

Selección y Regulación de Protecciones en Sistemas Eléctricos de Distribución y Transmisión Mediante el Software DIgSILENT

Ing. Miguel Angel Ricciuto: Jefe de Protecciones EDEA *
e-mail: m-ricciuto@edeaweb.com.ar

* Empresa Distribuidora de Energía Atlántica

1- INTRODUCCION

En el artículo nos proponemos plantear y enumerar los objetivos que debimos considerar en la selección de un software para Simulación de Sistemas Eléctricos de Potencia. Luego realizamos una descripción básica de la metodología que emplea el software elegido en la modelación de transformadores de Corriente (T.I.), los transformadores de Tensión (T.V.), Relés de Protección a Máxima Corriente, Direccionales y Relés de Impedancia.

Por ultimo mostramos dos ejemplos de uso para Distribución y para Transmisión donde pueden visualizarse en forma práctica las propiedades del soft.

Palabras Clave

Software DIgSILENT para Sistemas Eléctricos de potencia, Relés de protección, Simulación, Modelado.

2- LA GESTION DE LOS SISTEMAS DE PROTECCION (Ref.Bibliog.1 y 2)

La gestión de los Sistemas de Protección involucra las siguientes tareas

2.1 La Selección de los Sistemas a Aplicar Debe tener en cuenta el carácter de sistema de las protecciones y considerar de una forma global al sistema de potencia.

La forma de operación de la red, los límites de estabilidad, las posibles expansiones futuras, las perturbaciones que se pueden esperar, las condiciones de operación en estado de emergencia, etc., son algunos de los factores a tener en cuenta.

2.2 La Selección de los Dispositivos

Es una tarea que debe tener en cuenta no solo la necesidad de que cumplan las funciones establecidas para los sistemas seleccionados, sino también la calidad de los dispositivos y la experiencia acumulada en las redes en las que ya se encuentran instalados.

2.3 Los Estudios de Regulación

Se realizan para lograr un verdadero software de los Sistemas de Protección. Su resultado es la regulación, ajuste o setting detallado de cada uno de los relés de los sistemas seleccionados y deben ser revisados cada vez que se produzcan cambios en las condiciones base tenidas en cuenta, o cuando los análisis de comportamiento indiquen la posibilidad de fallas u omisiones en esos estudios.

2.4 La Realización de la Regulación

En su sentido físico, incluye generalmente ensayos de campo luego de llevar a cabo el ajuste de los relés. Es necesario disponer de métodos para asegurar que la regulación no pueda ser modificada si no es por el personal especializado responsable.

2.5 El Mantenimiento

Involucra los ensayos periódicos recomendados por los fabricantes de los dispositivos, las acciones correctivas eventualmente necesarias y los ensayos especiales toda vez que se detecte un posible funcionamiento incorrecto.

2.6 El Análisis de Comportamiento frente a perturbaciones Reales

Es una parte fundamental del análisis de Perturbaciones. Se trata de una tarea global, es decir que no debe ser llevada a cabo aisladamente por cada uno de los responsables de la red, que requiere un fluido aporte de datos y amplia experiencia. De ese tipo de análisis podrá surgir la necesidad de cambios de dispositivos, cambios de regulaciones, reconsideraron general de los sistemas de protección o cambios en la operación de la red.

Ningún análisis es completo si no señala explícitamente si los Sistemas de Protección actuaron de acuerdo a lo previsto, si hubo fallas de funcionamiento o si se presentaron situaciones que no habían sido consideradas.

3- ELECCION DEL SOFTWARE

Hoy en día la mayoría de los Programas de análisis modernos pueden utilizarse con computadoras personales por esta facilidad vimos la necesidad de contar con un Software de Simulación de Sistemas Eléctricos.

Dado que en el mercado hay muchos y muy buenos programas para uso eléctrico, debimos determinar cual de todos ellos de adaptaba mejor a nuestras necesidades. Los archivos de la base de datos del sistema eléctrico Nacional emplean el software PSS/E (Power System Simulator for Engineering) por lo tanto el software que utilizaríamos debería contar con la posibilidad de importar dichos archivos y vincularnos al SADI (Sistema Argentino de Interconexión).

Debido a la variedad de dispositivos de protección existentes debemos realizar trabajos de coordinación en:

Baja Tensión:

Interruptores Termomagnéticos, Fusibles,

Media Tensión:

Relés de máxima corriente, Relés Direccionales, Reconectadores, Seccionalizadores, Fusibles.

Alta Tensión:

Relés de Impedancia, Relés de Frecuencia, Relés de Tensión,

Por lo tanto el soft debe tener la aptitud de contar en su librería con todos los dispositivos de

protección de esos niveles de Tensión o eventualmente permitir su modelación.

La Red Eléctrica de EDEA esta conformada por Transformadores de dos y tres arrollamientos, distintos tipos de líneas y cables de 13.2, 33 y 132Kv, estos elementos deben ser fácilmente modelables para digitalizar la red en todos sus niveles.

En el Area de concesión existen múltiples vínculos en distintas zonas de la Pcia. de Buenos Aires con la Empresa TRANSBA, con la cual debemos verificar la coordinación de las protecciones entre Empresas,

Luego de todos los estudios realizados y uso práctico en la red, llegamos a la conclusión que el software que mejor se adapta a nuestras necesidades es el Software de origen Alemán DIGSILENT (Digital Simulator for Electrical Network) este soft desde la versión 7 fue el primer software a nivel mundial de Simulación de Sistemas Eléctricos de Potencia con una interface gráfica.

El software DigSilent es una herramienta de Ingeniería asistida por computador, diseñada como un paquete interactivo, integrado y avanzado, que se emplea para el análisis de sistemas eléctricos de Potencia.

El Programa permite trabajar de manera integrada con una interfase gráfica que posee funciones de dibujo de diagramas unifilares. Cada elemento en el unifilar se enlaza directamente con la base de datos que almacena toda la información de cada elemento, permitiendo con esto la edición de parámetros desde el unifilar y vistas multicapas.

4- DESCRIPCION BASICA DEL MODULO DE PROTECCIONES DEL SOFTWARE DIGSILENT POWER FACTORY

Los modelos de protección del software han sido implementados con la siguiente filosofía:

- * El modelo deberá ser lo mas real que sea posible.
- * El usuario puede crear protecciones complejas o alterar las existentes.
- * Todos los modelos de las protecciones actuaran sobre los interruptores.
- * Un fusible es modelado como un relé de sobrecorriente actuando sobre un interruptor.

* Los dispositivos de protección son almacenados en el objeto sobre el cual van a actuar.

Definir los ajustes adecuados de los relés de protección resulta esencial para la correcta operación del Sistema Eléctrico de Potencia tanto en régimen normal como en condiciones de falla. La característica de operación esperada del relé de protección puede ser influenciada por otros fenómenos tales como la saturación de los transformadores de corriente.

