

***Módulo de sobrecorriente para simular el comportamiento de los relés 50 y 51  
en régimen permanente de una falla eléctrica***

***Module for overcurrent to simulate the behaviour of 50 and 51 relay in  
permanent pattern from a power failure***

**Alex Danilo Panchi Guamangallo<sup>1</sup>, Xavier Alfonso Proaño Maldonado<sup>2</sup>**

**RESUMEN:**

En los Sistemas eléctricos de potencia (SEP), es muy importante garantizar la continuidad del servicio eléctrico ante la presencia de fallas eléctricas, como también salvaguardar la integridad de los equipos que conformar un SEP, para lograr este objetivo se usan diferentes equipos como: el relé de sobrecorriente de tiempo inverso y definido. El presente proyecto se enfocó en la construcción de un prototipo de relé de sobrecorriente de tiempo inverso y definido, usando modelos matemáticos definidos en la Norma IEC 2554 y BS142, el módulo contiene una interfaz hombre maquina (HMI), que facilita la lectura de corriente como tiempos de operación y el ingreso de variables tales como Dial, TAP y selección de tipo de curva, parámetros indispensables para su calibración. La señal de corriente es medida mediante un sensor de efecto hall, que es conectada a una entrada analógica de la tarjeta Arduino, la señal es procesada de forma que se obtiene un valor eficaz (RMS), representando al valor medido en el secundario de un transformador de corriente TC, en consecuencia el prototipo calcula el tiempo de operación a distintas configuraciones de Dial y Tap, donde el módulo permite un tiempo mínimo de respuesta de 9 milisegundos cuando alcanza la configuración de tiempo definido.

**Palabras claves:** Sobrecorriente de tiempo inverso y definido, protecciones eléctricas, continuidad del servicio eléctrico.

**ABSTRACT:**

*In Electrical Power Systems (SEP), it is very important to guarantee the continuity of the electrical service in the presence of electrical failures, as well as to safeguard the integrity of the equipment that make up a SEP, to achieve this objective different equipment is used such as: Inverse and definite time overcurrent relay.*

---

<sup>1</sup> ALLUMER, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, [danielopanchi6@gmail.com](mailto:danielopanchi6@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, [xavier.proano@utc.edu.ec](mailto:xavier.proano@utc.edu.ec)

*This project focused on the construction of a prototype of an inverse and defined time overcurrent relay, using mathematical models defined in the IEC 2554 and BS142 Standard, the module contains a human machine interface (HMI), which facilitates current reading. such as operating times and the input of variables such as Dial, TAP and selection of the type of curve, essential parameters for its calibration. The current signal is measured by a hall effect sensor, which is connected to an analog input of the Arduino board, the signal is processed in such a way that an effective value (RMS) is obtained, representing the value measured in the secondary of a CT current transformer, consequently the prototype calculates the operating time at different Dial and Tap settings, where the module allows a minimum response time of 9 milliseconds when it reaches the defined time setting.*

**Keywords:** *Inverse and definite time overcurrent, electrical protections, continuity of electrical service.*

**Recibido 26 de julio de 2020; revisión aceptada 2 de octubre de 2020**

## 1. INTRODUCCIÓN

Un sistema de suministro y transporte de Energía Eléctrica debe cumplir con varios requisitos indispensables para prestar un servicio con niveles altos de calidad y seguridad. Dichos sistemas quedarán expuestos a fallas cuyas causas son múltiples, que además de provocar daños severos son muchas veces impredecibles, por lo que es necesario proporcionarles a dichos sistemas los esquemas de protección debidamente calibrados con el fin de minimizar los efectos de las fallas, los tiempos de interrupción y mejorar la continuidad del servicio a los consumidores, así como disminuir el número de usuarios afectados [1, p. 4].

El proyecto consiste en la elaboración de un módulo didáctico de relé de sobrecorrientes, que opera en tiempo inverso como instantáneo, los parámetros de configuración son de fácil ingreso y muy didácticos, de esta forma el estudiante puede verificar tiempos de operación y apertura de contactos cuando se genera una sobrecarga o falla en el sistema.

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se realizaron mediciones conforme se vaya desarrollando la programación con sus respectivas pruebas. De esta forma se ajustan los parámetros de forma correcta y segura, las mediciones se las realiza en el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para posteriormente digitalizar la información en una base de datos, compilar la programación y determinar el funcionamiento de los diferentes escenarios desarrollados en la investigación.

