.

Provocar desequilibrio.

Tomar valores

RESULTADOS ENSAYO DESEQUILIBRIO DE FASES:

I esperada	Tiempo esperado	I registrada	Tiempo registrado
0 A	<2 s	0 A	<1s

TABLA 11 - DATOS ENSAYO DESEQUILIBRIO DE FASES

Voltaje = 240V

## **CAPÍTULO 4: "IMPLEMENTACIÓN DE PANEL DE PROTECCIONES"**

El capítulo que abordaremos a continuación está dirigido a la implementación del módulo didáctico que se realizó en el taller de electricidad.

Este módulo en un principio se había pensado hacer de forma individual e independiente, pero después de conversaciones con los docentes y compañeros se llegó al acuerdo de hacer el módulo en conjunto con 2 trabajos de títulos paralelos que abordan de igual manera el tema de protecciones eléctricas.

El objetivo de hacer los trabajos en un módulo en común fue poder trabajar las protecciones de forma sistémica e individual, para así entender de mejor manera cómo funciona el mundo real de las industrias en donde estas protecciones están involucradas.

Con el módulo implementado de esta manera, se espera que los estudiantes de la carrera puedan tener una visión más global de las protecciones, y puedan trabajar con estas realizando diferentes configuraciones y ensayos q les sirvan para su aprendizaje.

Los Relés involucrados en el módulo son:

Relé de sobre intensidad tipo CO, marca Westinghouse:

Relé de sobre corriente, principio de funcionamiento a base de inducción electromagnética.

Relé de sobre intensidad, marca Gould Brown (ABB):

Relé de sobre corriente, principio de funcionamiento a base de inducción electromagnética, con la adhesión de dispositivos de estado sólido que ayuda al monitoreo del sistema.

Relé serie MIC 7000:

Relé de sobre corriente, principio de funcionamiento a base microprocesadores y electrónica digital, con capacidades de monitoreo constante y auto chequeo.

Relé tipo diferencial, marca Gould Brown:

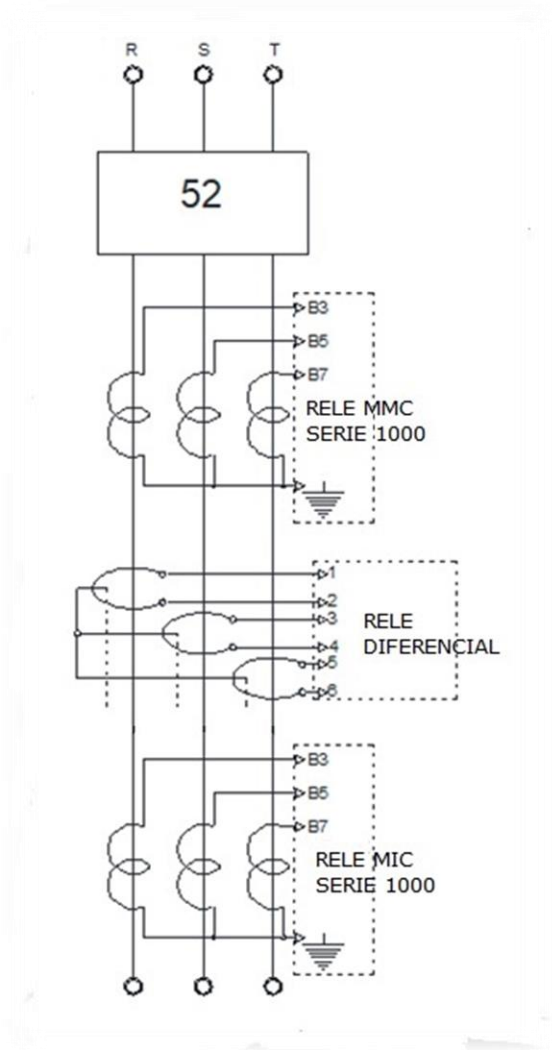
Relé Diferencial basado en microprocesadores.

Relé MMC serie 1000:

Relé modular de protección de motores basados en microprocesadores, principio de funcionamiento a base de microprocesadores y electrónica digital

## 4.1. CIRCUITO DEL MODULO.

CIRCUITO DE FUERZA:



IMGAGEN 11 - CIRCUITO DE FUERZA DEL MODULO

Fuente: Elaboración propia.

