

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA

Tema de Práctica: Prueba de protección diferencial mediante inyección secundaria en relé P5T30

Autor:

Milton Daniel Tenesaca Valencia

GUAYAQUIL – ECUADOR

I PAO 2025

Contents

LABORATORIO DE SISTEMAS DE POTENCIA	1
1. Objetivos	3
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos	3
2. Equipos y herramientas.....	3
3. Guía práctica	4
3.1. Diagrama de conexiones.....	4
3.2. Configuración Easergy Pro.....	6
3.3. Configuración maleta de pruebas para prueba de protección diferencial	10
3.3.1. Configuración de prueba de la curva característica diferencial.....	10
3.3.2. Configuración de prueba de restricción por segundo armónico y quinto armónico.....	21
3.4. Procedimiento	23
4. Resultados.....	23
5. Preguntas	24

Guía Práctica

Tema: Prueba de protección diferencial mediante inyección secundaria en relé P5T30

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Implementar una guía didáctica orientada a la realización de pruebas eléctricas a la protección diferencial del relé P5T30 ubicado en el tablero didáctico de protecciones mediante la ejecución de inyección secundaria para la comprensión de la operación del tablero y la protección diferencial.

1.2. Objetivos específicos

- Configurar la protección diferencial utilizando el software easergy pro para poder realizar pruebas de inyección secundaria.
- Explicar las conexiones necesarias para realizar prácticas de inyección.

2. Equipos y herramientas

- Tablero didáctico de protecciones.
- Relé P5T30.
- Cables USB mini.
- Computador.
- Software eSetup Easergy Pro V4.9.1.
- Manual de usuario Easergy P5.
- Ingeniería del tablero didáctico.
- Software TestUniverse.
- Maleta de pruebas.

3. Guía práctica

3.1. Diagrama de conexiones

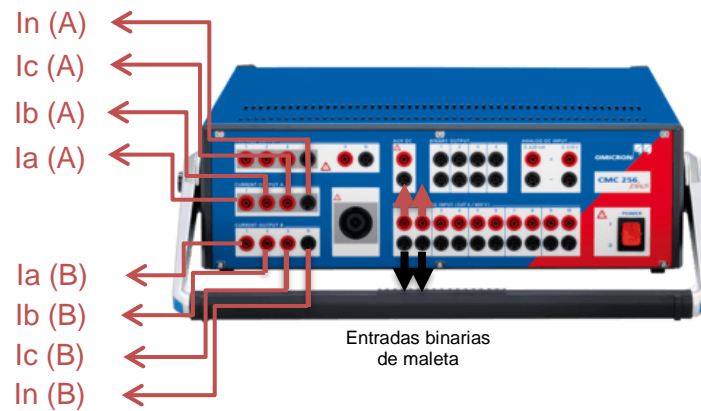


Ilustración 1. Esquema de conexión de maleta de pruebas

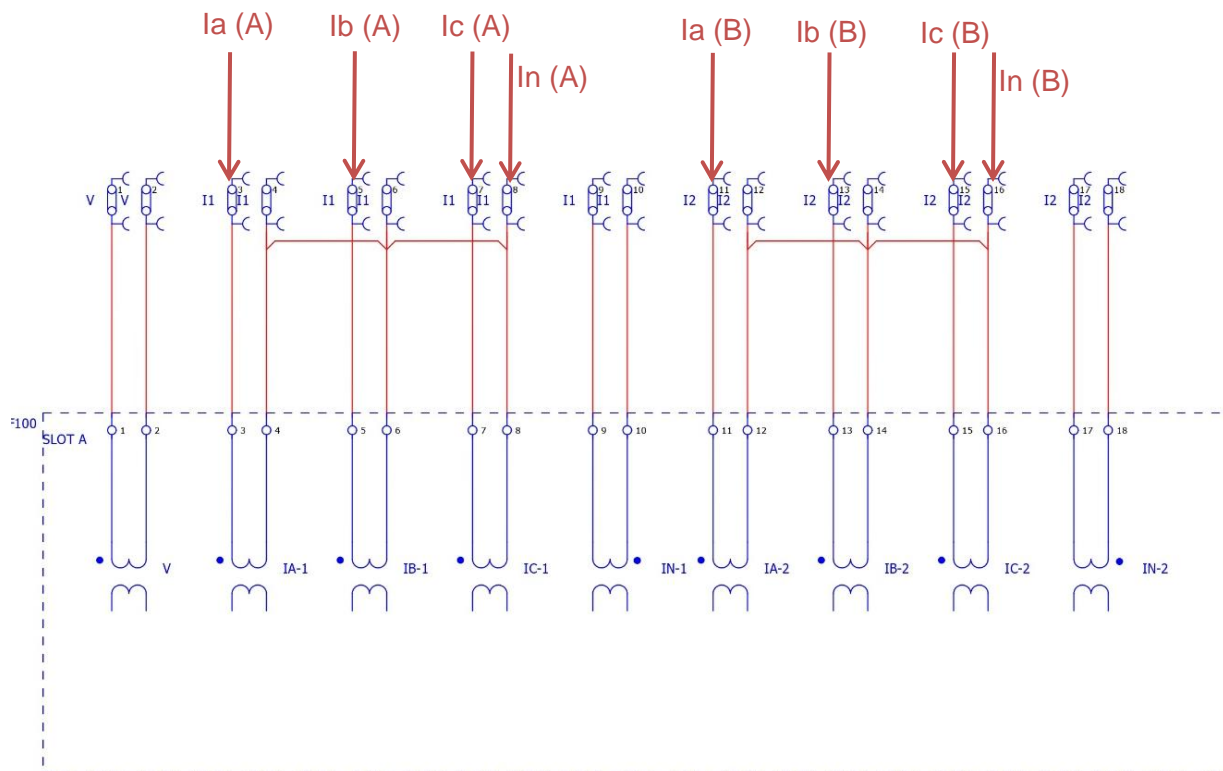


Ilustración 2. Esquema de conexión de tablero didáctico entradas analógicas

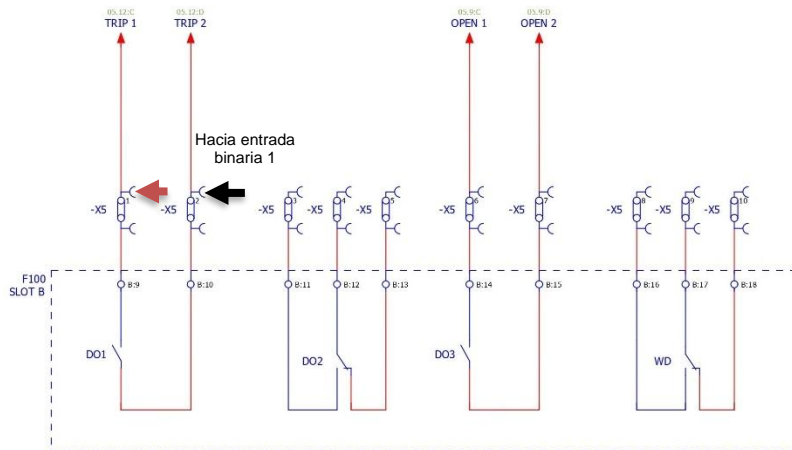


Ilustración 3. Esquema de conexión salidas binarias 1 del tablero didáctico

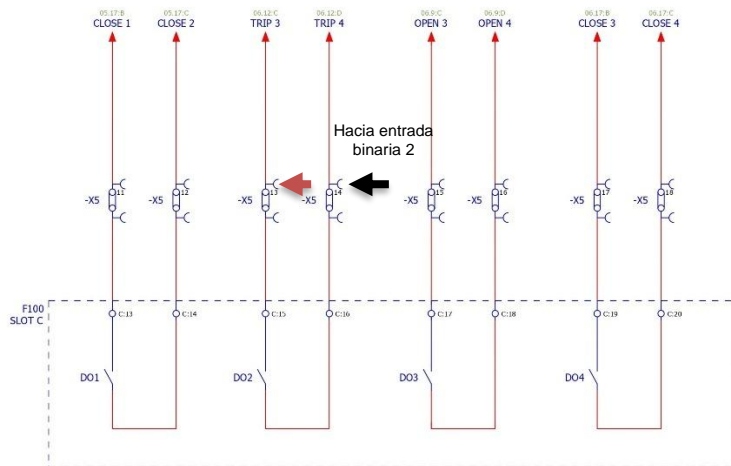


Ilustración 4. Esquema de conexión salidas binarias 2 del tablero didáctico

3.2. Configuración Easergy Pro



Ilustración 5. Configuración de protección diferencial de relé P5T30

Se habilita la protección diferencial marcando la casilla **Enable for 87T**.