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El módulo de relé de sobrecorriente permite verificar los tiempos de operación, mediante la variación de DIAL y TAP, las ecuaciones hacen uso de la Norma IEC 2554 y BS142, en una primera etapa se debe proceder a la gráfica de curvas y determinar el comportamiento del sistema como: Normal inversa, muy inversa y extrema inversa. El módulo una vez calibrado censa las corrientes, una vez alcanzado los valores seteados, abre un contacto, de esta manera despeja la falla.

El diagrama de flujos permite elaborar de forma secuencial el desarrollo de la programación del módulo didáctico de relé de sobre corriente, el mismo que tiene las siguientes pantallas principales:

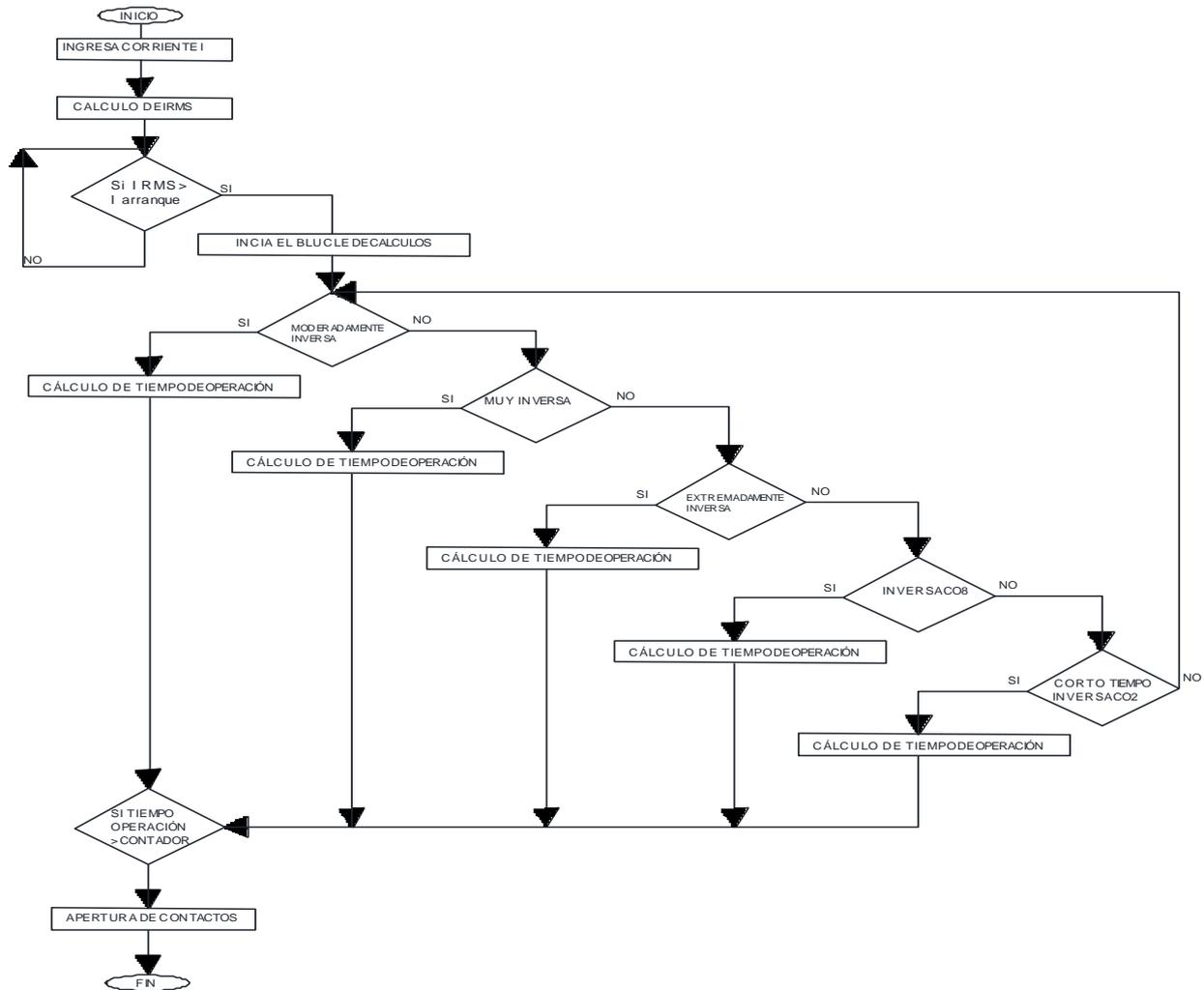
- **Pantalla \_Ajuste\_TC:** La función selecciona la relación de TC y se visualiza las lecturas de corriente en el lado secundario del TC.
- **Curva de relé:** Mediante las ecuaciones Norma IEC 2554 y BS142, se establecen tipos de curvas, de tal manera seleccionamos tipo de curva y ajustamos los valores de DIAL y TAP.