## ALIMENTACION DE LOS RELES:

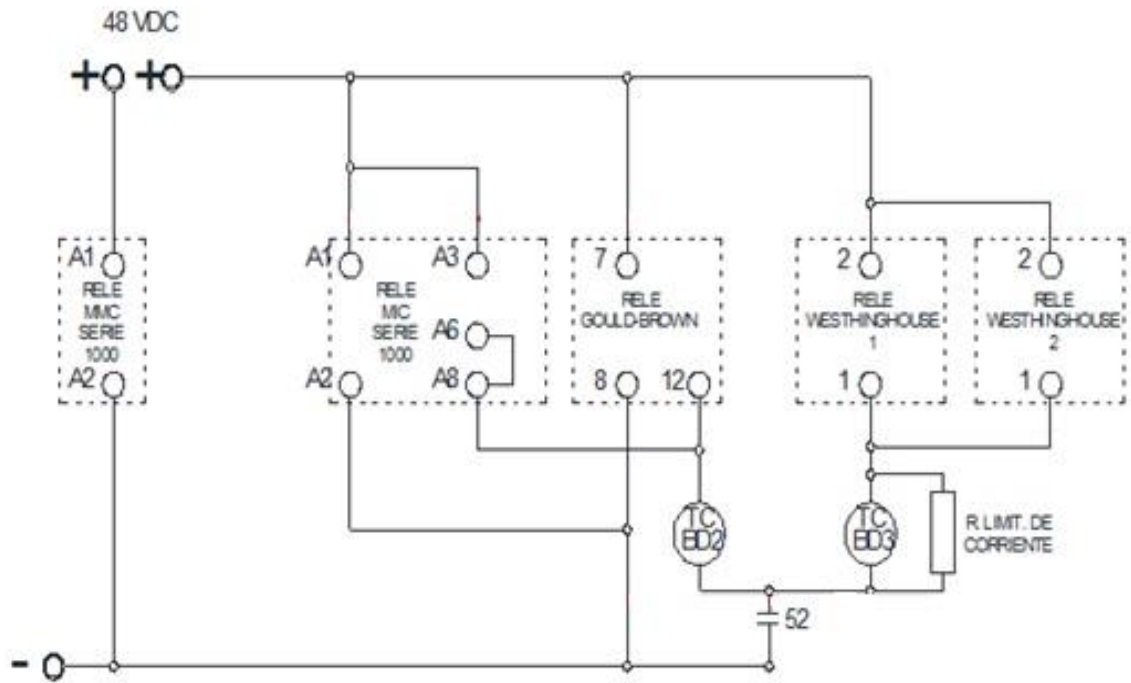


IMAGEN 12 - CIRCUITO DE ALIMENTACION PARA LOS RELES DEL MODULO

Fuente: Elaboración propia.



#### 4.2.1 Trabajo individual

A pesar de que el módulo didáctico está pensado para realizarse tanto en forma sistémica, como en forma individual, en el trabajo de título fue abordado de manera individual. En el cual el relé se comportó de la manera esperada y como fue configurado de acuerdo con el manual.

#### 4.2.2. Trabajo sistemático.

Como se mencionó anteriormente, el módulo está diseñado para funcionar sistémicamente, para poder así, simular de la manera más óptima la condición de una industria.

Para el trabajo sistémico se pueden realizar varias configuraciones, con esto podemos ver selectividad, como interviene la función de un relé en otro relé, etc. Los estudiantes de electricidad podrán realizar variados ensayos con el módulo funcionando sistémicamente.

Así como el módulo tiene muchas funciones vistas ya en los diferentes trabajos de título y tanto los estudiantes como docentes podrán aprovechar las diversas ventajas que provee el módulo, también deben tener las consideraciones respectivas, para así no poner en riesgo la vida de las personas que manipulen el módulo, como también proteger los equipos que estén involucrados en los ensayos que se realicen, para esto es esencial que tanto estudiantes como docentes se apoyen en los respectivos manuales que nos proveen los fabricantes.

## CONCLUSIÓN

Al finalizar el trabajo de título, se da como cumplido el objetivo general, el cual era poder implementar un módulo didáctico con el fin de ver las potencialidades del relé MMC serie 1000 con el fin de ayudar tanto a docentes como a estudiantes de la especialidad de electricidad.

Igualmente se puede dar por cumplido los objetivos específicos, que era el estudio de motores eléctricos ya que sin este estudio no se hubiera podido entender el objetivo del relé, y por qué son tan necesarias estas protecciones. El conocimiento del relé también se cumplió, ya que se logró saber las funciones que tenía el relé y como configurarlo para poder ensayarlo. Los ensayos que se realizaron también salieron como se esperaba, ya que se usó de referencia lo que nos indicaba el fabricante en el manual, este se siguió tal cual, y los resultados fueron los esperados. Y la implementación del módulo fue mejor que lo planificado, ya que antes el módulo estaba pensado para actuar de manera independiente, pero gracias a la retroalimentación de los docentes y de los compañeros de la carrera, esto se pudo mejorar realizando un trabajo en conjunto, sin alterar el objetivo principal.

Personalmente estoy muy agradecido de poder haber realizado este trabajo de título con respecto a la protección de motores, ya que se pudo poner en práctica lo aprendido durante los 6 semestres y también se aprendieron cosas nuevas, sintiendo así que el trabajo de título cumplió su objetivo. Además, se dejó un módulo que servirá de estudio a las futuras generaciones, esperando que les sea útil en su formación académica.

## BIBLIOGRAFÍA

- a. Protecciones de Sistemas Eléctricos – Luis A. Brand – Juan A. Moncada
- b. Maquinas eléctricas 5ta edición – Jesús Fraile Mora.
- c. Catálogo: Relés Modulares de protección de motores basados en microprocesadores MMC series 1000.