Para seleccionar el grupo vectorial se debe elegir el número vectorial, que se encuentra entre los valores de 0 y 11. El sistema es capaz de determinar la compensación seleccionado el número del grupo vectorial y la función de filtro de corriente de secuencia cero para el lado de alta y el lado de baja del transformador.

Conexión del transformador	Desfase de transformador	Compensación vectorial seleccionando el filtro de corriente de secuencia cero	
		HV	LV
Dy vg	$\Phi = vg * (-30^\circ)$	No	No
Dyn vg		No	Sí
Yd vg		No	No
YNd vg		Sí	No

Tabla 1. Configuración general de compensación vectorial

Donde:

- Vg: Grupo vectorial (0 ... 11)
- Dy o Yd son configuraciones con el número de grupo vectorial impar
- Dd o Yy son configuraciones con el número del grupo vectorial par

Esta aplica para sistemas con secuencia positiva, al cambiar la secuencia, vg se reemplaza por vg'.

$$vg' = 12 - vg$$

Se tienen las siguientes configuraciones:

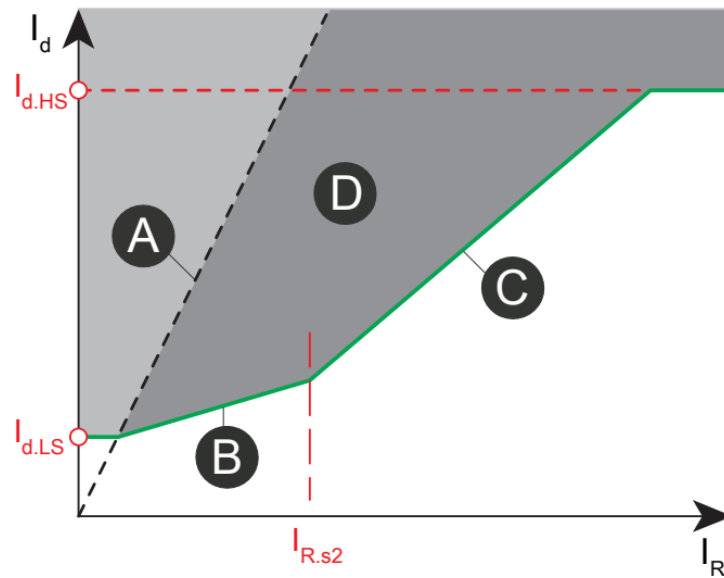
- **Low set id [pu]:** Corriente de arranque de la gráfica característica.
- **Slope 1 [%]:** Primer pendiente de la característica en porcentaje.
- **Ib for start of slope 2 [pu]:** Corriente de restricción que establece el inicio de la segunda pendiente.
- **Slope 2 [%]:** Segunda pendiente de la característica en porcentaje.
- **High set mode:** Configura el límite de la característica (corriente sin restricción).
- **Bias calculation mode:** Permite establecer el cálculo de la corriente de restricción. Existen dos configuraciones.

$$\text{Diff. of phasors: } I_R = \frac{|I_1 - I_2|}{2}$$

$$\text{Sum of abs. val.: } I_R = (|I_1| + |I_2|)/2$$

- **Operate delay:** Establece un retardo de tiempo en operación de diferencial.
- **Inrush blocking:** Define la función de bloqueo por segundo armónico.
- **Inrush blocking ratio [%]:** Define el porcentaje de bloqueo por segundo armónico.
- **Inrush cross block:** Establece que, si 1 fase activa una función de bloqueo, esta bloqueará la función diferencial en las demás fases.
- **Max inrush Id [pu]:** Corriente diferencia máxima de Inrush.
- **Overflux blocking:** Define la función de bloqueo por quinto armónico.
- **Overflux blocking ratio [%]:** Define el porcentaje de bloqueo por quinto armónico.
- **CTS operatin mode:** Establece la protección ANSI 60 de supervisión de transformador de corriente en caso de circuitos abiertos o fallas en su operación. Si se encuentra en **Indication**, al detectar una falla enviará una alarma de TCS. Si se encuentra en **Blocking**, bloqueará la función 87. Si se encuentra en **Restraining**, desplazará la corriente pickup de la característica hacia arriba.

El relé P5T30 establece la característica como se muestra a continuación.



A	Característica de falla alimentada de un solo lado	B	Pendiente 1
C	Pendiente 2	D	Área de disparo

La característica puede ser graficada con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Para } I_R < \frac{I_{d.LS}}{2}; I_d > I_{d.LS}$$

$$\text{Para } \frac{I_{d.LS}}{2} \leq I_R \leq I_{R.S2}; I_d > \text{Slope } 1 * \left(I_R - \frac{I_{d.LS}}{2} \right) + I_{d.LS}$$

$$\text{Para } I_R > I_{R.S2}; I_d > \text{Slope } 2 * (I_R - I_{R.S2}) + \text{Slope } 1 * \left(I_{R.S2} - \frac{I_{d.LS}}{2} \right) + I_{d.LS}$$

Una vez habilitada la función diferencial se establece un disparo en alta y en baja en la matriz de salidas en el software.

