

Laboratorio No. 5 Coordinación de Protección. Relés de Sobrecorriente

5.1 Introducción

La coordinación de los relés de sobrecorriente es muy importante para la correcta actuación de las protecciones ante una falla.

5.2 Objetivo

El objetivo, es realizar la coordinación **disyuntor – disyuntor** de las protecciones ubicadas a la partida de la Barra-0 y a la salida de la Barra-1. Para la protección se emplean interruptores de potencia. En la Fig. 5.1, se tiene el diagrama unifilar del sistema y los datos están en la Tabla No. 1.



Fig. 5.1 Diagrama unifilar del sistema de prueba.

5.3 Datos del Sistema de Prueba

Nodos

Nodo 0

Nombre = Barra-0 $V_n = 69 \text{ kV}$

Nodo 1

Nombre = Barra-1 $V_n = 24,9 \text{ kV}$

Nodo 2

Nombre = Barra-2 $V_n = 24,9 \text{ kV}$

Red Equivalente

$S_{kMAX}'' = 200 \text{ MVA}$

$S_{kMIN}'' = 150 \text{ MVA}$

Tipo FC = SL

$R(1)/X(1)_{MAX} = 0,5$

$R(1)/X(1)_{MIN} = 0,4$

$V_{oper} \% = 100$

$Z(0)/Z(1)_{MAX} = 50$

$Z(0)/X(0)_{MIN} = 40$

$R(0)/X(0)_{MAX} = 50$

$R(0)/X(0)_{MIN} = 40$

Transformador

Nombre = Trafo

$V_{r1} = 69 \text{ kV}$

$V_{r2} = 24,9 \text{ kV}, S_r = 20 \text{ MVA},$

Grupo Vectorial = Dy_5

$Z_{cc}(1) = 7 \%$

Línea

Nombre = Línea-1

Longitud = 5 km

$R(1) = 1,2 \frac{\Omega}{km}, X(1) = 2 \frac{\Omega}{km}$

Carga

Nombre = Carga-1

$P = 4 \text{ MW}$

$P = 3 \text{ Mvar}$

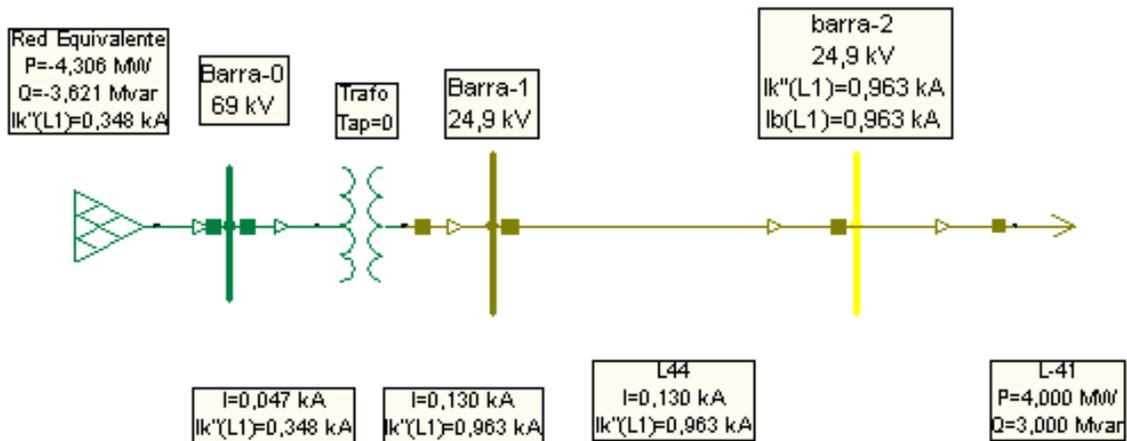


Fig. 5.2 Resultados de cálculo de flujos de carga y cortocircuitos

En la Fig. 5.2, se muestra los resultados del cálculo de flujos de carga y cortocircuitos. Se considera un cortocircuito trifásico en la Barra-2. Se indica la corriente nominal en la Línea-1 de 130 A y en primario del transformador de 47 A.