El proceso de adquisición de datos y ejecución de variables para verificar el funcionamiento de operación del relé didáctico se debe realizar los siguientes pasos:

- Se inicializa mediante el registro de la señal de corriente, esta es procesada y calculada en un valor RMS.
- Se selecciona el tipo de curva y el programa compara la curva seleccionada y realiza los cálculos correspondientes.
- Si la corriente es mayor al set point inicia el proceso de conteo para la apertura, una vez alcanzado el tiempo total, este abre los contactos con la finalidad de evitar daños al sistema eléctrico.

En la figura 3.1, se muestra el diagrama de flujos usado e implementado en la programación del módulo de sobrecorrientes cuyas condiciones son:

- Cuando la corriente  $I_{RMS}$  es menor al set point es decir opera en condiciones nominales, el módulo no realiza ninguna acción.
- Si la corriente  $I_{RMS}$  es mayor a la seteada ingresa a un bucle para comparar el tipo de curva seleccionada y cálculo de tiempos de operación.



**Figura 1.** Flujograma de programación de relé de sobrecorrientes.

**Parámetros de calibración.**

Para comprender el funcionamiento del sistema se realiza la siguiente secuencia para el funcionamiento del mismo, mediante los siguientes pasos:

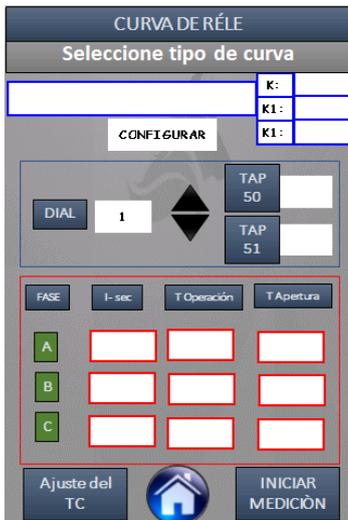
**Tabla 1.** Pasos de funcionamiento.

<p><b>Paso 1.</b> Se ingresa la contraseña: "0707"</p>	<p><b>Paso 2.</b> Se observa la pantalla con la descripción del trabajo de investigación.</p>
<p><b>Paso 3.</b> La ventana muestra un Transformador de Corriente y se selecciona una Relación de Transformación (RTC).</p>	



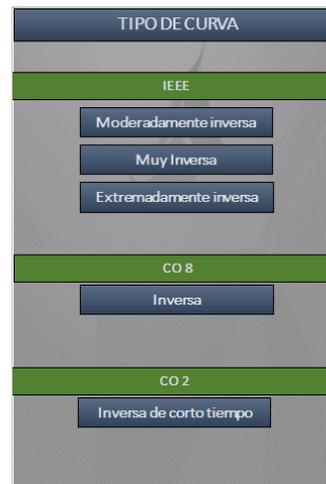
**Paso 4.**

En la página ajuste del relé se selecciona el tipo de curva a usar.



Mediante teclado, se ingresa el valor del TAP instantáneo e inverso.

En siguiente sub ventana, se selecciona un tipo de curva a usar.

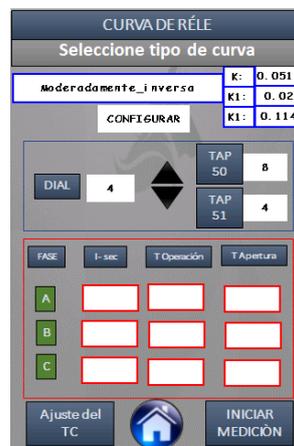


Una vez seleccionado el tipo de curva los valores de K, K<sub>1</sub> y K<sub>2</sub> se actualizan automáticamente.

Ahora se ingresa el valor del Dial, Con los botones se incrementa o disminuye el valor del Dial.



**Paso 5.** Finalmente se presiona **INICIAR MEDICIÓN**, y se conecta a conectar la carga.



Todos los pasos anteriores se deben realizar cuando el texto se encuentra en configurar.

**Paso 6.** El módulo registra la señal de corriente por fase a continuación se realiza el análisis de los casos base que se pueden suscitarse en el uso del módulo.

Caso 1:

- Si la carga supera el Tap instantáneo, la apertura es inmediata.

Caso 2:

- Si la carga se encuentra en el rango de Tap tiempo inverso e instantáneo, la apertura de carga es definida por el tipo de curva y dial seleccionado.