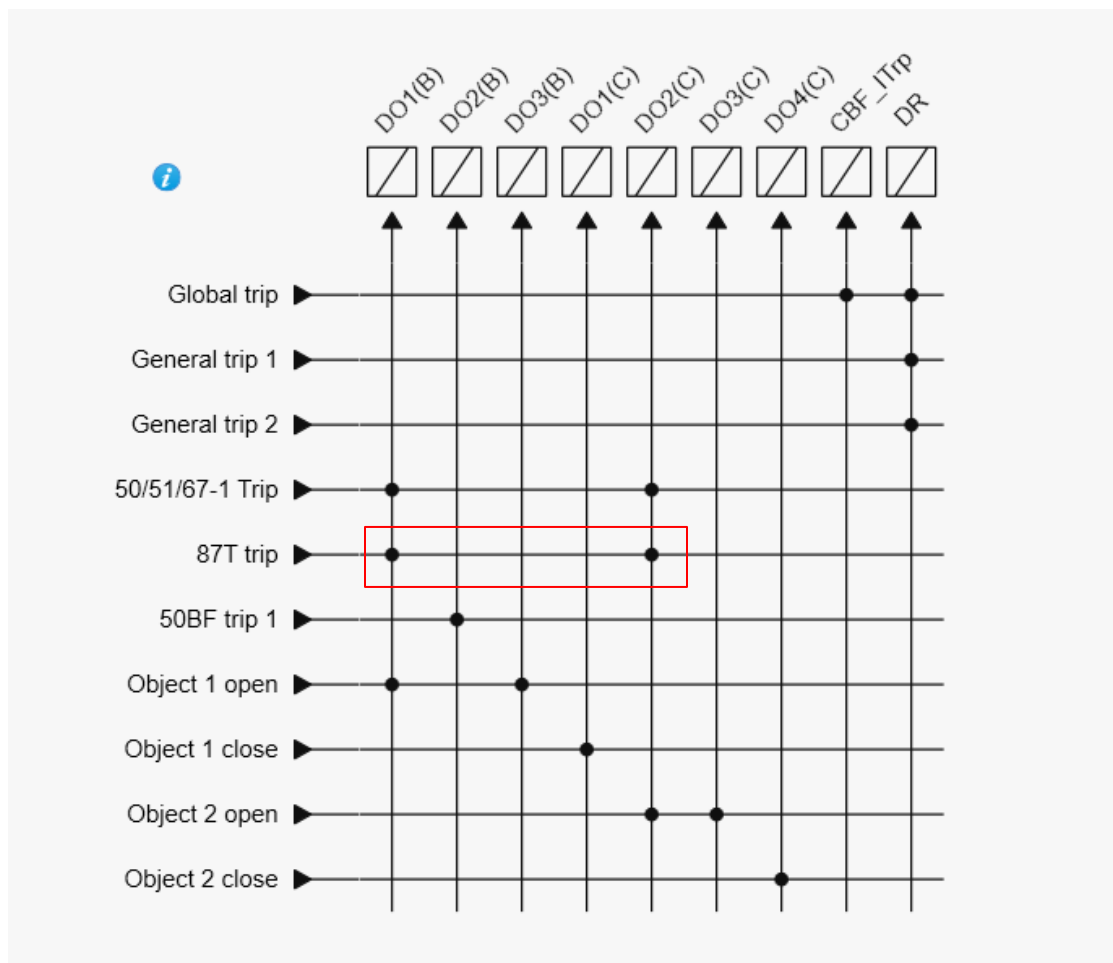


Ilustración 6. Configuración de la matriz de salida para un disparo en alta y en baja por protección diferencial

3.3. Configuración maleta de pruebas para prueba de protección diferencial

3.3.1. Configuración de prueba de la curva característica diferencial

Se selecciona el módulo de prueba denominado operación característica de diferencial y se configura en el apartado de **Hardware configuration** el modelo del equipo de pruebas OMICRON y las salidas analógicas a utilizar.

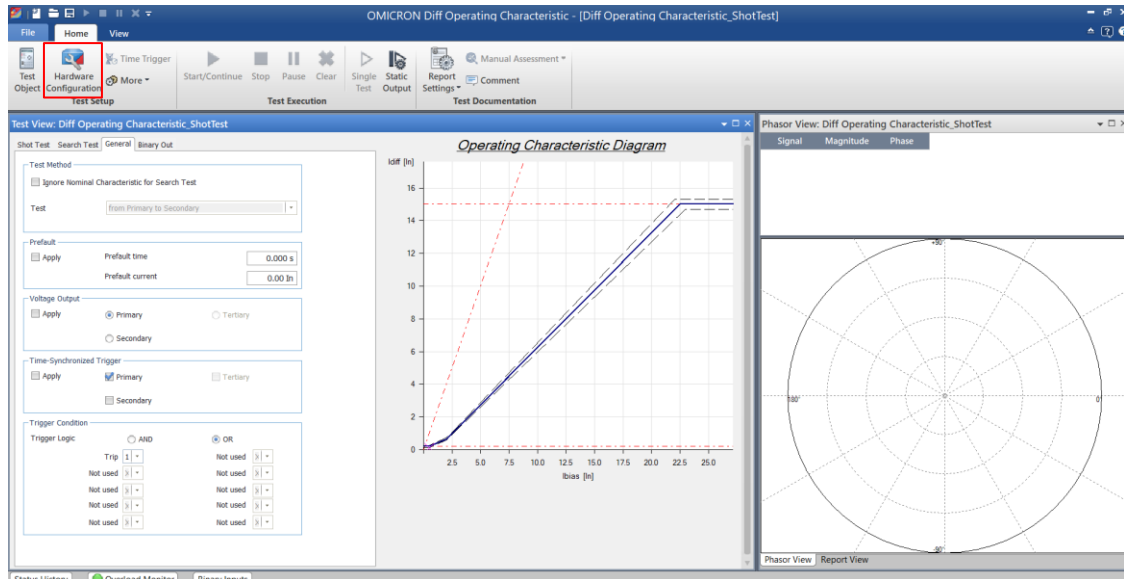


Ilustración 7. Configuración de operación característica

Seleccionamos el modelo CMC 256 plus y las salidas de corriente para utilizar los dos grupos de salidas.

La corriente máxima a utilizar para las pruebas es de hasta 12.5 A.

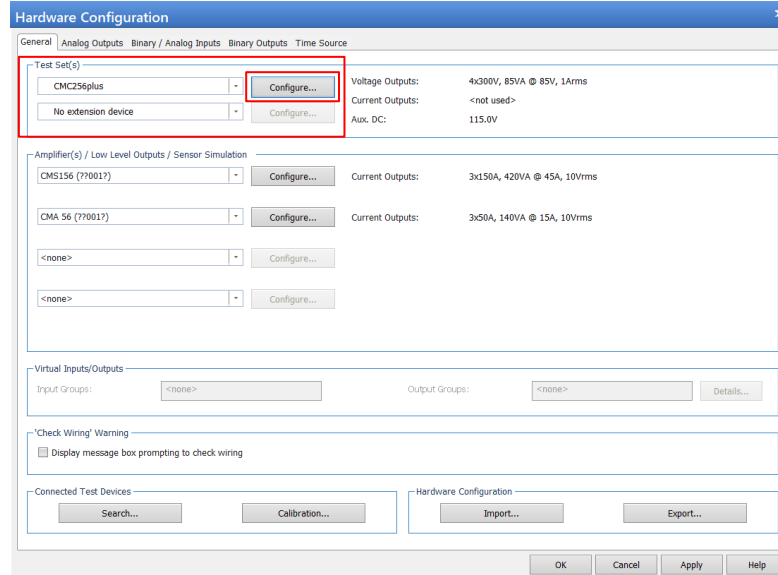


Ilustración 8. Configuración de Hardware

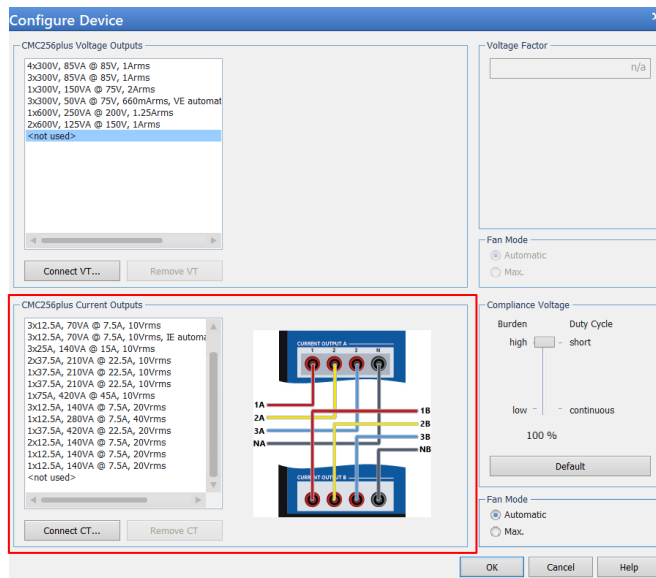


Ilustración 9. Configuración de salidas de maleta de pruebas

Se configuran las entradas binarias.