5.4 Elección del Transformador de Corriente TC

$RTC = \frac{I_n}{5} = \frac{130}{5} = 26$ normalizando a $RTC = \frac{150}{5} = 30$. Por tanto, los valores de ajuste, son:

$$I_{r1} = 150 A \text{ y } I_{r2} = 5 A$$

5.5 Relé de Sobrecorriente

La característica del Relé 51 de tiempo inverso estándar, es la forma más empleada, es la ecuación exponencial descrita por la Norma IEC, la cual se presenta en la ecuación:

$$t = \frac{a \cdot DIAL}{\left(\frac{I}{I_a}\right)^n - 1}$$

Donde:

- t = Tiempo de actuación del relé
- I_a = Corriente de arranque
- I = Corriente observada
- $DIAL$ = Dial de tiempo
- α, n = Constantes que determinan el tipo de relé

Tabla No. 1, Constantes α, n

Constantes de forma para ecuación exponencial según normas IEC		
Tipo de curva	α	n
Tiempo inverso estándar	0.14	0.02
Muy inversa	13.5	1
Extremadamente inversa	80	2
Tiempo inverso largo	120	1

En la Tabla No. 1, se muestra el valor de las constantes α, n que determinan el tipo del relé de sobrecorriente.

Se elige el relé de sobrecorriente de la ventana de **Protecciones/Switches** y se define la característica **IEC255-3 normal inversa**.

La opción del menú **Análisis/Protección de Sobrecorriente/Dispositivos de Protección**, permite visualizar la característica **t – I** del RELE-51. En la Fig. 5.3, se muestra la característica t – I del relé -51.

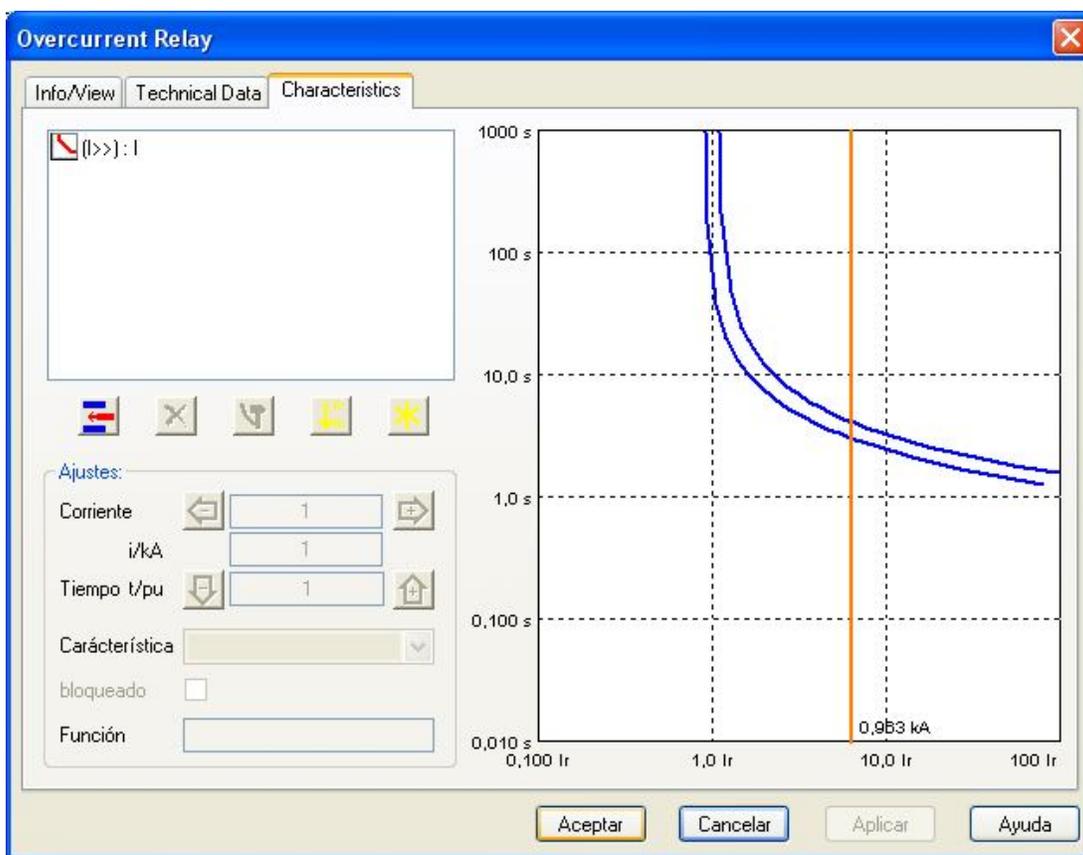


Fig. 5.3 Característica **t-I** del Relé de Sobrecorriente 51

La opción del menú **Análisis/Protección de Sobrecorriente/Gráfico del Ultimo Cálculo**, permite visualizar el diagrama de selectividad. En la Fig. 5.4, se muestra el diagrama de selectividad de la protección. Los rangos de ajuste del RELE-51, son:

Los rangos de ajuste, son: **Corriente= 1 A**, y **Tiempo = 1 s**.