Las simulaciones por computadora son útiles para analizar el comportamiento del relé de protección y su coordinación con otros elementos de protección, así como también determinar las operaciones incorrectas de los mismos. Debido a la gran variedad de relés de protección de diferentes fabricantes y tecnologías, el método de modelación debe ser flexible. Esta tarea debe ser válida tanto para los antiguos relés electromecánicos y relés de estado sólido, así como también los modernos relés digitales. Una forma de obtener tal objetivo es identificar bloques básicos que son comunes a la mayoría de los relés de protección y utilizando una combinación de esos bloques básicos obtener modelos de relés con operaciones más complejas. La simulación de la operación del relé de protección debe realizarse con diferentes niveles de precisión. Para una verificación general de los ajustes de la protección una simulación de cortocircuitos en régimen permanente por ejemplo con la norma IEC 60909 es suficiente, aunque en el caso de relés de impedancia debe usarse el método completo flujo de carga y cortocircuito para verificar el efecto que sobre estos relés tiene el flujo importador y exportador de la carga.

Para estudios de caso especiales debe emplearse la técnica de simulación con transitorios especialmente sí la saturación del

transformador de corriente y la respuesta transitoria del transformador de tensión necesita ser considerada correctamente.

Para simular la performance dinámica del relé, como por ejemplo la actuación del relé de pérdida de sincronismo o bloqueo por oscilación de potencia, el análisis de estabilidad transitoria es la forma más eficiente de realizarla.

Los tres tipos de simulaciones disponibles son:

Régimen Permanente:

Cortocircuito y flujo de carga

Transitorios Electromecánicos:

Modelos de régimen permanente para elementos de medición y modelos dinámicos para relés de protección.

Transitorios Electromagnéticos:

Modelo dinámico completo del relé de protección

5- METODOLOGIA (Ref.Bibliog. 3)

Definir nuevos modelos de relés a partir de cero es una tarea difícil que requiere de muchas simulaciones y conocimientos de modelado, además de un conocimiento profundo del relé a ser modelado. Por lo tanto la estructura de datos es diseñada de acuerdo a dos tipos de usuarios.

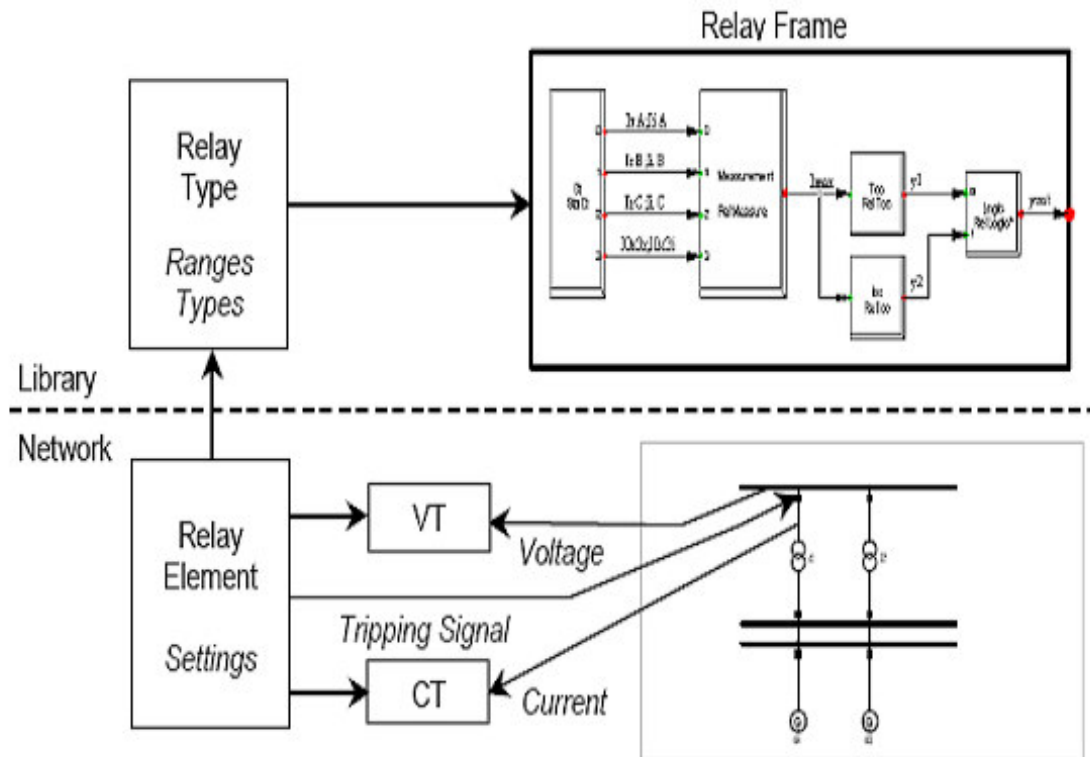
5.1 Usuario Común

Es quien ensaya y ajusta relés en un modelo de red utilizando tipos de relés existentes en la biblioteca.

5.2 Usuario Avanzado

Es quien se beneficia de las posibilidades de los modelos completos que provee el software.

Figural: Estructura general de modelado



Esta distinción entre usuarios que utilizan solo tipos relés existentes y los que emplean modelos completos de relés se refleja en la estructura de datos orientada a objetos mostrada en la **Fig. 1**. El modelo de un relé completo esta compuesto de tres niveles, la estructura del relé, el tipo de relé y los elementos del relé.

5.3 La estructura del relé(relay frame)

Especifica generalmente la funcionalidad del equipamiento empleando diagramas en bloque. Se pueden definir bloques para temporizadores, mediciones, funciones lógicas etc.en ellos se definen también la cantidad de bloques que constituyen el relé y como los mismos interactúan.La estructura del relé sin embargo no posee inteligencia ya que allí no se especifican los detalles del algoritmo. Cada bloque es definido por el número de señales de entrada y salida. Las líneas de vinculación indican como esos bloques se encuentran conectados.

5.4 El tipo de relé

Define los contenidos de cada bloque de la estructura.

En este nivel la función matemática, o tipo de

característica, es especificada, por ejemplo el tipo de filtro usado para procesar las señales de entrada, o el tipo de característica de operación.

Dado que muchos relés soportan más de un tipo de características se definen un juego de características o funciones que pueden ser soportadas.

También en el tipo de relé se especifican los rangos de ajuste de distintos relés, incluyendo si los parámetros de ajuste se realizaran en forma continua o en etapas discretas.

El tipo de relé define también la biblioteca de informaciones para un fabricante determinado, el cual todavía no tiene aplicado ningún ajuste. La información completa descrita en la hoja de datos y en el manual del relé se inserta en el tipo de relé. Una ventaja de este concepto separado es la posibilidad de reusar la estructura del relé para más de un tipo de relé.

5.5 El elemento del relé

Se refiere a la aplicación específica del relé en un sistema eléctrico de potencia el cual provee la estructura completa del mismo incluyendo los rangos de ajustes para todos los parámetros.

