

Retos y Expectativas para el Sistema Eléctrico Colombiano

Reportes de Grupos de Trabajo Protecciones B5 CIGRE COLOMBIA

Ingeniería Especializada S.A.

Criterios y Consideraciones
para la Selección de
Transformadores de Corriente
para Protecciones Eléctricas



Agenda

1

- Alcance del grupo de trabajo

2

- Revisión de conceptos clave

3

- Resumen de criterios y consideraciones discutidas en el grupo

4

- Trabajo futuro

1. Alcance del Grupo de Trabajo



Desarrollo de una guía general de selección de CTs de protección soportada en bases conceptuales sólidas y verificables, considerando el estado del arte.

Simplificada

- CTs en media y baja tensión, exceptuando aplicaciones de generación

Normalizada

- Aplicaciones generales de CTs de protección en diferentes esquemas

Avanzada

- Verificación de CTs existentes, aplicaciones de generación y casos especiales

Se excluyen nuevas tecnologías, como CTs ópticos y bobinas de Rugowski.

2. Revisión de Conceptos Clave

Circuito Equivalente

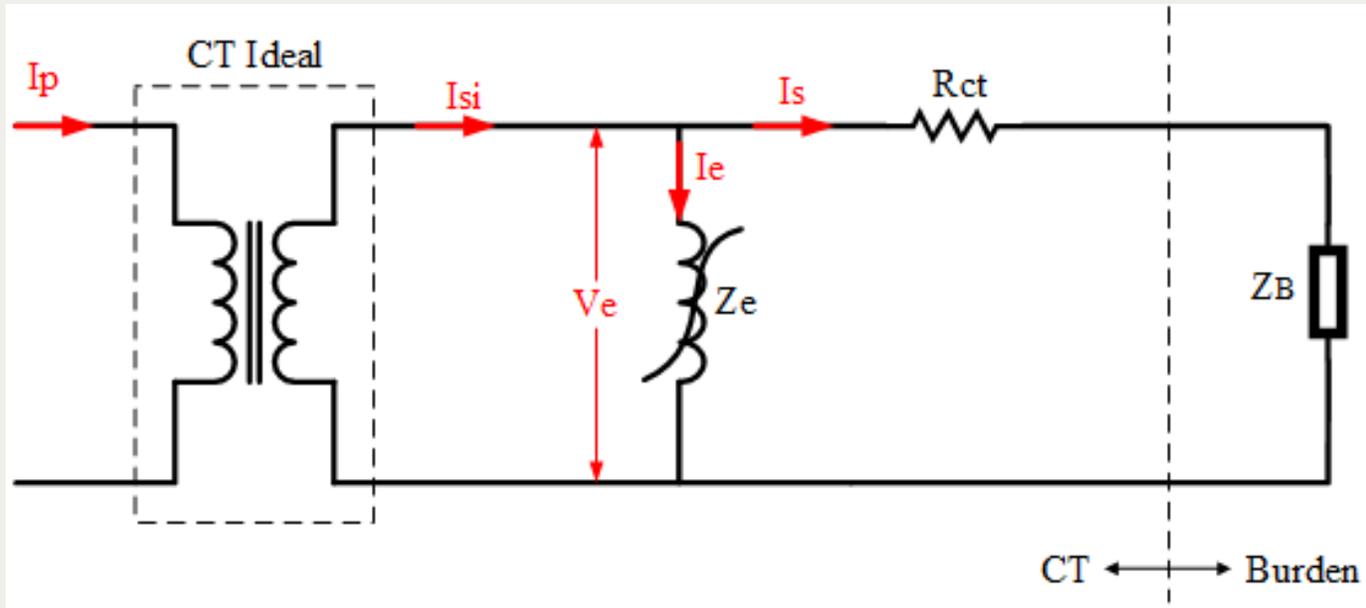


Figura 1a. Circuito equivalente por fase

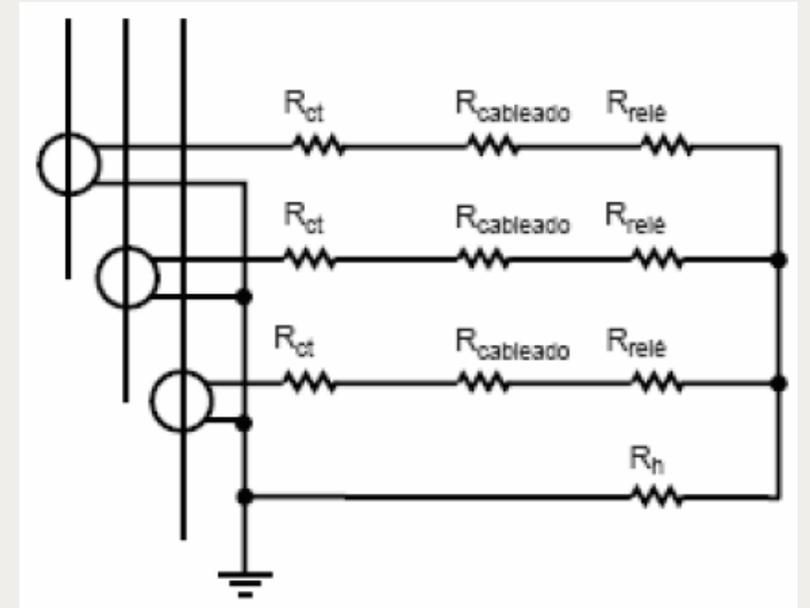


Figura 1b. Arreglo trifásico en Y

2. Revisión de Conceptos Clave