5.6 Cálculo del Fusible

La corriente nominal en el primario del transformador es $I_n = 47 \text{ A}$, la corriente nominal del fusible, es:

$I_f = 1.65 I_n = 1.65 \cdot 47 \text{ A} = 77.55 \text{ A}$. Normalizando, se tiene un fusible 100E de 69 kV. Por falta de la curva del fusible, se utilizará la curva de fusible tipo T, es decir, **Fusible 100T**.

5.6.1 Características de Tiempo Mínimo de Fusión y Tiempo Máximo de Despeje del Fusible

Se elige el **Fusible** de la ventana de **Protecciones/Switches** y se definen las características de **tiempo mínimo de fusión** y **tiempo máximo de despeje** del fusible 100T.

Es necesario indicar la **corriente nominal del Fusible**: $I_r = 100 \text{ A}$.

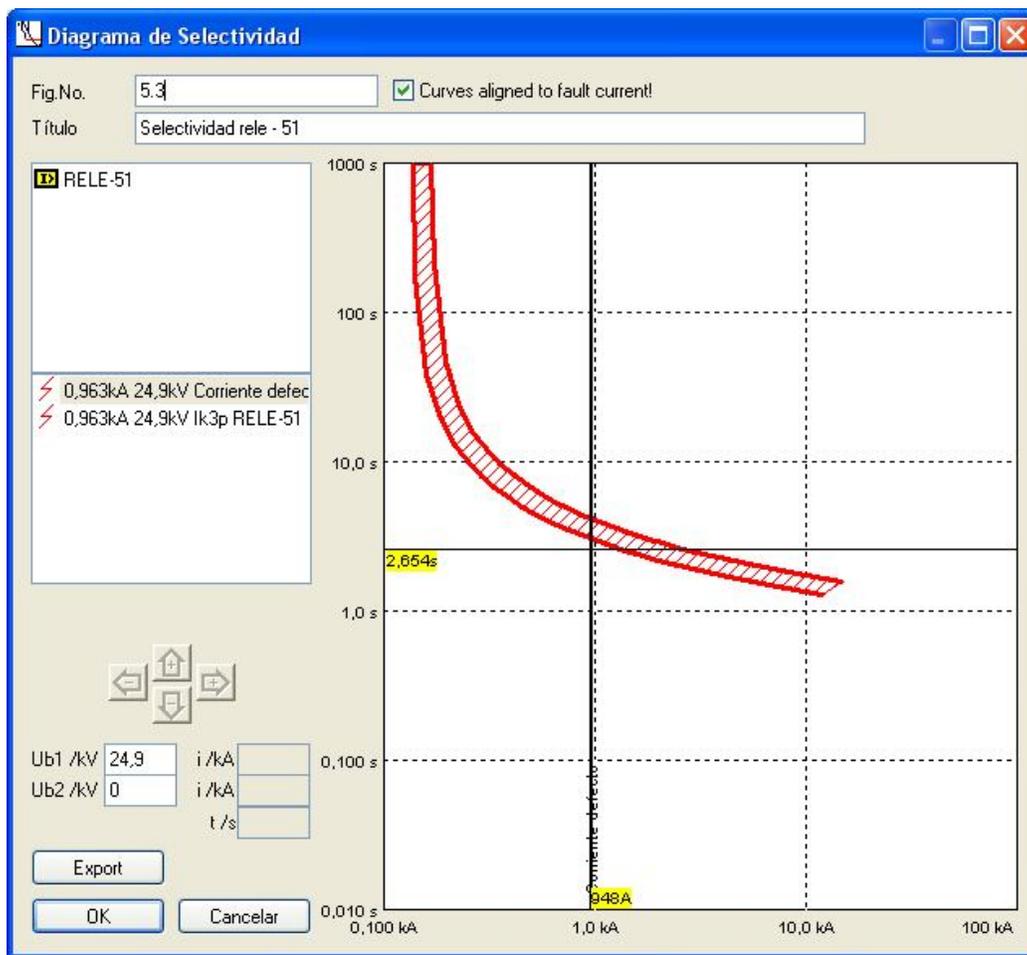


Fig. 5.4 Diagrama de Selectividad del RELE – 51 de tiempo inverso.