Los ajustes del relé como por ejemplo rangos de regulación, valores de arranque, forman parte de los ajustes del elemento del relé, teniendo en cuenta las limitaciones en el rango definidas en el tipo de relé. Los modelos de los transformadores de corriente y tensión conforman el vínculo entre elemento del relé y el sistema eléctrico. Como salida del relé se encuentra la señal de disparo que se envía directamente al interruptor del sistema eléctrico modelado. Para simular protección de barras o cualquier esquema de teleprotección el elemento del relé se puede enviar la señal de disparo a más de un interruptor.

6- MODELOS DE TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

Se dispone de T.I. ideales así como también detallados, para una verificación general el modelo ideal mostrado en la **Fig.2** es suficiente, el cual consiste de una fuente ideal de corriente controlada. Los únicos parámetros que se deben ingresar son la corriente nominal primaria y la corriente nominal secundaria.

Si es necesario un análisis detallado de la performance de un T.I., particularmente relacionado a la saturación, debe utilizarse el modelo detallado del mismo, **Fig. 3**. Los parámetros del modelo equivalente que se deben ingresar son la resistencia de bobinado, la impedancia de la prestación y la inductancia de magnetización no lineal.

La función de saturación no lineal puede ser descripta tanto por una función de tramos lineales como por una función de aproximación polinomial para ello son necesarios los parámetros de clase de exactitud por norma ANSI o IEC.

Para una simulación en régimen permanente la influencia de la saturación del T.I. en la corriente secundaria medida puede ser solamente estimada. La relación entre la tensión de excitación y la tensión de saturación da una buena indicación si el T.I. esta operando en su región lineal y cual es el margen de reserva disponible. Para simular la influencia real de la saturación sobre el tiempo total de actuación del relé de protección es necesario emplear el modelo

dinámico del T.I. con una simulación electromagnética (EMT) en la red eléctrica.

Figura 2: Transformador Ideal de Corriente

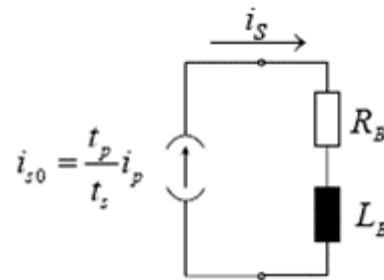
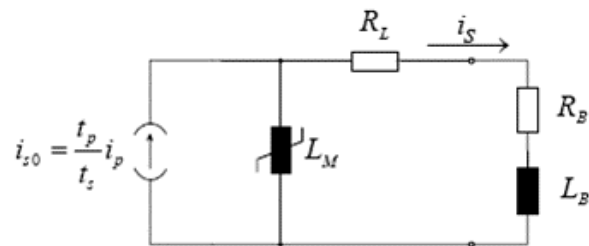


Figura 3: Transformador de corriente detallado



7- MODELOS DE TRANSFORMADORES DE TENSION

Aquí también contamos con un modelo ideal y con otro detallado **Figs. 4 y 5**. El modelo ideal consiste de una fuente de tensión controlada, donde solo es necesario definir las tensiones nominales primarias y secundarias. Los efectos transitorios de los T.V. pueden ser modelados con elementos R, L, C en el modelo detallado. Los principales efectos transitorios de los T.V. acoplados tanto inductiva como capacitivamente pueden ser modelados con suficiente exactitud.

Figura 4: Transformador Ideal de Tensión

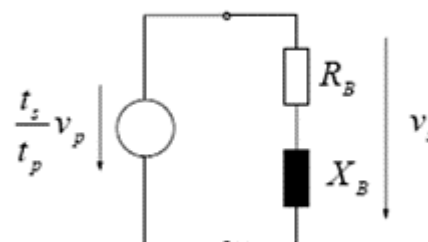
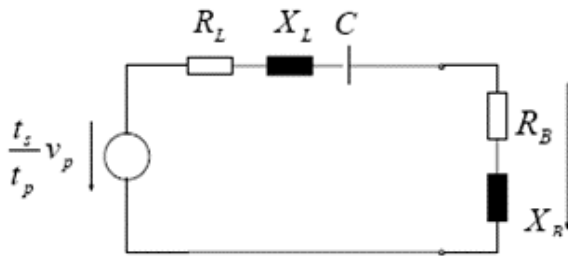


Figura 5: Transformador de Tensión Detallado



8-PROTECCION DE SOBRECORRIENTE

El diagrama en bloques típico de un relé de sobrecorriente genérico se muestra en la Fig. 6, consiste de los siguiente bloques:

- *T.I. (definido anteriormente)
- *Unidad de Medición
- *Unidad de sobrecorriente Temporizaba (TOC)
- *Unidad de sobrecorriente Instantánea (IOC)
- *Unidad Lógica

8.1 Unidad de Medición

Las tres corrientes de fase secundarias provenientes de los transformadores de corriente (StaCt) son las partes reales e imaginarias de las corrientes de fase (I_rA , I_rB , I_rC) (I_iA , I_iB , I_iC) y las partes reales e imaginarias de la corriente de secuencia cero (I_{0x3r} , I_{0x3i}). Estas ingresan a la unidad de medición y su salida es I_{max} . (Relay Frame Fig.1).

Adicionalmente puede definirse una entrada de corriente de neutro asociada a un T.I. de neutro toroidal. La unidad de medición filtra y rectifica esas señales.

El filtrado es solamente considerado en el modelo dinámico, nivel de transitorios electromagnéticos (EMT), los otros niveles de modelos asumen señales senoidales perfectas.

El filtro standard es un filtro pasa banda de segundo orden que elimina tanto transitorios de alta frecuencia como componentes de corriente continua.

Opcionalmente, si la performance de actuación del filtro necesita ser modelada en detalle es posible seleccionar algoritmos de filtros digitales. Para la rectificación de las señales puede elegirse entre la generación de tres señales de

corriente independientes o solo una salida de corriente como resultado de una rectificación trifásica, como sería el caso de relés digitales que ejecutan una rectificación

8.2 Sobrecorriente Instantánea (IOC)

La unidad IOC consiste de un relé de sobrecorriente de actuación instantánea aunque puede contar con una temporización adicional. El elemento genera una señal de disparo si la corriente supera el valor ajustado o eventualmente si en la condición anterior se mantiene excitado por un tiempo mayor a la temporización ajustada.

8.3 Sobrecorriente Temporizado (TOC)

Para la unidad TOC debe definirse la característica de operación tiempo-corriente.

Todas las características indicadas en las normas IEC o ANSI/IEEE están predefinidas en la librería del soft. Adicionalmente, cualquier otra característica puede ser definida empleando determinadas formulas de calculo. También la corriente de arranque y el ajuste del dial de tiempo tienen que ser definidos, ambos valores se deben encontrar dentro del rango de actuación definido en el tipo de relé.

Para la simulación en régimen permanente, la salida de la unidad TOC es el tiempo de disparo, el cual es dependiente de la magnitud de la corriente. Para simulaciones electromecánicas y electromagnéticas el comportamiento dinámico de la unidad TOC es representada utilizando un integrador. En el ejemplo mostrado la unidad TOC puede ser bloqueada por una señal de entrada externa (iblock).