Característica de Magnetización y Remanencia

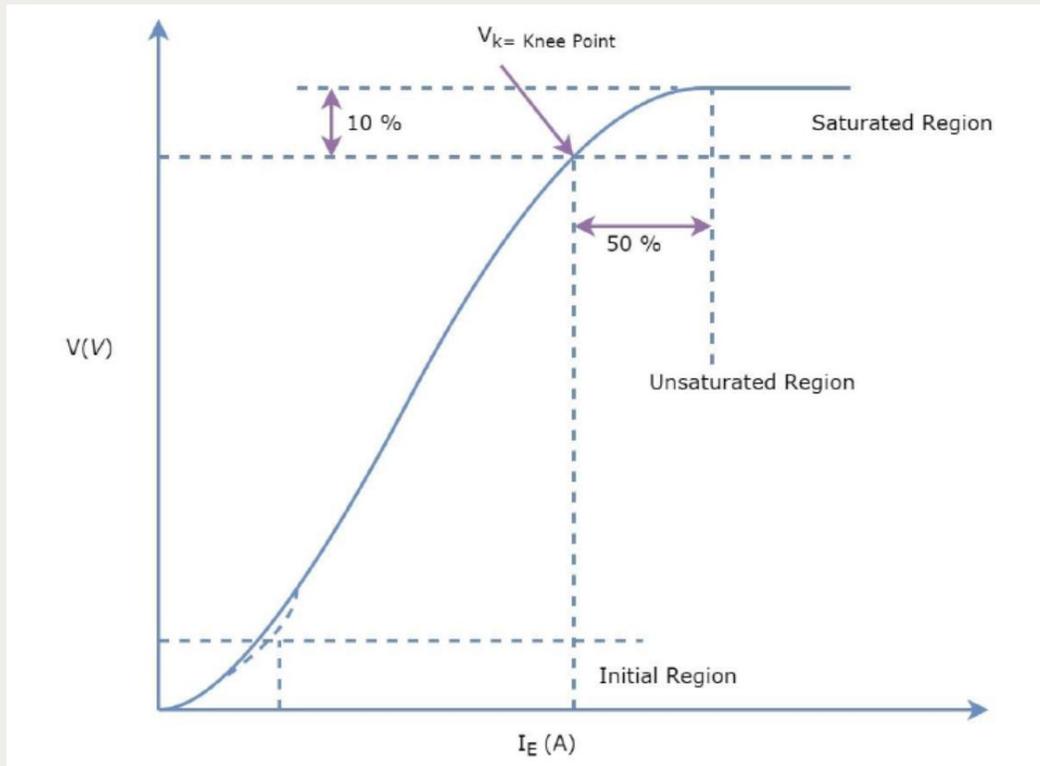


Figura 2a. Curva de Magnetización

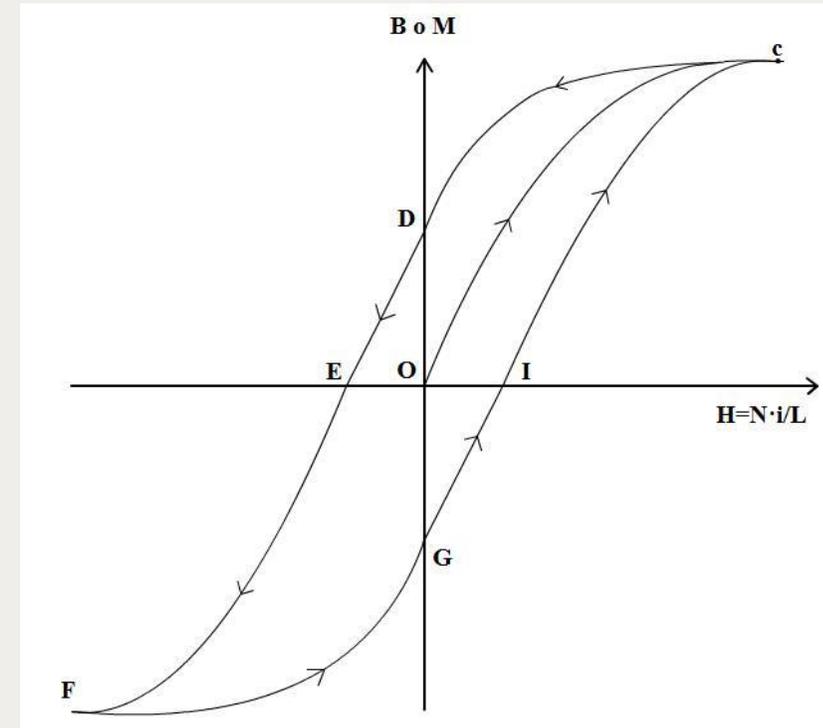


Figura 2b. Histéresis y flujo remanente

2. Revisión de Conceptos Clave

Característica de Magnetización y Remanencia

Mito: los CTs de clase transitoria no se saturan

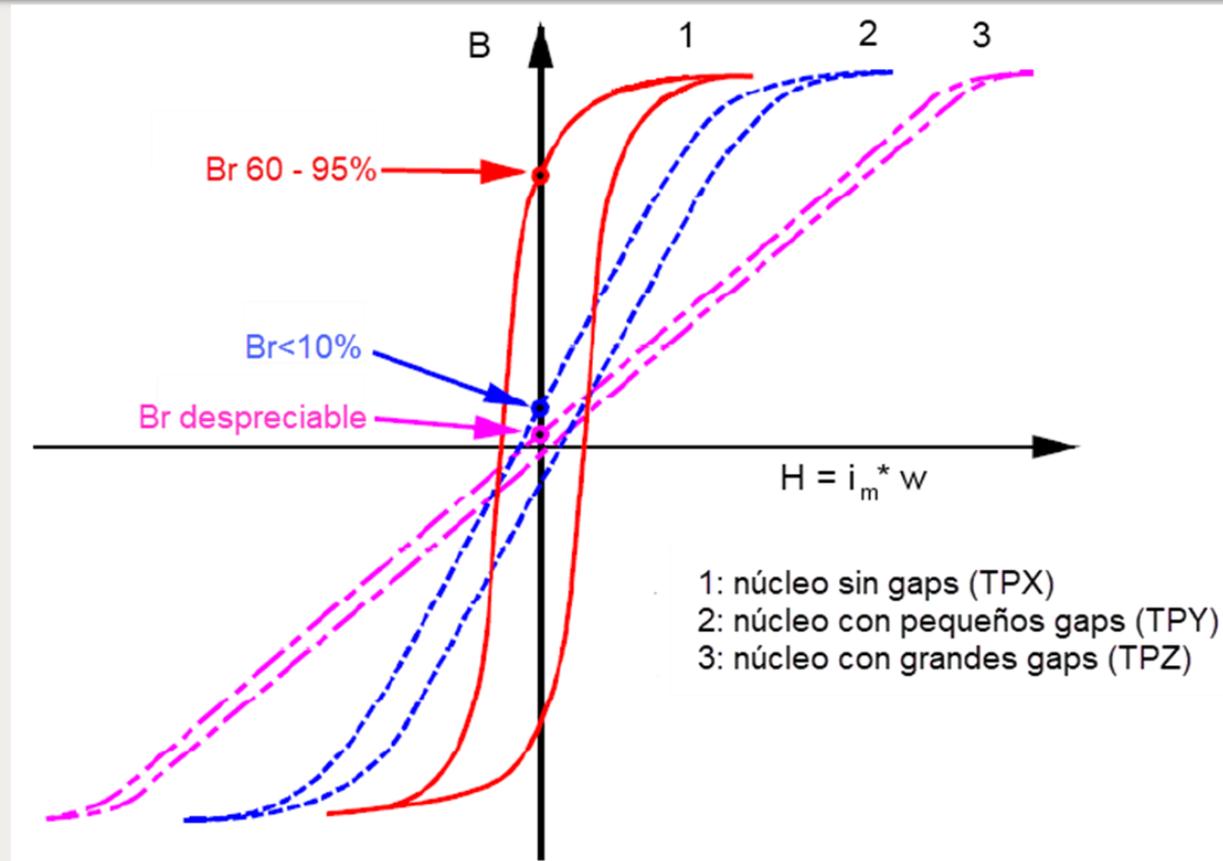
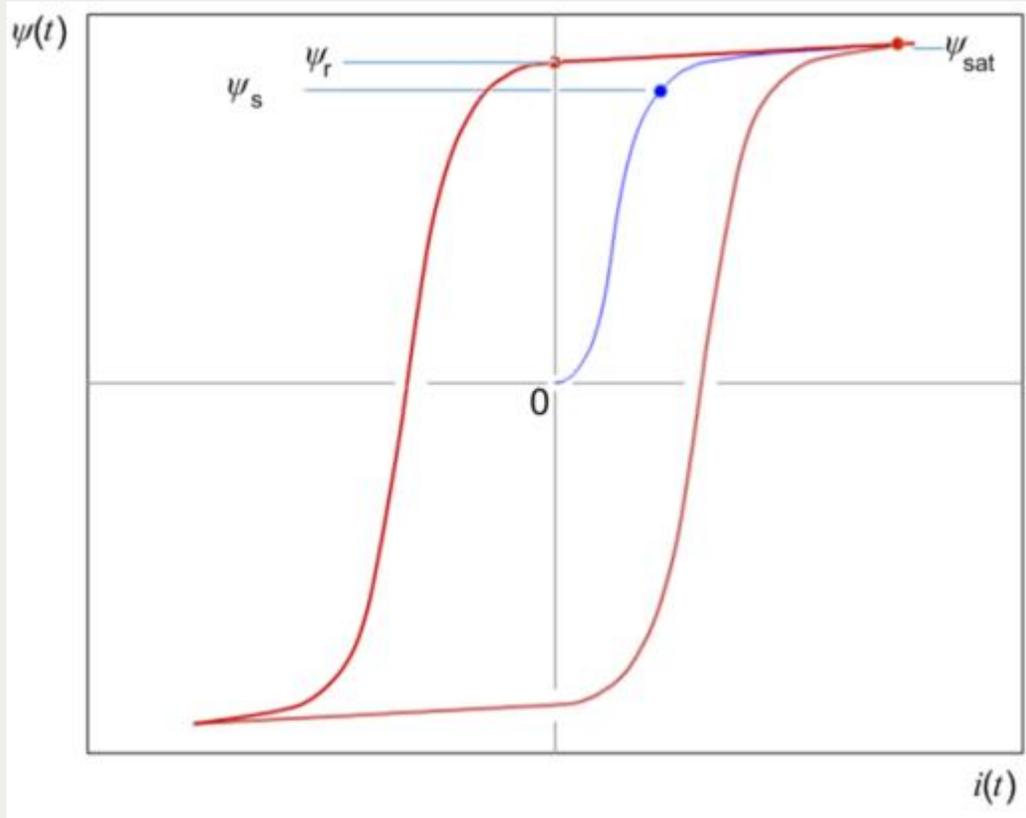