En la Fig. 5.5, se tiene la característica del **fusible 100T**, es una franja limitada por las características de **tiempo mínimo de fusión** y **tiempo máximo de despeje**.

5.6.2 Característica $t - I$ del Fusible 100T

La opción del menú **Análisis/Protección de Sobrecorriente/Dispositivos de Protección**, permite visualizar la característica $t - I$ dibujada del **Fusible 100T**. En la Fig. 5.5, se muestra la característica $t - I$ del **Fusible 100T**.

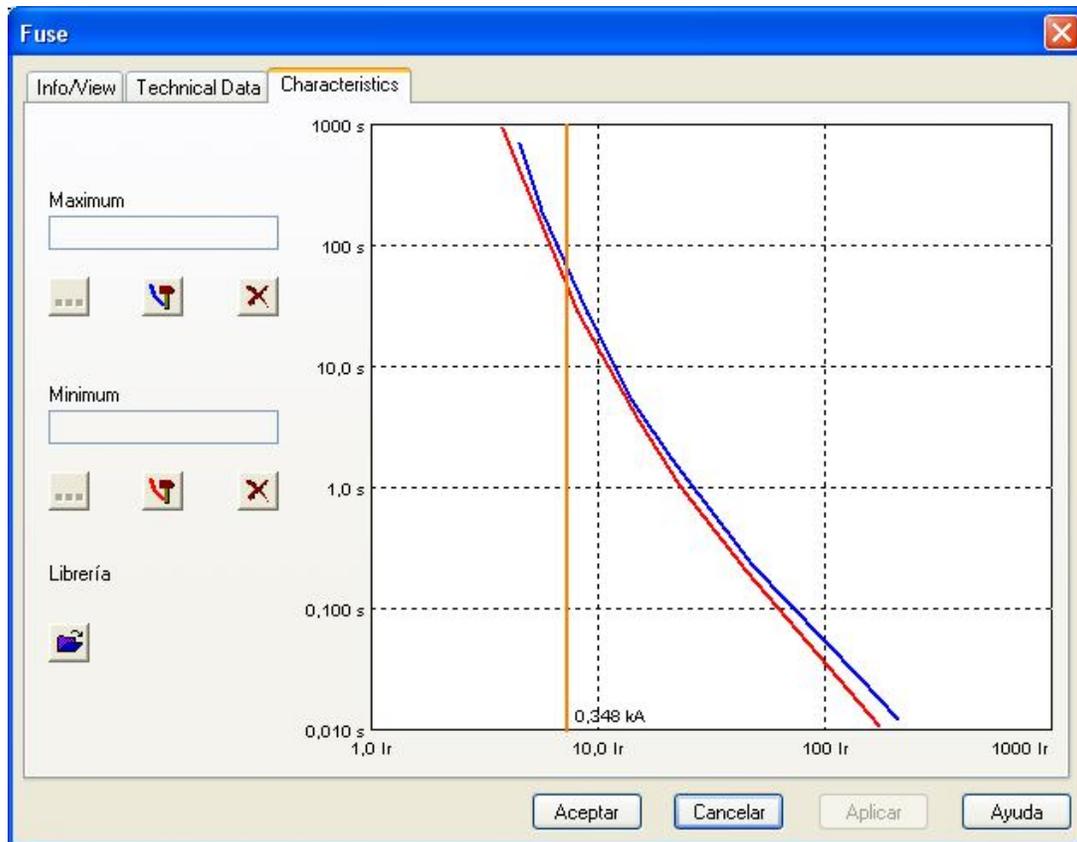


Fig. 5.5 Característica $t-I$ del Fusible 100T dibujada.

5.6.3 Diagrama de Selectividad de las Protecciones: RELE-51 y Fusible 100T

La opción del menú **Análisis/Protección de Sobrecorriente/Gráfico del Ultimo Cálculo**, permite visualizar el diagrama de selectividad de la protección. En la Fig. 5.6, se muestra el diagrama de selectividad de la protección.

Cuando la falla se produce más cerca al punto de instalación del relé, el valor de la corriente de cortocircuito aumenta, si supera los 2381 A (p.e. un cortocircuito trifásica en la línea a 30 % de su longitud desde la Barra-1, que tiene un valor de 2.2 kA), primero actuará el fusible, por tanto no hay coordinación.