8.4 Unidad Lógica

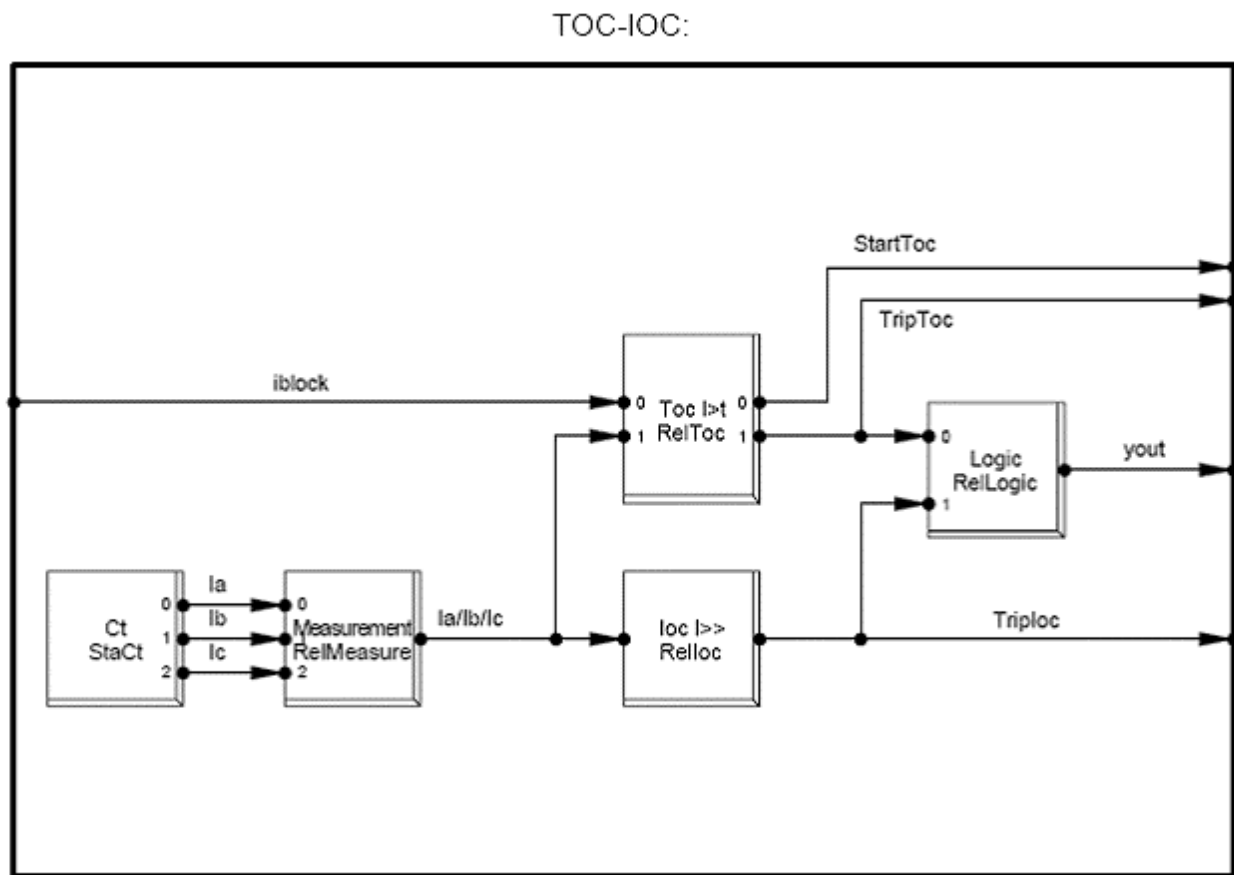
La señal de salida (yout) es el resultado de una combinación lógica de las señales de salida de diferentes etapas. En los relés digitales modernos la lógica de salida es programable.

Esta unidad de programación lógica también forma parte de las herramientas de modelado.

9- PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL

Para modelar unidades Direccionales es posible elegir entre las técnicas de comparación de fase o la medición de potencia.

Figura 6: Relé de sobrecorriente básico



El método de Polarización empleado es especificado como parte del tipo de relé. Los métodos disponibles son:

- *Tensión de Falla (autopolarizado)
- *Tensión de las fases sanas (polarización cruzada)
- *Corriente
- *Tensión de Secuencia Negativa (V2)
- *Tensión de Secuencia Positiva (V1)
- *Polarización dual

10- PROTECCION DE DISTANCIA

Se encuentran disponibles entre otras las características Mho y Poligonal, diferentes algoritmos son usados para obtener determinadas características de operación por impedancia.

Para crear un dispositivo de protección de impedancia simplemente con un click derecho del mouse sobre el símbolo del interruptor en el diagrama unifilar en el cual va a actuar el dispositivo de protección, por lo tanto la ubicación del relé va a ser por defecto en el

terminal o barra donde esta ubicado el interruptor. Para seleccionar un tipo de relé se puede acceder a los que están en la biblioteca general del programa, los tipos de relés que se especifican presentan las características de diseño de cada fabricante e incluso se puede encontrar relés con características genéricas.

Especificando que tipo de relé se va a utilizar se deben definir de la misma manera los dispositivos de medición T.I.-T.V., los cuales proporcionaran la información de tensión y corrientes a ser medidas por el relé.

Los datos a ser ingresados son:

- *Tipo de relé
- *T.I.
- *T.V.
- *Medición(Measurement)

En esta ventana se detalla la corriente nominal y tensión nominal de operación del relé.

Se define también el tipo de variables eléctricas a ser medidas, es decir variables trifasicas, monofasicas, y valores RMS de tensiones y corrientes.

*Polarización(Polarizing)

Los métodos de polarización que permite definir el programa son:

Método en Cuadratura: La Tensión entre fases es usada como tensión de polarización, la unidad direccional compara el ángulo entre:

Ia con Vbc, Ib con Vca, Ic con Vab.

La utilización de este método de polarización hace que la tensión de Línea que se toma como referencia se desplace 90°

Método Cruzado: La tensión entre fases es usada como tensión de polarización, en este caso, la unidad direccional compara el ángulo entre:

Ia con Vac, Ib con Vba, Ic con Vcb.

La tensión de Línea tomada como referencia se desplace 30°

Método Propio: Con este método la unidad direccional compara el ángulo entre la corriente de línea y la tensión Fase-Neutro que es tomada como referencia, así tenemos en comparación Ia con Va, Ib con Vb, Ic con Vc.

Método de Secuencia Positiva: La unidad direccional compara el ángulo entre Ia con V1, Ib con aV1, Ic con a²V1, donde a es igual a $1/120^\circ$

Si la unidad de protección esta polarizada como una unidad Fase-Tierra, es necesario ingresar el coeficiente K0 (coeficiente de impedancia de tierra) en magnitud y ángulo, este sirve para el calculo de la impedancia aparente vista por el relé durante fallas a tierra. Este coeficiente también puede ingresarse con otro formato por ejemplo Re/Rl y Xe/Xl.

También existen otros ajustes como las temporizaciones de zona, el ángulo característico del relé, valores de arranque si los tiene, ajustes de zonas, etc.