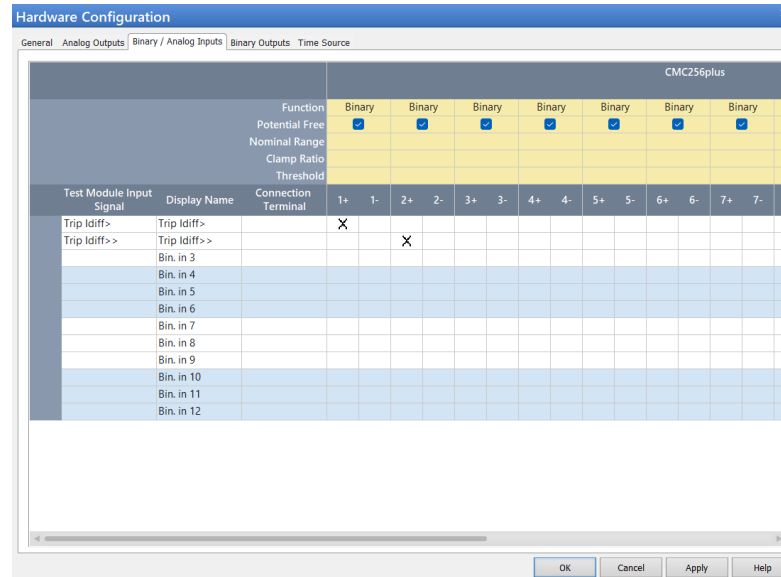


Ilustración 10. Configuración de entradas binarias de maletas de pruebas

Una vez seleccionado el módulo de prueba, seleccionar objeto de prueba.

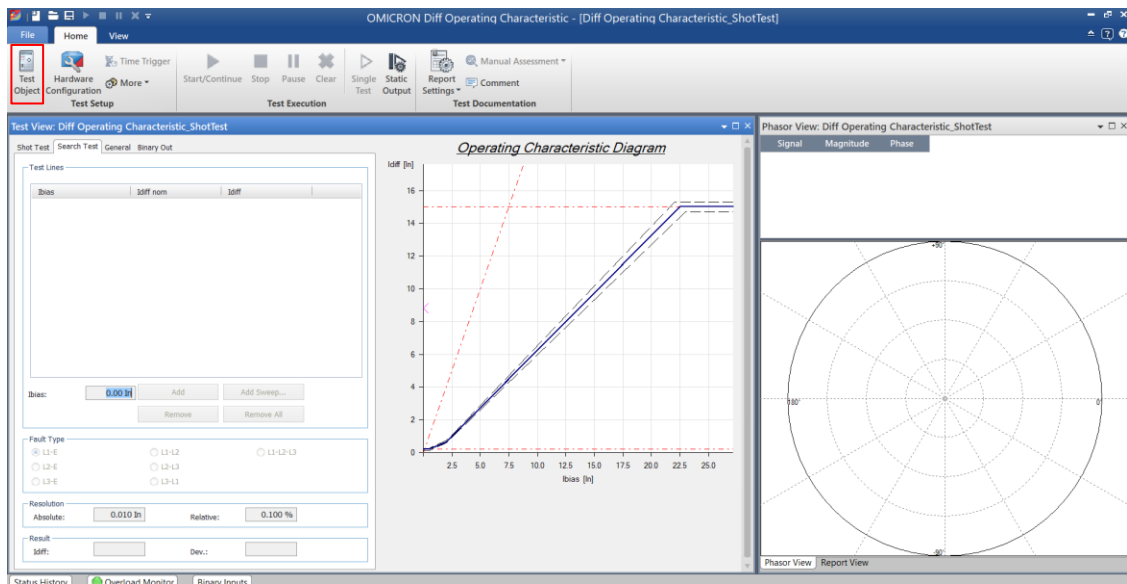


Ilustración 11. Selección de objeto de pruebas

Se da paso a la configuración de la protección diferencial y de las características del relé.

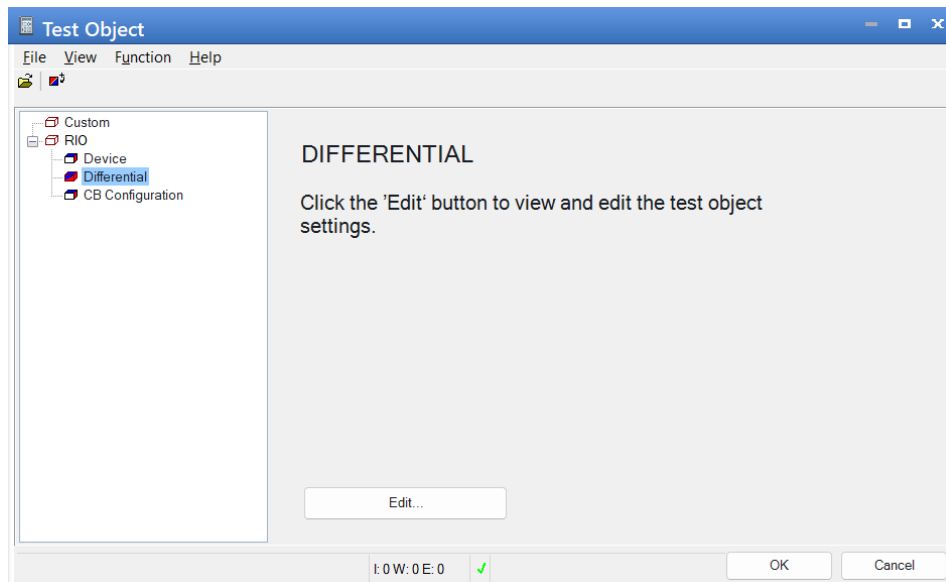


Ilustración 12. Configuración de objeto de prueba de la característica de la diferencial

Se configuran los parámetros de la característica diferencial, del objeto protegido, en este caso el relé es de protección de transformador por lo que se ingresa las configuraciones del transformador de potencia como se muestra en Ilustración 13.

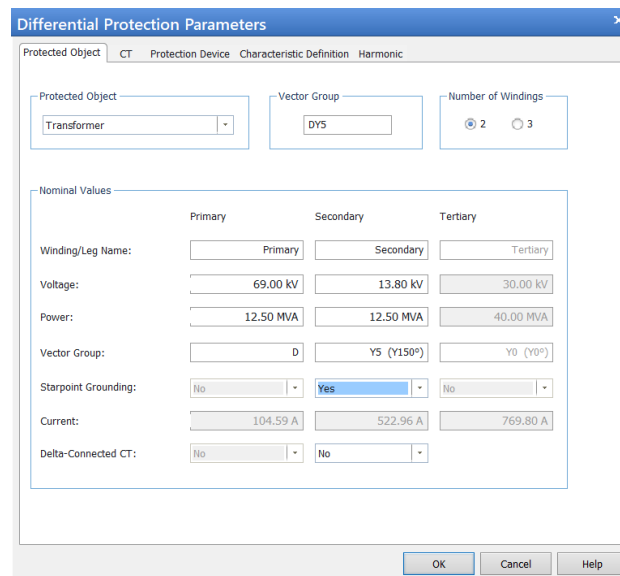


Ilustración 13. Configuración de objeto protegido basado en la configuración del relé

Se establecieron dos transformadores de corriente en el relé, para el lado de alta cumple con una relación de 300:5 y en el secundario de 600:5.