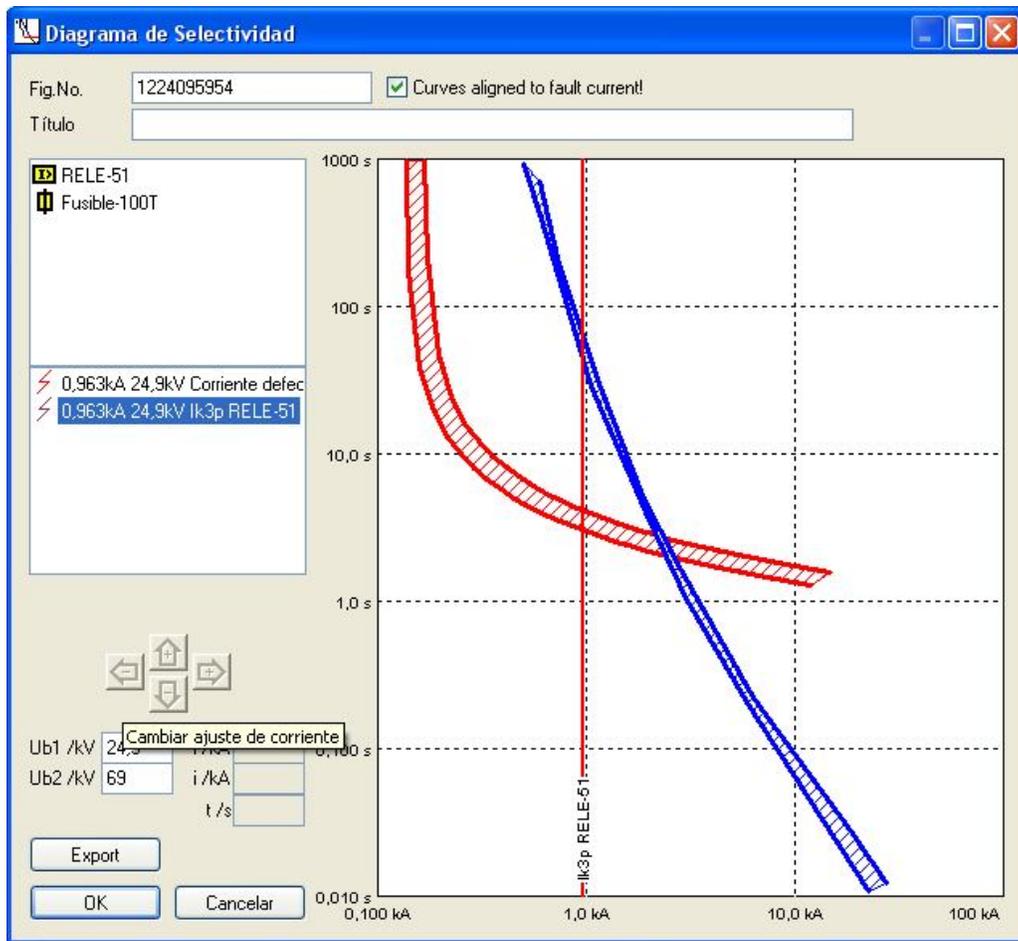


Fig. 5.6 Diagrama de Selectividad de la Coordinación de la Protección.

Los tiempos de actuación se muestran en la Fig. 5.7.