La **Fig.7** muestra la característica de operación en el plano R-X de un relé de impedancia de digital Siemens 7SA611.

11- CARACTERISTICAS GENERALES

Con las simulaciones dinámicas también es posible generar un registro de eventos de las actuaciones de los relés de protección y los interruptores.

Con la elección de la función de Transitorios Electromagnéticos (EMT) es posible también verificar la actuación de descargadores de sobretension y obtener registros en formato COMTRADE los cuales permiten verificar la operación real del equipo de protección ingresando dichos datos a un equipo de ensayo tipo Omicron.

Es posible además, comparar oscilos reales con los calculados, obtener diagramas unifilares en CAD de background para modelar líneas y cargas, generar librerías para toda la red con opción a usarla como base de datos, realizar distintos estudios de caso para evitar superposición de diagramas de coordinación, armado de grillas de los unifilares según la tensión de la red y la vinculación con el SADI.

12- EJEMPLO DE USO EN REDES DE DISTRIBUCION

En el esquema unifilar de la **Fig.8** se muestra a un cliente alimentado en Media Tensión, en **A** se encuentran los transformadores de intensidad el relé digital y el interruptor de acometida a la Fabrica, en la Fabrica el cliente tiene instalado un transformador de Distribución de 1 MVA y un fusible tipo HH .ubicado en **B**.

En la **Fig.9** se muestran las regulaciones de los dispositivos de protección así como también la curva de deterioro del Transformador de 1 MVA según IEEE Std C57.109, el fusible HH elegido es de 80A y esta ubicado a la derecha de la curva de inrush con un margen del 20%.El

relé digital indicado en color rojo en línea de rayas es alimentado por T.I.s de relación 100/5

Figura 7: Característica de operación en el plano R-X de relé de impedancia Digital Siemens 7SA611

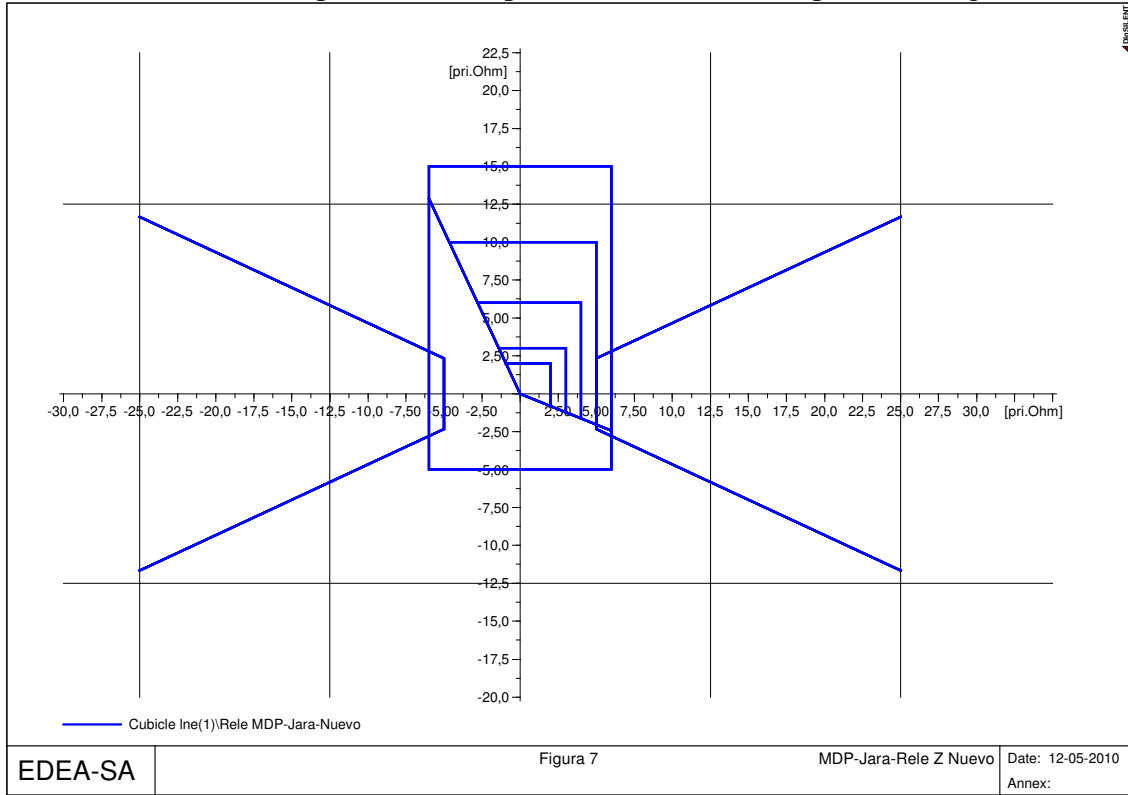
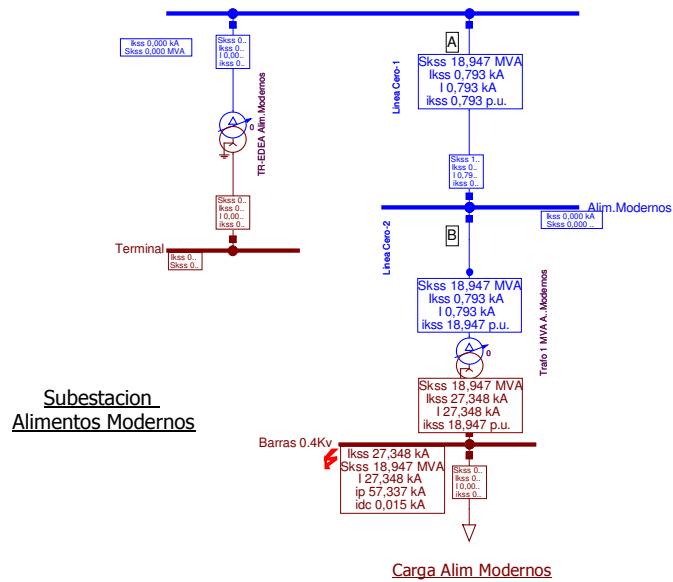


Figura 8: Esquema Unifilar Cliente en Media Tensión.



EDEA-SA PROTECCIONES PowerFactory 14.0.516	ESQUEMA UNIFILAR	Project: Relays
	Figura 8	Graphic: Alim. Modernos- Date: 12-05-2010
		Annex:

y esta regulado en 100A curva IEC Very Inverse Time Dial: 0.275

La **Fig.10** muestra la coordinación de las protecciones para un cortocircuito Trifasico en barras de 380Volts indicando para el valor de falla en línea vertical el intervalo selectivo entre el fusible HH el relé de acometida y el relé de la Estación de Alimentación.

La **Fig.11** muestra la coordinación para el caso de una falla a tierra en barras de 380 Volts

De la misma manera es posible generar distintos tipos de fallas en cualquier lugar indicado en el esquema unifilar de la **Fig.8**

y verificar la coordinación de las protecciones.