Figura 3. Flujo remanente según las clases de CTs para desempeño transitorio TPX/Y/Z

2. Revisión de Conceptos Clave

Característica de Magnetización y Remanencia



	Old CT cores (1930 to 1990)	New CT cores since 1995
Maximum remanence ^a	75 % to 77 %	88 % to 95 %
Actual remanence ^b	70 % to 75 %	85 % to 87 %

^a Maximum possible remanence limited by hysteresis curve.

^b Actual residual remanence measured after de-energization, commissioning or other tests (maximum values within some test series where lower values and values close to zero are found too).

Figura 5. Factores de remanencia en CTs de núcleo cerrado según IEC 61869-100

Figura 4. Cambio en la definición del flujo máximo con respecto entre las normas IEC 61869-2 e IEC 60044-1

2. Revisión de Conceptos Clave

Limitaciones Prácticas en el Tamaño del Núcleo de los CTs

- Instalación de CTs tipo ventana en celdas compactas de media y baja tensión
- CTs en subestaciones compactas en tecnología GIS
- CTs de bujes en interruptores, reactores, transformadores o módulos híbridos

2. Revisión de Conceptos Clave



Actualización de Requerimientos de Estándares Internacionales: IEC

- IEC 61869-2-2012 – Instrument Transformers – Part 2: Current Transformers
- IEC 61869-100-2017 - Instrument Transformers – Part 100: Guidance for application of current transformers in power system protection
- IEC 60255-121-2014 – Measuring Relays and Protection Equipment – Part 121: Functional Requirements for Distance Protection
- IEC 60044 (Obsoleta)

Actualización de Requerimientos de Estándares Internacionales: ANSI/IEEE

- IEEE Std C57.13-2016 – Requirements for Instrument Transformers
- IEEE Std C37.110-2007 – Guide for the Application of CTs for Protective Relaying Purposes (cuenta con una versión en borrador del 31 de octubre de 2022)

3. Criterios y Consideraciones para la Selección

Ciclo de trabajo (C-O y/o C-O-C-O)

- Debe seleccionarse de acuerdo con las características de la aplicación.
- Protecciones no sujetas a ciclos de recierre no deben considerar el ciclo C-O-C-O