Caso 3:

- Si el usuario no ingresa el Tap de tiempo inverso e instantáneo el módulo no realiza ninguna acción

Caso 4:

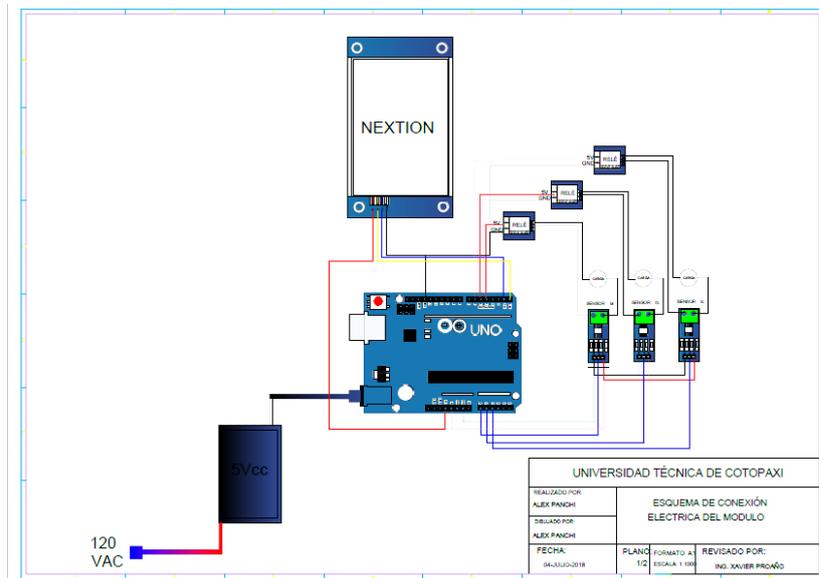
- Si el usuario ingresa el Tap de tiempo inverso y no el instantáneo, el módulo abre los contactos en función de la curva seleccionada y parámetros ingresados.

Caso 5:

- Si la sobrecarga se encuentra por un tiempo definido sin alcanzar el tiempo de apertura, y el sistema vuelve a condiciones nominales, el módulo resetea el conteo hasta una nueva sobrecarga.

## Diagrama Eléctrico

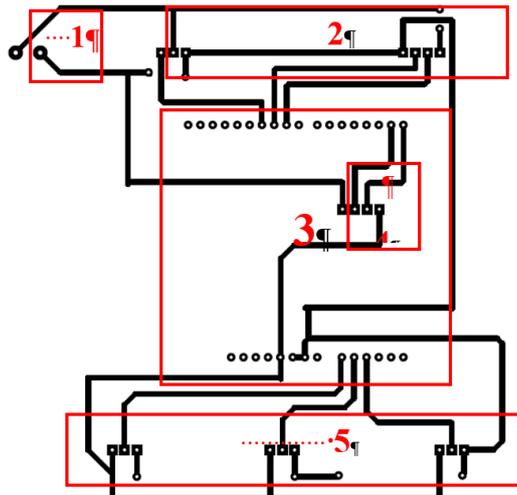
El módulo didáctico de relé de sobre corriente se energiza mediante 120 Vcc, mediante rectificador se reduce el voltaje a 5Vdc. En la figura 2, se detalla el plano de conexión del módulo.



**Figura 2.** Conexión eléctrica de los módulos.

## Construcción del módulo de sobrecorriente

Una vez adquirido los elementos necesarios para la elaboración del módulo, sensores, pantalla Nextion y Placa Arduino y realizada la programación correspondiente en los diferentes equipos.



**Figura 3.** Diseño de Placa en Proteus.

Debido que el equipo está conformado por diferentes elementos, se elabora una placa en baquelita con el fin de evitar el cableado excesivo, como se muestra en la figura 3.3 y cuyas características son las siguientes:

- Fuente 5 VCC para alimentación de relés.
- Pines de conexión para módulos de uno y dos relés
- Pines para la conexión de la placa Arduino.
- Pines de conexión de la pantalla Nextion.
- Pines de salida para conexión de sensores de efecto hall.

### Pruebas de operación del módulo de sobrecorriente.

Una vez realizada las calibraciones correspondientes se han realizado pruebas de operación de tal manera que los tiempos de operación se manejen en rangos permitidos. A continuación, se presenta la tabla 2, donde se calibro el Dial y Tap, de tal forma que se registra los tiempos de apertura de contactos.

**Tabla 2.** Prueba con una curva Moderadamente Inversa.

CURVA MODERADAMENTE INVERSA IEC						
Fase	Tap-50	I sec [A]	Tap-51	DIAL	Tiempo Módulo [s]	Tiempo Curvas EXCEL [s]
A	5	4,5	3	1	6,499	6,439
B	5	4,7	3	1	5,776	5,823
C	5	4,6	3	1	6,212	6,112

Se produce un error bajo condiciones se observa una curva moderadamente inversa donde se obtiene un error en el rango del 1% que es admisible para el sistema.