13- EJEMPLO DE USO EN REDES DE TRANSMISION

El esquema unifilar de la **Fig. 12** muestra parte de la red de 132 Kv. de EDEA donde se ha incluido la Estación Transformadora Sur actualmente en etapa de construcción, la misma se encuentra vinculada con la Estación Mar del Plata y la Estación 9 de Julio

Hemos ubicado las Protecciones de Impedancia digitales Siemens modelo 7SA611 que se van a instalar en los puntos indicados A, B, C y D así como también los respectivos transformadores de Intensidad y de Tensión

La característica de operación del relé de impedancia 7SA611 se muestra en el plano R-X de la **Fig.13**.

Se han establecido los ajustes previos y verificados los mismos simulando fallas en distintos puntos de la red, tal como lo indicado en la **Fig. 14** para una falla trifasica a 80% de la Línea E.T.Mar Del Plata - E.T.Sur.

El software posee una función importante para este caso que es el Short-Circuit Sweep o barrido de cortocircuito, este permite simular distintos tipos de fallas con una distancia entre ellos definida por el usuario, habiendo definido previamente una trayectoria o path, la misma se indica con otro color y permite visualizar en el unifilar indicado en la **Fig. 12** que zonas y que relés son considerados en el barrido.

El desarrollo del barrido de cortocircuito se muestra en la **Fig.15**, allí se puede ver un diagrama tiempo-distancia, aunque puede elegirse tiempo en función la impedancia, reactancia, conductancia etc. Se indican dos esquemas uno con los relés en la dirección forward (hacia delante) y otro con los relés en la dirección reverse (hacia atrás).

Cualquier modificación de ajustes de cada una de las zonas de los relés de impedancia se puede hacer directamente desde el gráfico

Los relés indicados van a ser vinculados directamente por fibra óptica monomodo, a través de la zona de sobrealcance Z1b utilizando el esquema POTT (Permissive Overreach Transfer Tripping) estas zonas en sobrealcance pueden visualizarse en el barrido de cortocircuito mostrado en la **Fig.16** para los relés de impedancia ubicados en la E.T.Mar del Plata y en la E.T.Sur.

Figura 9: Regulación de Protecciones de EDEA y Cliente en Media Tensión

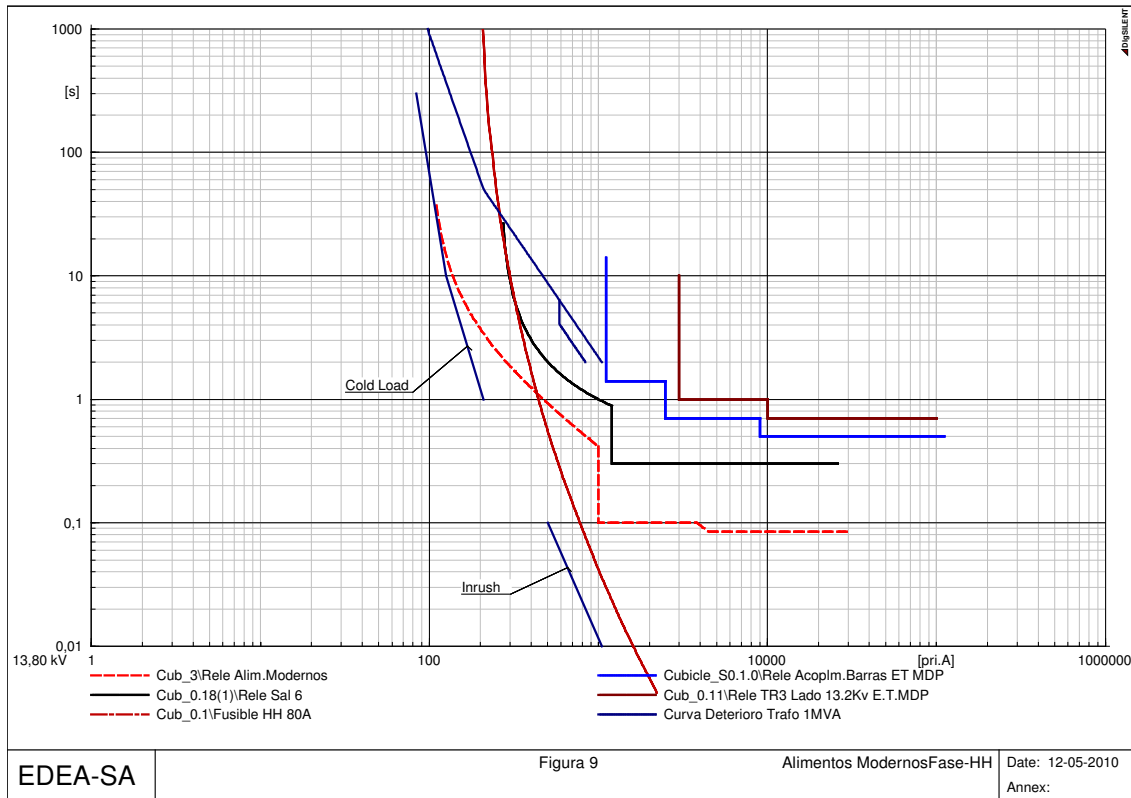


Figura 10: Coordinación de Protecciones, falla trifásica en Baja Tensión.