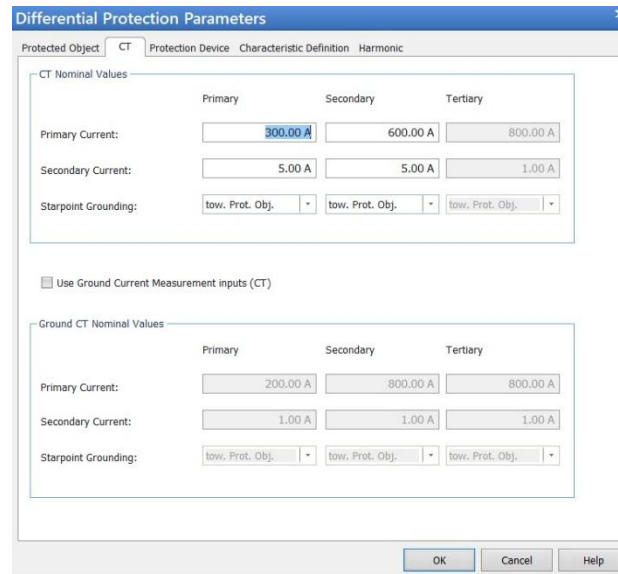


Ilustración 14. Configuración de transformadores de corriente

Se establece la ecuación que calculará la corriente de restricción denominada **Ibias**, con un factor K1 de 2. Este valor debe estar acorde con la configuración del relé de protección, dependiendo de la marca existen diferentes fórmulas.

En configuración de la corriente diferencial establecemos los límites máximos y mínimos para la prueba en la maleta OMICRON.

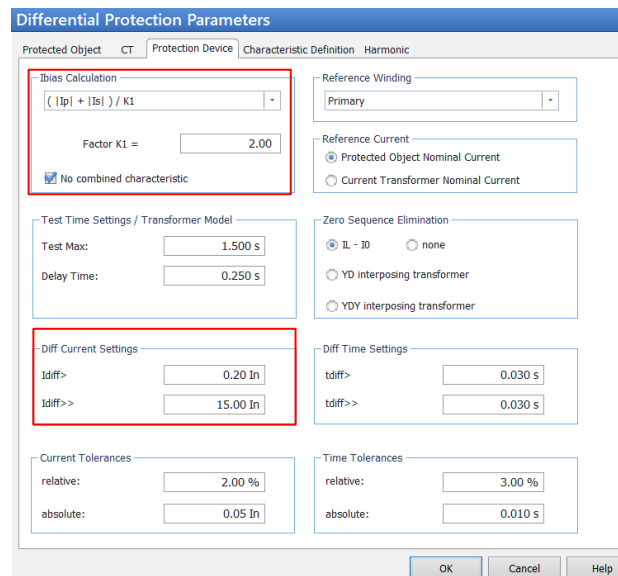


Ilustración 15. Configuración del equipo de protección

En la definición de la característica se comienza a establecer por segmento la gráfica de la protección diferencial con los siguientes parámetros:

- **Idiff>:** Corriente de arranque o corriente de pickup
 - **Idiff>>:** Corriente sin restricción
 - **Ibias & Idiff (Start point):** Define el punto inicial del segmento de la característica
 - **Ibias & Idiff (End point):** Define el punto final del segmento de la característica
- Desde Ilustración 16 hasta Ilustración 19 se definen los puntos que corresponden a la curva característica del relé.

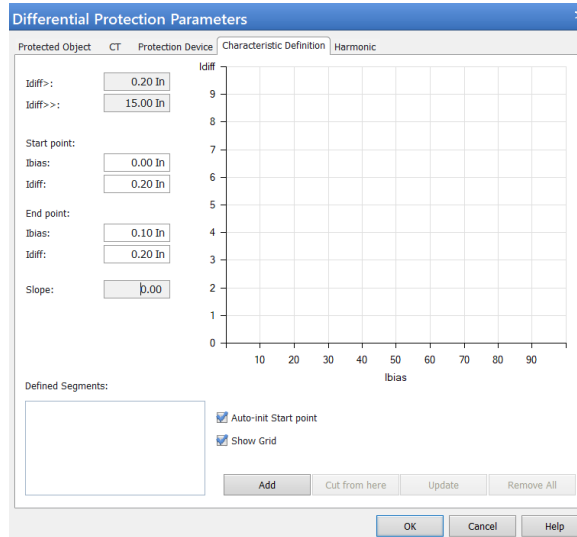


Ilustración 16. Configuración de curva característica (inicio)

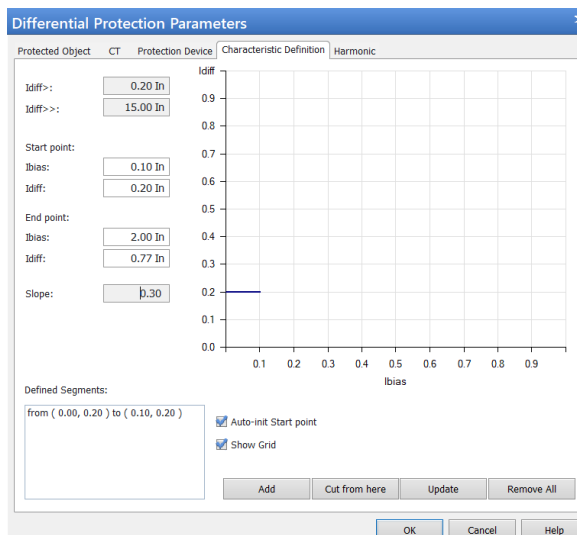


Ilustración 17. Configuración de curva característica (segmento 1)

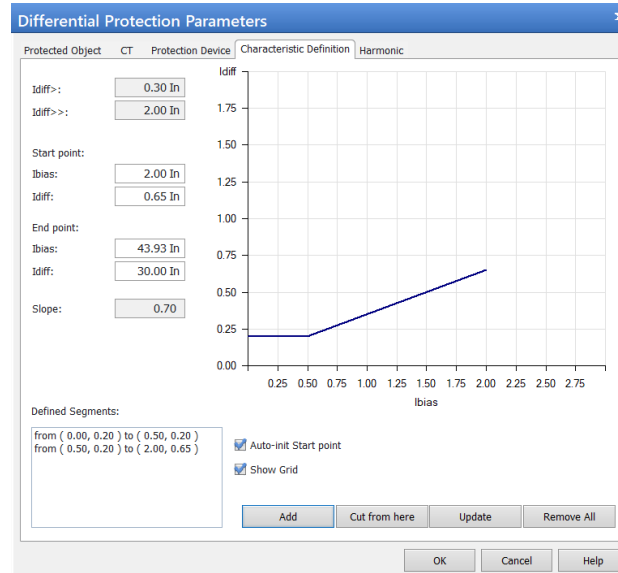


Ilustración 18. Configuración de curva característica (segmento 2)

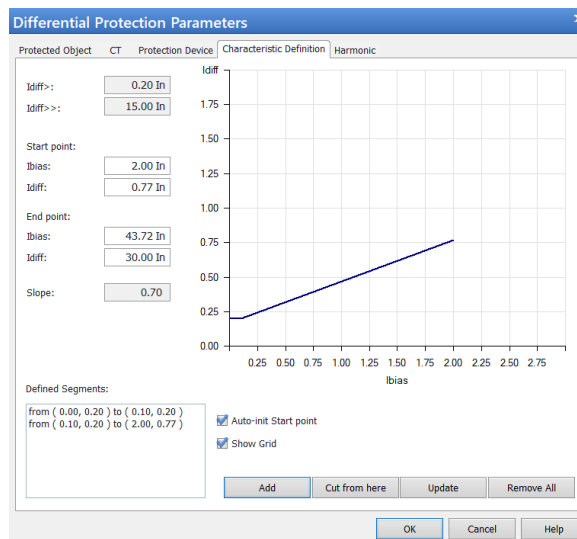


Ilustración 19. Configuración de curva característica (segmento 3)

Se selecciona equipo para configurar los datos del relé de protección.