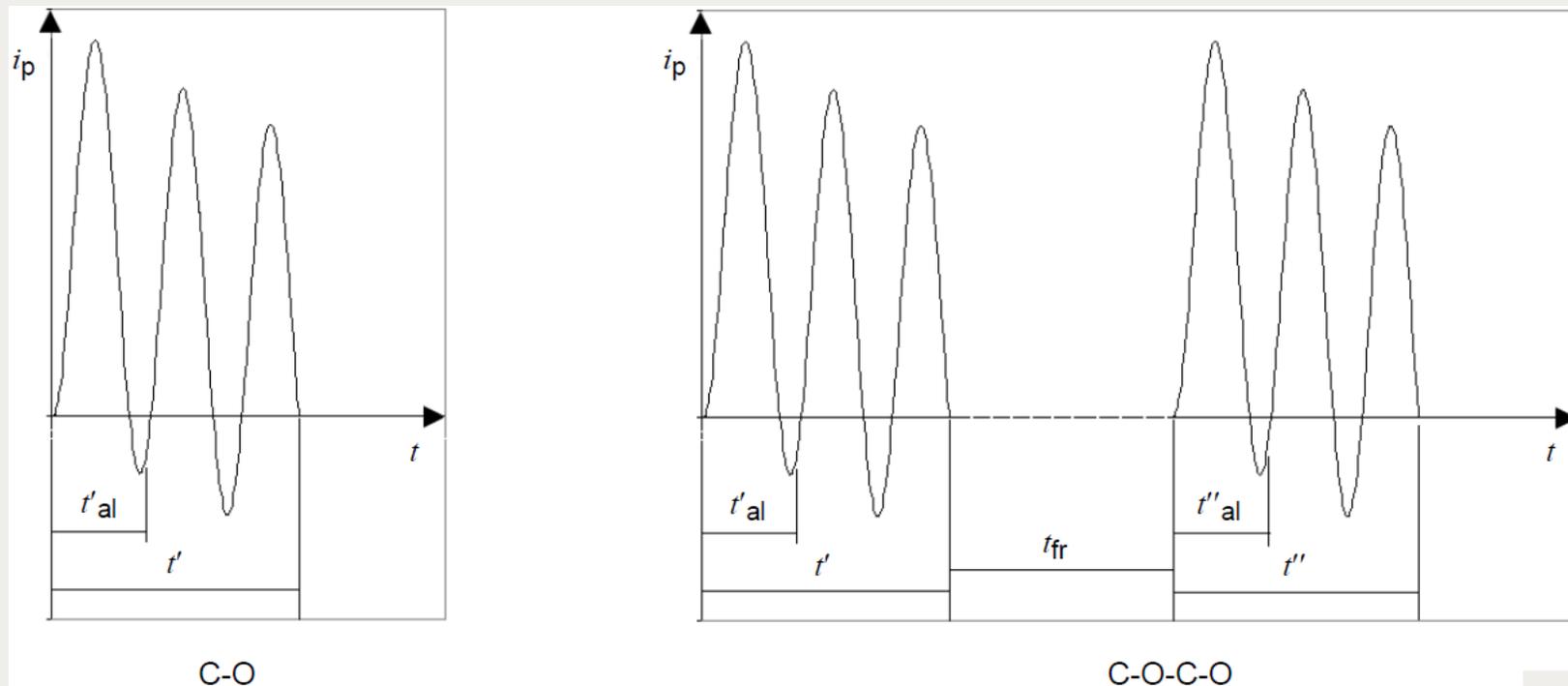


Figura 6. Ciclos de trabajo (Figura 201 de la norma IEC 61869-2)

3. Criterios y Consideraciones para la Selección



CTs de protección para aplicaciones de distribución

- Esquemas de protección a partir de funciones de sobrecorriente instantáneas y temporizadas

Aplicación	Requerimientos Basados en IEEE C37.110
General	IDEAL: Verificación de ausencia de saturación para el caso más conservativo (factor de flujo máximo $1 + X/R$)
ANSI 50	La corriente saturada debe garantizar que aún se encuentra en la característica de tiempo definido
ANSI 51/51N	La temporización limita el efecto de la saturación, pero no lo elimina. Debe garantizarse un CT libre de saturación en estado estable o verificar que no se afecta el margen de coordinación para la curva más inversa. Criterio básico generalizado: $V_{sat}/V_{sec} > 2$
ANSI 51/51N	Al considerar recierre en falla, se sobredimensiona el CT, y este normalmente se bloquea para corrientes de falla muy altas, por lo cual en estos casos, no sería necesario incluir el recierre en el ciclo de trabajo del CT. Se debe validar el criterio indicado para la ANSI 50
ANSI 67/67N	Verificación de las desviaciones en la medición fasorial de corriente utilizada para polarización

3. Criterios y Consideraciones para la Selección



CTs de protección para aplicaciones de distribución

- Esquemas de protección a partir de funciones de sobrecorriente instantáneas y temporizadas

Recomendaciones del estándar IEC 61869-100-2017

- Se recomienda seleccionar factores límites de precisión (ALF) mayores o iguales a 20
- Se recomienda seguir las recomendaciones específicas de los fabricantes de los relés asociados a la aplicación

3. Criterios y Consideraciones para la Selección



CTs de protección para transformadores de potencia

- Esquemas de protección a partir de funciones diferenciales de corriente de fases o de falla a tierra restringida

Recomendaciones basadas en el estándar IEC 61869-100-2017

- Debe evaluarse el desempeño tanto para fallas internas como para fallas externas, siendo estas últimas las más críticas
- Si la tecnología del relé lo permite, se debe garantizar el tiempo límite de precisión (t'_{al}) requerido por los algoritmos de detección de saturación
- Deben considerarse las recomendaciones del fabricante del relé en cuanto a los factores de dimensionamiento
- En lo posible, se deben utilizar núcleos anti-remanencia: PR, TPY, TPZ o PXR