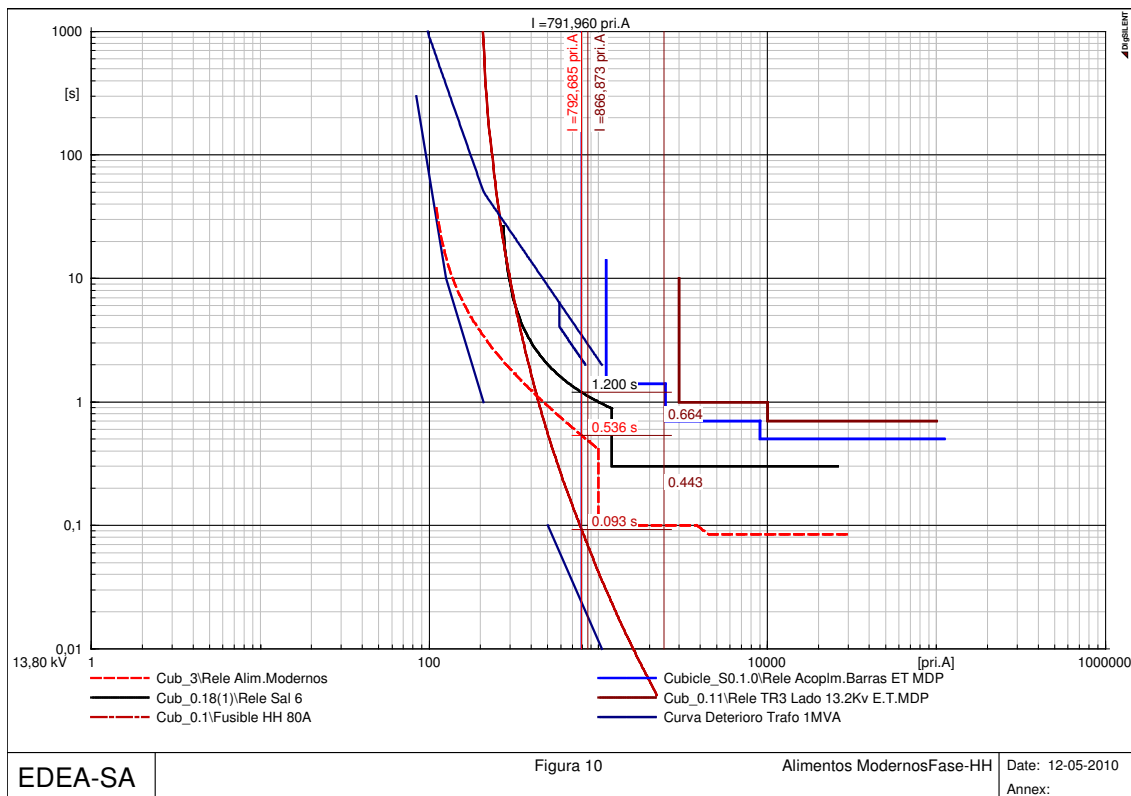


Figura 11: Coordinación Protecciones, falla a tierra en Baja Tensión.

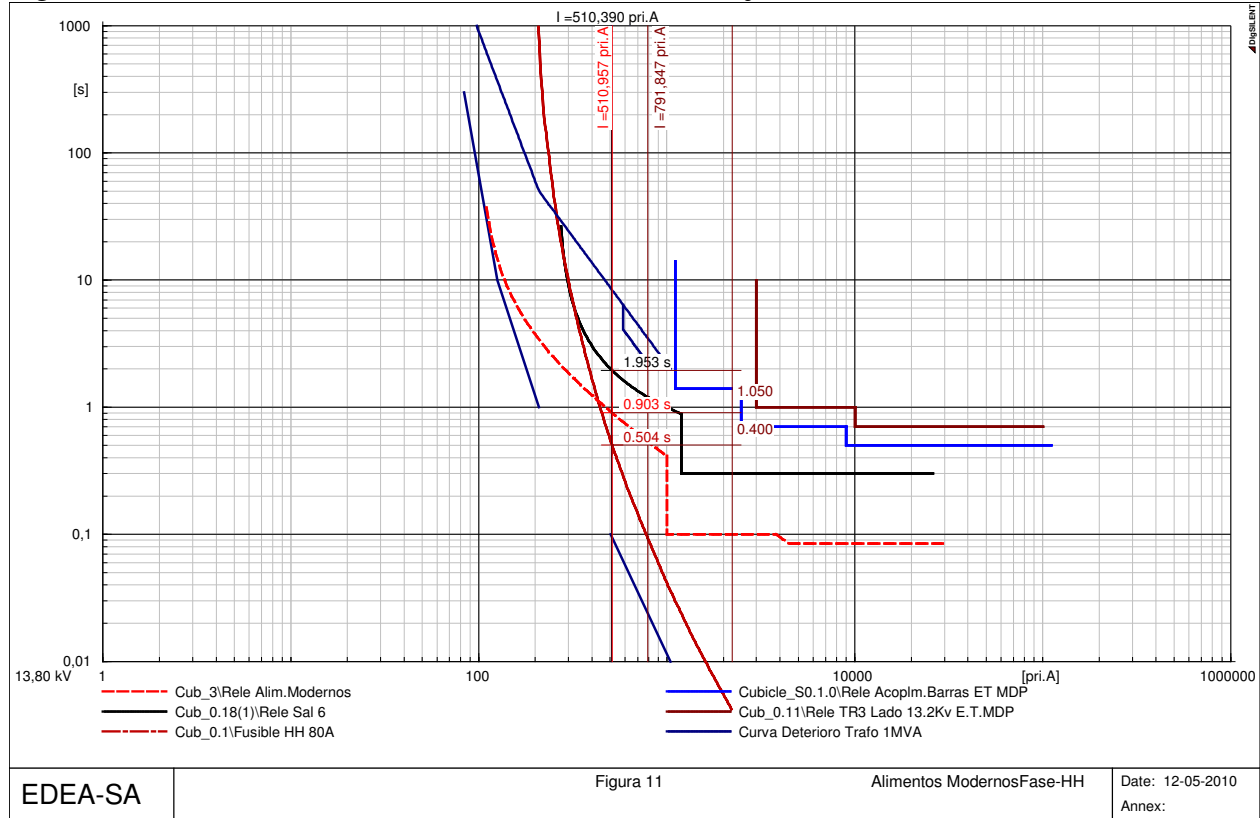


Figura 12: Esquema Unifilar 132 Kv. E.T. Mar del Plata-E.T.Sur-E.T.9 de Julio.