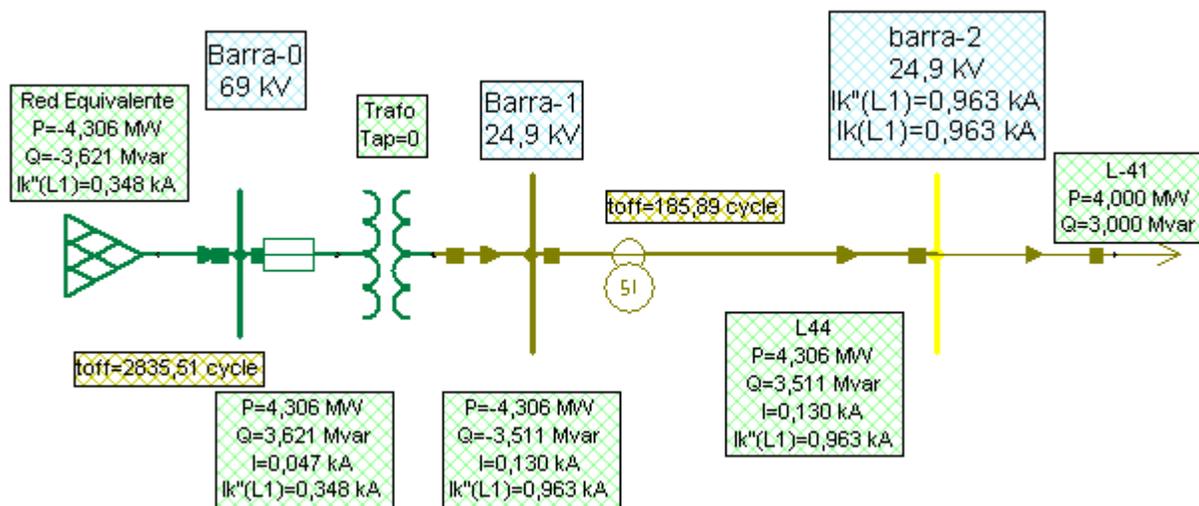


Fig. 5.7 Diagrama unifilar con resultados del ajuste de protecciones.

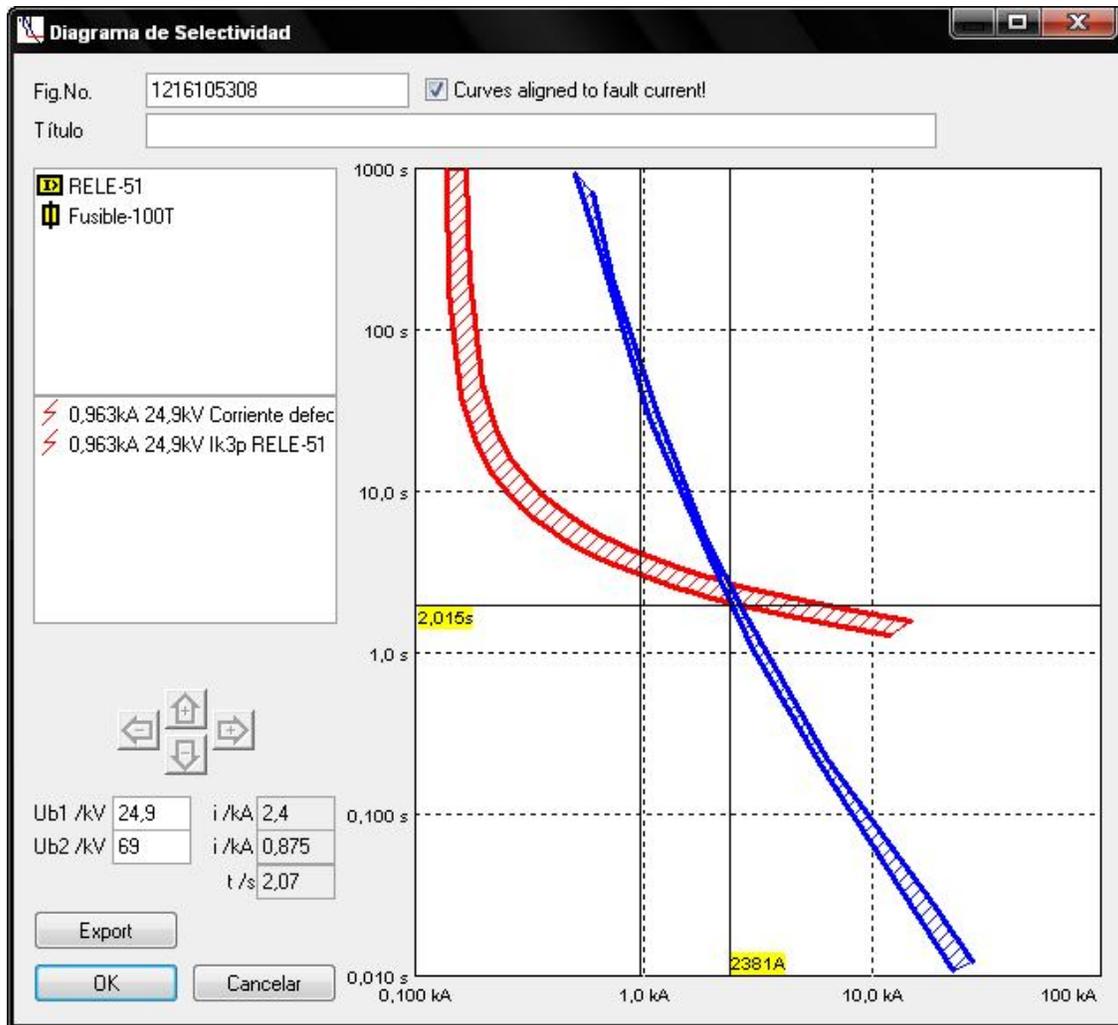


Fig. 5.8 Punto de intersección de las características del Fusible y Relé

Para lograr la coordinación de las protecciones, es necesario ajustar el RELE-51 (modificar el dial de tiempo) y combinar con una unidad instantánea (Relé de Tiempo Definido) ajustando los rangos de ajuste. Los rangos de ajuste, son:

Relé de Tiempo Inverso 51

Los rangos de ajuste, son: **Corriente= 1 A**, y **Tiempo = 0,1 s**.

Relé Instantáneo 50

Los rangos de ajustes, son: **Corriente= 8 A**, **Tiempo = 0,1 s**.

Con los nuevos rangos de ajuste, en la Fig. 5.9, se muestra el diagrama de selectividad de la coordinación Fusible-Disyuntor.

Se debe hacer notar que la característica del Fusible 100T puede ser desplazado hacia la derecha para garantizar la coordinación, pero está limitado por la curva de calentamiento del transformador que debe quedar por encima y a la derecha de la característica $t - I$ del **Fusible 100T**.

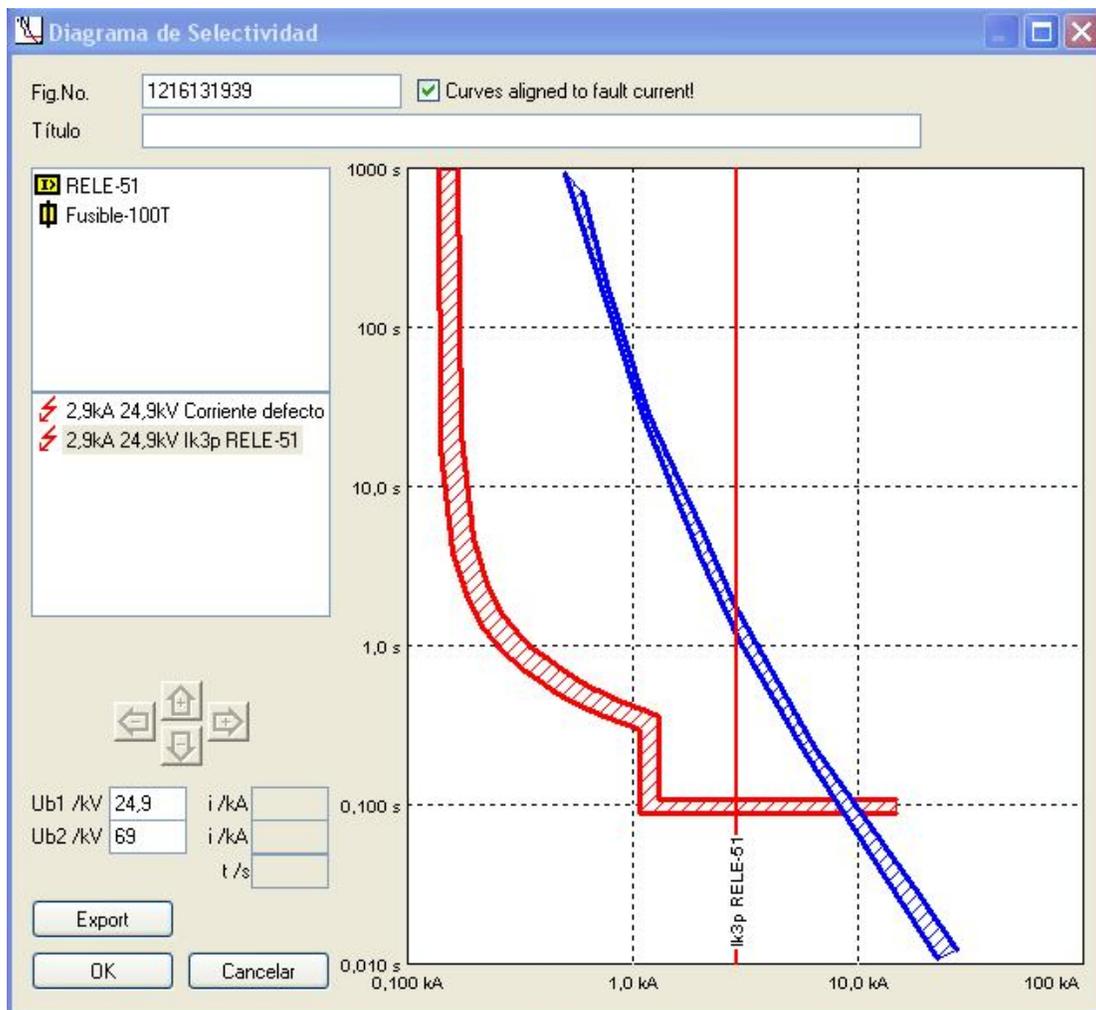


Fig. 5.9 Punto de intersección de las características del Fusible y Relé.