3. Criterios y Consideraciones para la Selección



CTs de protección para transformadores de potencia

- Esquemas de protección a partir de funciones diferenciales de corriente de fases o de falla a tierra restringida

Recomendaciones basadas en el estándar IEEE C37.110-2007

- El criterio ideal es garantizar que no se presenta saturación ante las peores condiciones de falla externa
- Debido a que esto no siempre es factible, se busca que los niveles de saturación sean proporcionales en los CTs utilizados para el esquema
- Se contempla la posibilidad de verificar que la característica de operación del relé cuenta con rango suficiente para estabilizar la protección ante las peores condiciones de falla externa

3. Criterios y Consideraciones para la Selección



CTs de protección para protecciones de barras

- Esquemas de protección a partir de funciones diferenciales de corriente de principio porcentual o de alta impedancia

Recomendaciones

- El caso más crítico y relevante para la evaluación del desempeño del CT es la falla externa con el ciclo C-O-C-O
- Si la tecnología del relé lo permite, se debe garantizar el tiempo límite de precisión (t'_{al}) requerido por los algoritmos de detección de saturación
- Deben considerarse las recomendaciones del fabricante del relé en cuanto a los factores de dimensionamiento
- En lo posible, se deben utilizar núcleos anti-remanencia: PR, TPY, TPZ o PXR

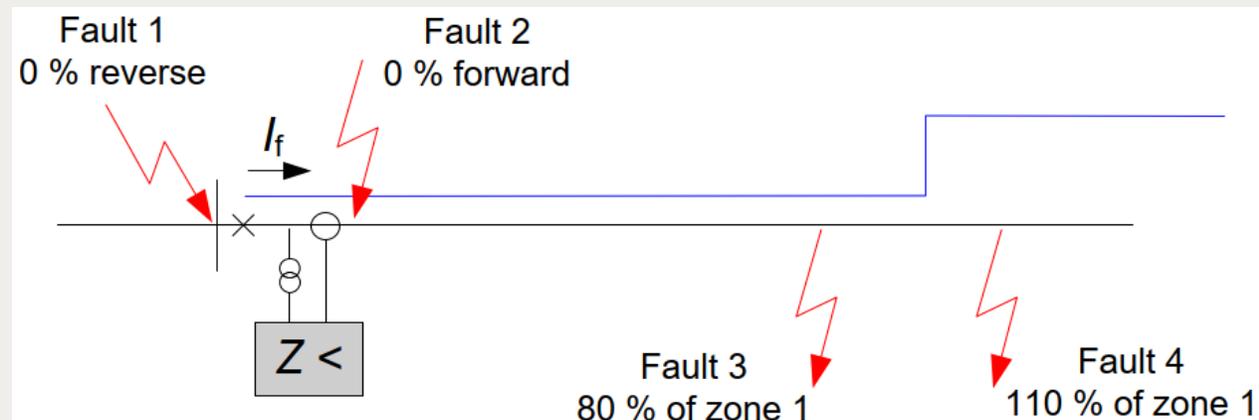
3. Criterios y Consideraciones para la Selección

CTs de protección para protecciones de líneas

- Esquemas de protección a partir de funciones diferenciales de corriente de principio porcentual o funciones direccionales de corriente y de impedancia

Recomendaciones para Esquemas de Protección de Baja Impedancia

- Se consideran cuatro posiciones de falla como casos base para evaluar el dimensionamiento de los CTs en esta aplicación
- Sobre estos casos se evalúa el tiempo límite de precisión requerido para la correcta actuación de la zona sin comprometer su sensibilidad debido a la saturación



4. Trabajo Futuro

1

- Completar la aplicación para la evaluación con base en la norma IEC 61869-100-2017

2

- Flujograma para la selección basado en las tres aproximaciones propuestas

3

- Normalización de modelos disponibles en software de simulación para verificaciones especiales

4

- Divulgación de la metodología en los espacios del CIGRE

Información personal

- José Jaramillo Serna
- Jose.Jaramillo@ieb.co
- +57 312 83 60 152
- Ingeniería Especializada S.A.