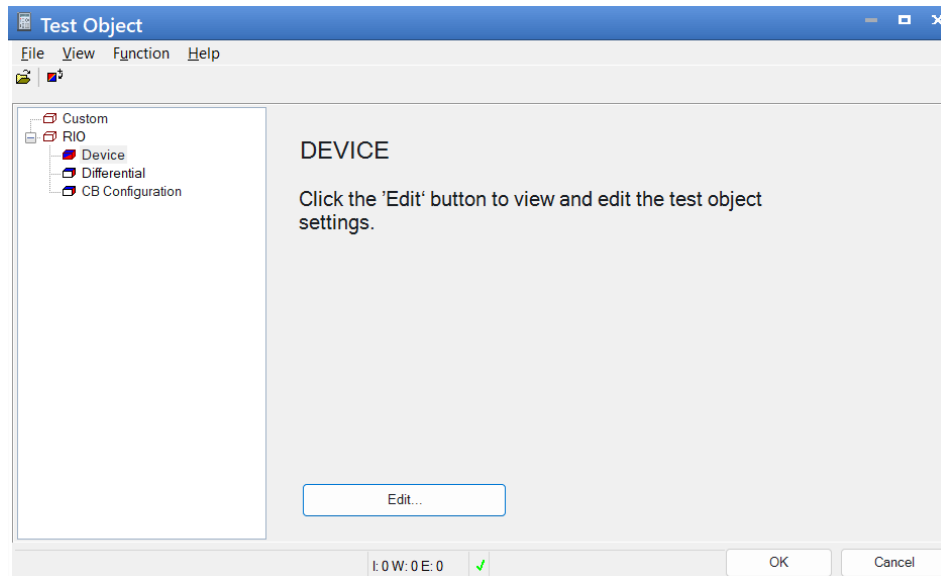


Ilustración 20. Configuración de equipo

Se ingresa la información del relé de acuerdo con la ingeniería y la marca.

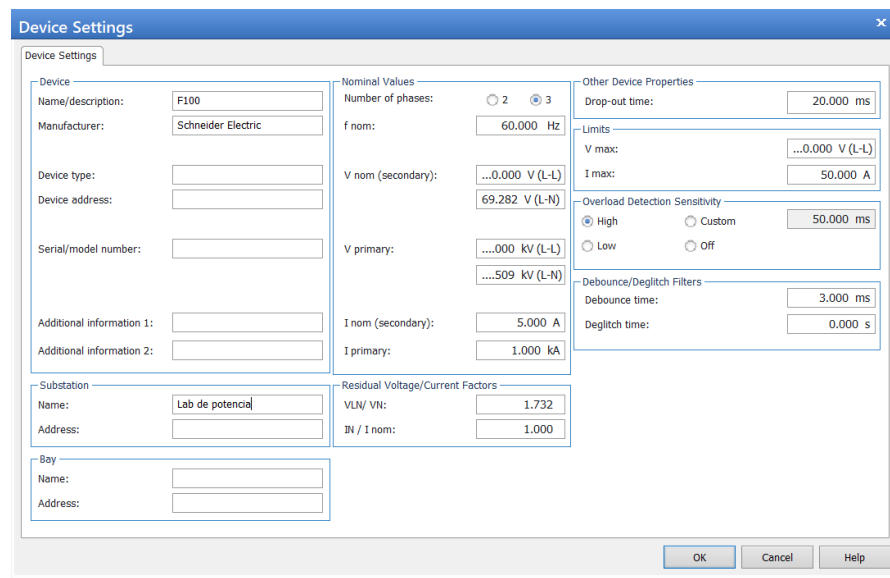


Ilustración 21. Detalles del equipo de protección

Se puede visualizar la configuración realizada en el interfaz para realizar la prueba de la función diferencial.

Se permite realizar inyecciones personalizadas en cualquier punto para validar la correcta dinámica de operación/bloqueo del relé en **Shot Test**.

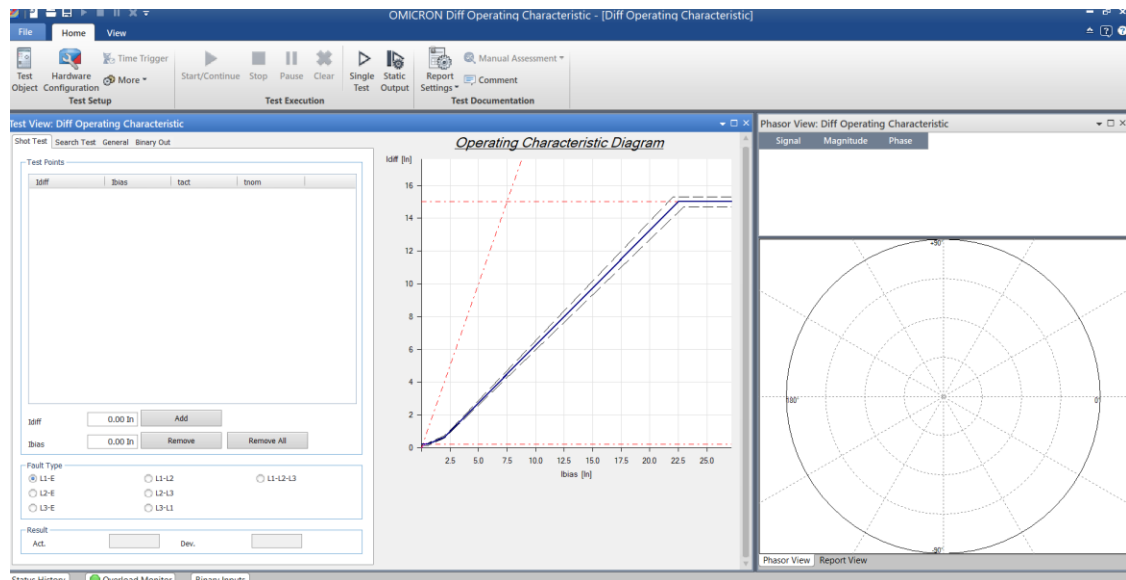


Ilustración 22. Interfaz para prueba de característica

Se configura el apartado de **Shot Test**.

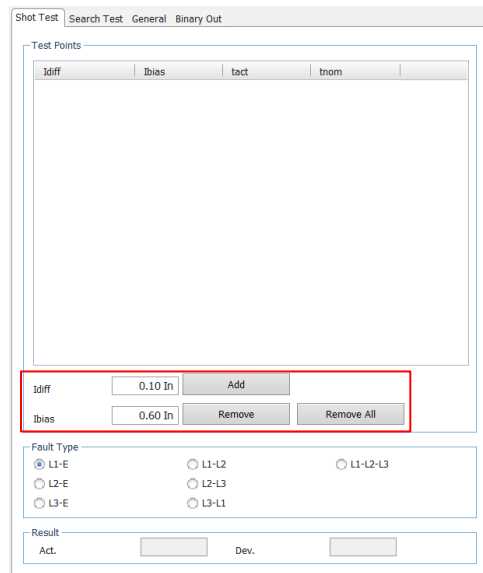


Ilustración 23. Selección de puntos de prueba para Shot test

Se ingresa los puntos de prueba para validar la operación de la protección 87.