5.7 Corriente Inrush del Transformador

La corriente de magnetización (Inrush) del transformador puede causar la actuación falsa de los dispositivos de protección y debe considerarse para prevenir operaciones de la protección en falso al energizar el transformador. La corriente inrush del transformador está dado por:

$$I_{Inrush} = 12 a 20 I_n = 20 \cdot 47 A \cong 1 kA$$

En este caso, estaría dentro del margen permitido. Sin embargo, se puede reajustar los rangos de de ajuste de la corriente del relé instantáneo, por ejemplo: **Corriente = 10 A**, para garantizar que la protección sea inmune a la corriente **inrush**.

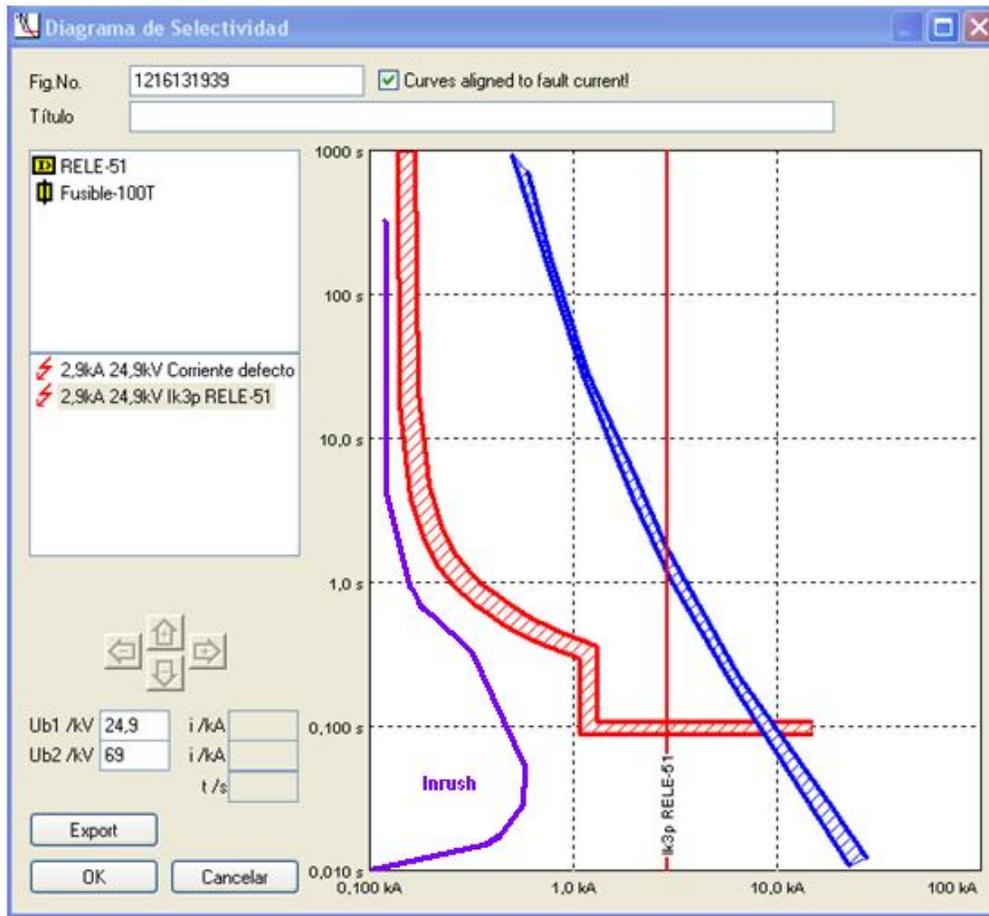


Fig. 5.10 Corriente de magnetización

En la Fig. 5.10, se muestra la gráfica **inrush** dibujada, es el valor eficaz de la **corriente inrush** en función del tiempo.