**Tabla 3.** Error de apertura de contactos para una curva moderadamente inversa.

Fase	Error
A	0,00923219
B	-0,00813712
C	0,01609788

En la tabla 4 se visualiza los tiempos de operación para una curva muy inversa.

**Tabla 4.** Prueba con una curva muy inversa.

CURVA MUY INVERSA IEC						
Fase	Tap-50	I sec [A]	Tap-51	DIAL	Tiempo Módulo [s]	Tiempo Curvas EXCEL [s]
<b>A</b>	5	4,7	3	1	13,827	13,973
<b>B</b>	5	4,3	3	1	19,326	19,088
<b>C</b>	5	4,4	3	1	17,015	17,526

En la tabla 5 con los cálculos del error para una curva muy inversa.

**Tabla 5.** Error de apertura de contactos para una curva muy inversa.

Fase	Error
<b>A</b>	-0,01055905
<b>B</b>	0,01231502
<b>C</b>	-0,03003232

#### 4. CONCLUSIONES

- El error por apertura de contactos, más el error por envío de señal rodea los 2 milisegundos.
- El módulo está en la capacidad de registrar las fallas por sobrecarga o cortocircuito y desenergiza la fase altera, asegurado la continuidad del servicio en las dos fases restantes, en caso de que la falla sea trifásica la desconexión es en las tres fases.
- El módulo de sobrecorriente tiene un tiempo de respuesta mínimo de 9 milisegundos, tiempo destinado al cálculo del valor RMS de corriente, el tiempo de apertura de contactos cuando alcance o supere el valor del Tap instantáneo rodea los 11 milisegundos.
- El error de apertura de contactos, obtenido en las pruebas realizadas se encuentra en un rango de 1%, siendo favorable para el uso académico.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Samuel, Protección de Sistemas Eléctricos, Manizales: Universidad Nacional de Colombia Manizales, 2012.
- [2] U. d. I. R. d. Uruguay, «Calculo de las corrientes de cortocircuitos,» [En línea]. Available:  
[https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/iiee/Documentos/Teorico/Calculo\\_de\\_las\\_corrientes\\_de\\_cortocircuito.pdf](https://iie.fing.edu.uy/ense/asign/iiee/Documentos/Teorico/Calculo_de_las_corrientes_de_cortocircuito.pdf). [Último acceso: 25 02 2018].
- [3] D. Fernandez, Instalaciones eléctricas industriales I, Cochabamba-Bolivia: Universidad Mayor de San Simon, 202.
- [4] Schneider-electric, «Cuaderno Tecnico N°158, Cálculo de corrientes de cortocircuito,» vol. 1, n° 14, p. 38, 2000.
- [5] C. d. O. E. d. S. I. Nacional, Criterios de ajustes y coordinación de los sistemas de protección del SEIN, Quito, 2014.
- [6] A. Salvador, «Ingeniería de diseño para la utilización de los relés multifuncion de la central mazar en las central molino perteneciente a celec ep.,» vol. 1, n° 34, p. 261, 2015.
- [7] A. MicroSystems, Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC, Massachusetts, 2017.
- [8] PanamaHitex, «PanamaHitex,» [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/el-setup-y-el-loop-en-arduino/>. [Último acceso: 18 07 18].
- [9] P. C. S. V. León Miguel, Diseño y construcción de un banco de protecciones de sobrecorriente, para alimentadores de media tensión, Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [10] V. M. C. G. Conde Enriquez, Diseño teórico y simulación de un relevador de sobrecorriente con capacidades dinámicas de ajuste, México: SciELO, 2010.
- [11] G. Francisco, Sistemas Electricos de Potencia, giaELEC.org, 2007.
- [12] EcuARED, «Proteccion de sobrecorriente,» Conocimiento con todos y para todos, vol. I, n° 1, p. 3, 2018.
- [13] R. Raul, «Programa digital de coordinacion de protecciones de sobrecorriente,» *Escuela Politecnica Nacional*, vol. 1, n° 15, p. 125, 1981.
- [14] B. Martha, «Coordinacion de relés de sobrecorriente en sistemas de distribucion con penetracion de generacion distribuida,» vol. 1, n° 27, p. 57, 2015.
- [15] M. G. Zapata Carlos, «Coordinacion de relés de sobrecorriente en sistemas radiales utilizando programacion lineal,» Universidad Tecnologica de Pereira, vol. I, n° 1, p. 6, 2003.