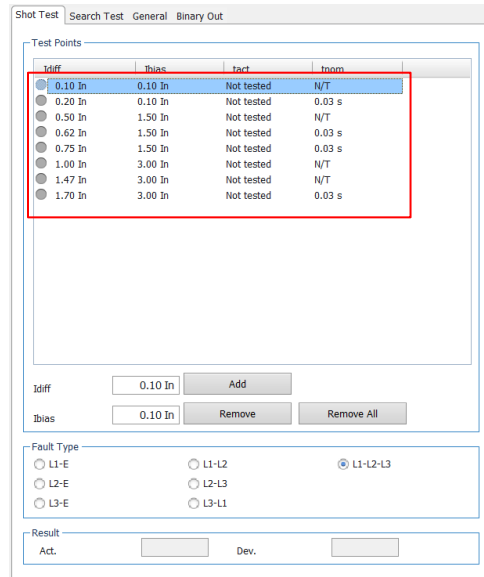


Ilustración 24. Puntos para la prueba Shot test

Se realiza la prueba en todos los puntos seleccionados para una falla en las tres fases. Se debe tomar en cuenta la corriente máxima que entrega la maleta de pruebas, se establece un máximo de 12.5 A al usar las 6 salidas analógicas de corriente.

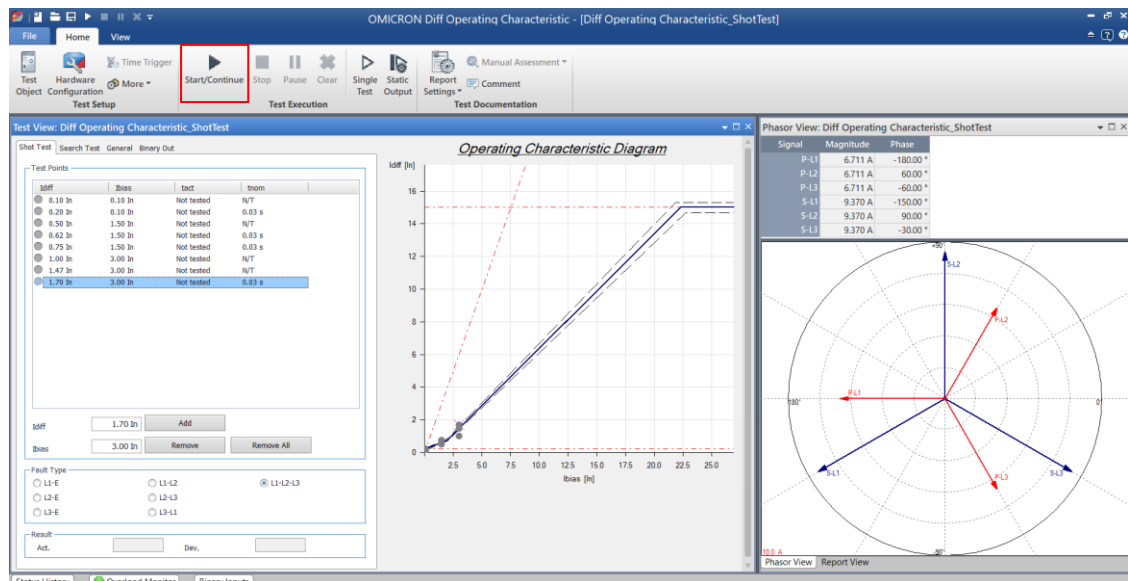


Ilustración 25. Inicio de prueba Shot test

Se configura la prueba **Search test**, en este apartado se evalúa todos los puntos de la corriente diferencial ingresando la corriente de restricción a analizar. El resultado mostrará el valor de la corriente diferencial en donde el relé opera validando la correcta operación del relé con un rango de tolerancia designado. Para esta prueba se deben eliminar los puntos configurados en **Shot test**.

Se considera la corriente máxima que pueda entregar la maleta de pruebas.

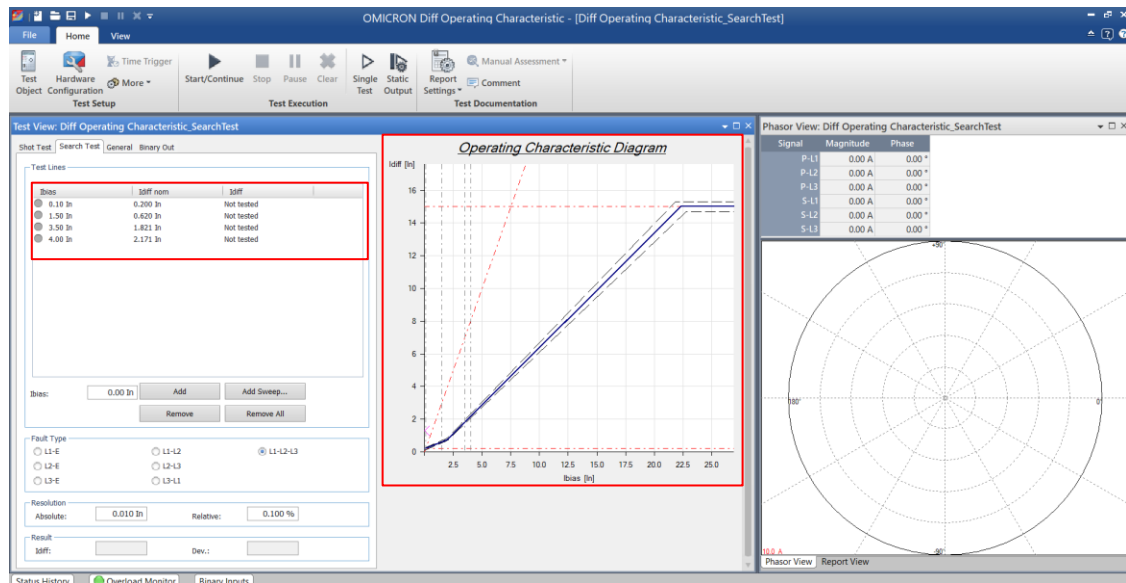


Ilustración 26. Configuración de puntos para la prueba Search test

3.3.2. Configuración de prueba de restricción por segundo armónico y quinto armónico

Se crea un nuevo módulo de prueba donde se ingresan los datos definidos del relé y de la protección diferencial, además se configura el apartado de restricción armónica. Se establece la restricción por segundo y también por quinto armónico para un valor del 20% y 35% respectivamente.

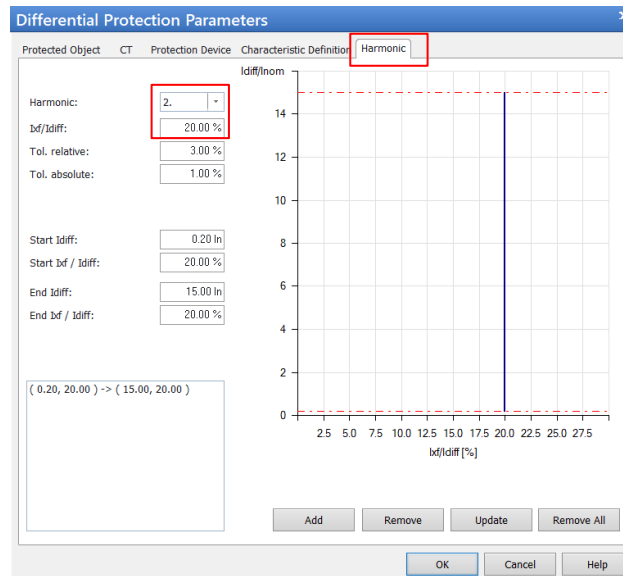


Ilustración 27. Configuración de protección diferencial para la prueba de bloqueo de segundo armónico

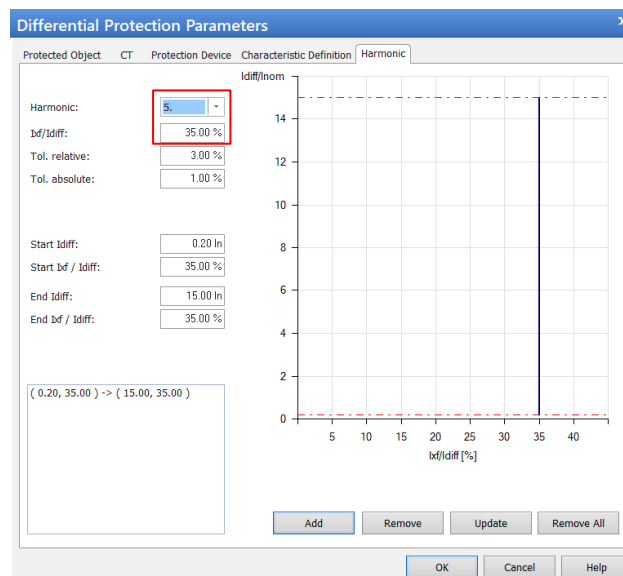


Ilustración 28. Configuración de protección diferencial para la prueba de bloqueo por quinto armónico

Se realiza la prueba en **Shot test** para evaluar el correcto funcionamiento del bloqueo por segundo armónico de la protección diferencial.
Se seleccionan 5 puntos que se ajusten a la curva de restricción de segundo armónico configurando como se muestra en Ilustración 29.

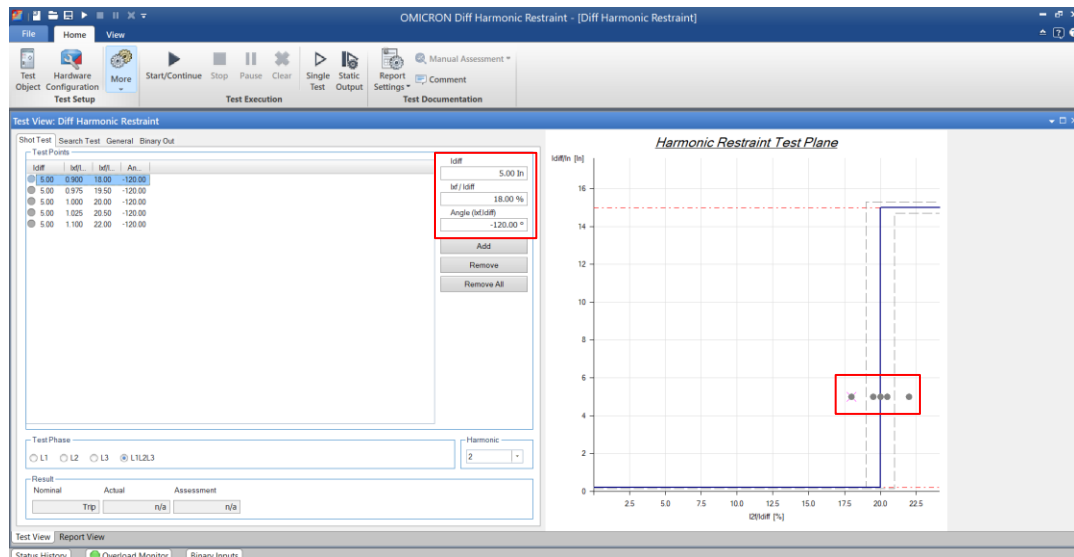


Ilustración 29. Prueba de bloqueo por segundo armónico

A continuación, se realiza la prueba en **Shot test** para evaluar el funcionamiento del bloqueo por quinto armónico.
Se seleccionan 5 puntos que se ajusten a la curva de restricción de segundo armónico configurando como se muestra en Ilustración 30.

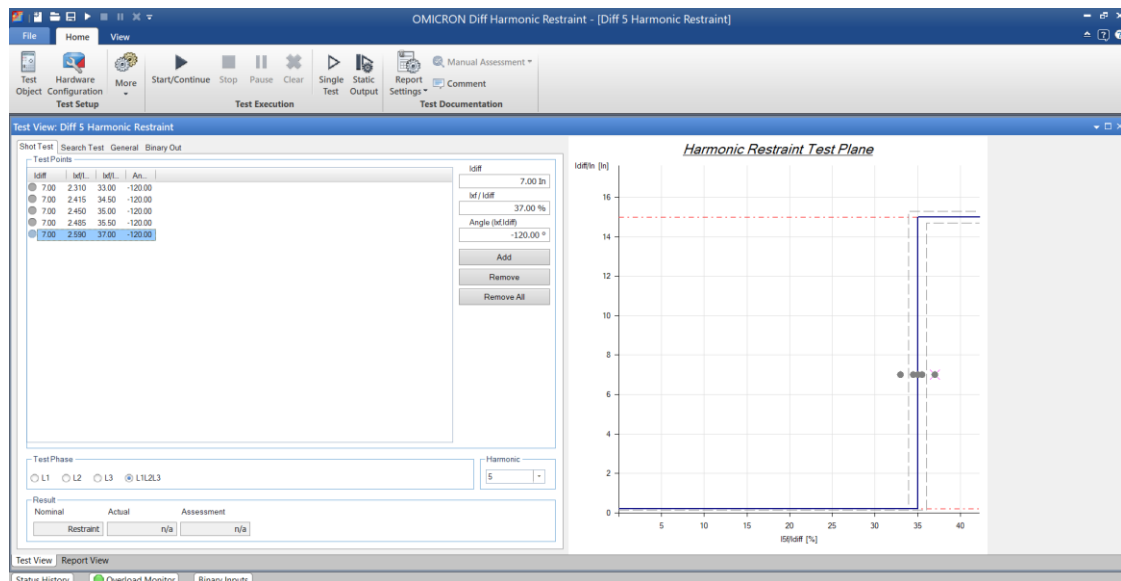


Ilustración 30. Prueba de bloqueo por quinto armónico

3.4. Procedimiento

Prueba de protección diferencial

- Preparar las conexiones eléctricas del tablero de protecciones didáctico con la maleta de pruebas a utilizar para la prueba siguiendo las instrucciones del apartado de **Diagrama de Conexiones**.
- Realizar la configuración de la protección diferencial del relé de protección para la prueba de inyección.
- Realizar configuración de la maleta para realizar las pruebas de la protección diferencial del relé P5T30.
- Verificar que el tablero didáctico y la maleta de pruebas se encuentren debidamente aterrizados.
- Realizar prueba.
- Tome los datos para el desarrollo de resultados.

4. Resultados

Registre y analice los resultados obtenidos.

Idiff pu	Ibias pu	Estado [Trip, no Trip]	Tiempo [S]

Tabla 2. Resultados de prueba Shot Test curva característica

Dibujar la curva característica de la protección diferencial para el cálculo del error porcentual.

Idiff pu	Ibias pu	Estado [Trip, no Trip]	Idiffop pu	Pendiente op %	Error %

Tabla 3. Resultados de prueba Search Test curva característica

Idiff pu	I_{2f}/Idiff [%]	Estado [Trip, no Trip]

Tabla 4. Resultados de prueba Shot Test de segundo armónico

Idiff pu	I_{5f}/Idiff [%]	Estado [Trip, no Trip]

Tabla 5. Resultados de prueba Shot Test de quinto armónico

5. Preguntas

Responda y explique las siguientes preguntas

1. ¿Por qué es necesario implementar la función de bloqueo por segundo armónico en la protección diferencial de transformadores de potencia?
2. ¿Cuál es la finalidad de aplicar el bloqueo por quinto armónico en la protección diferencial?
3. ¿En presencia de fallas externas al transformador, ¿debe operar la protección diferencial? ¿Por qué?