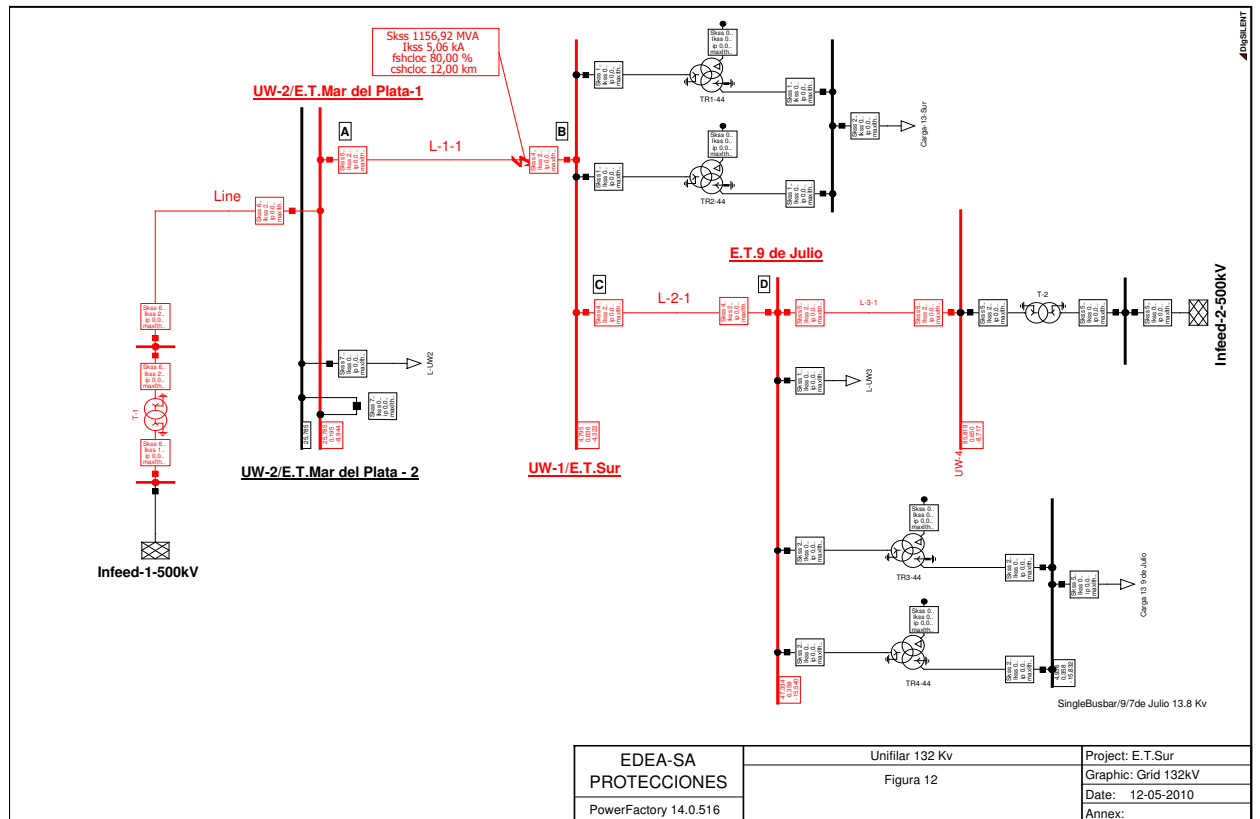


Figura 13: Característica de Operación Plano R-X Relés Siemens 7SA611

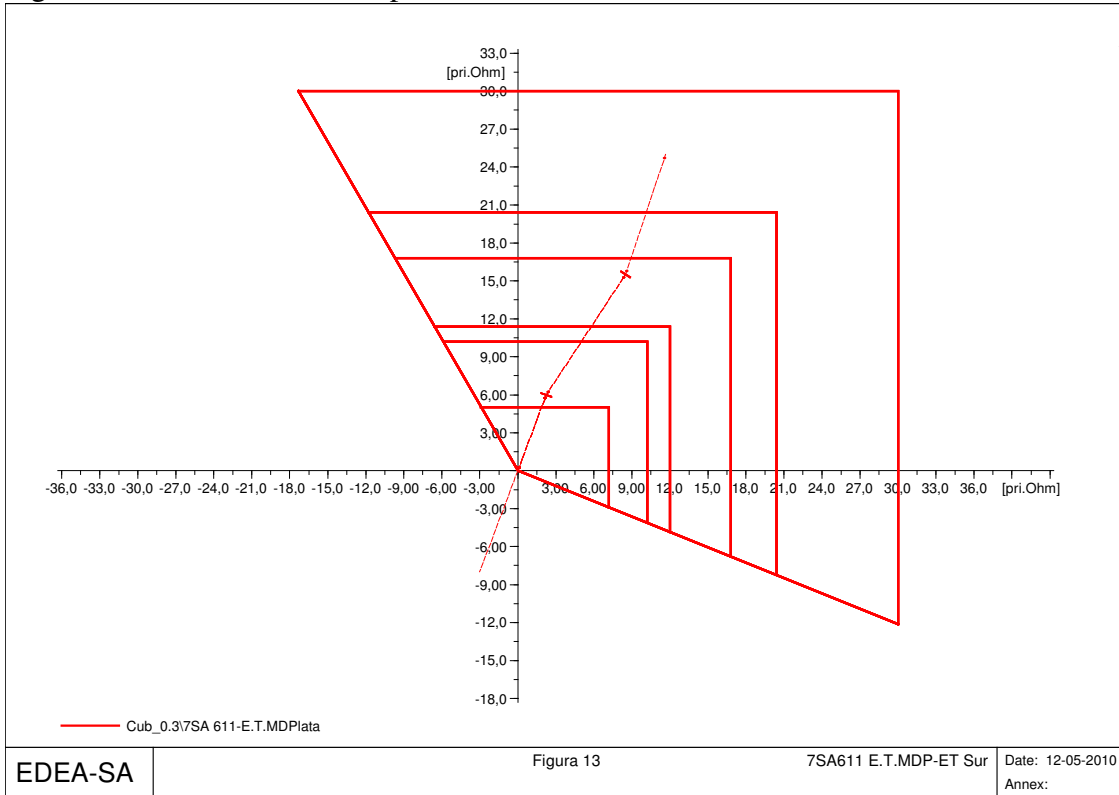


Figura 14: Operación Relé Siemens 7SA611 para falla trifásica al 80% Línea E.T.Mar del Plata-E.T.Sur

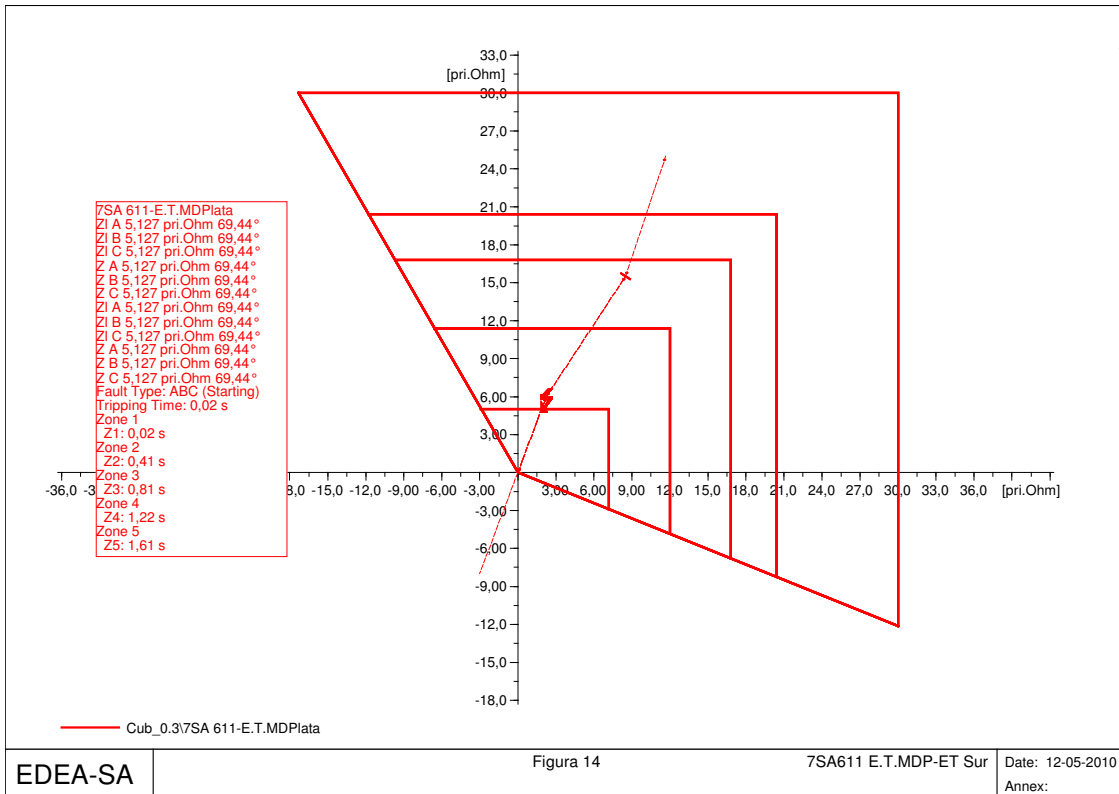
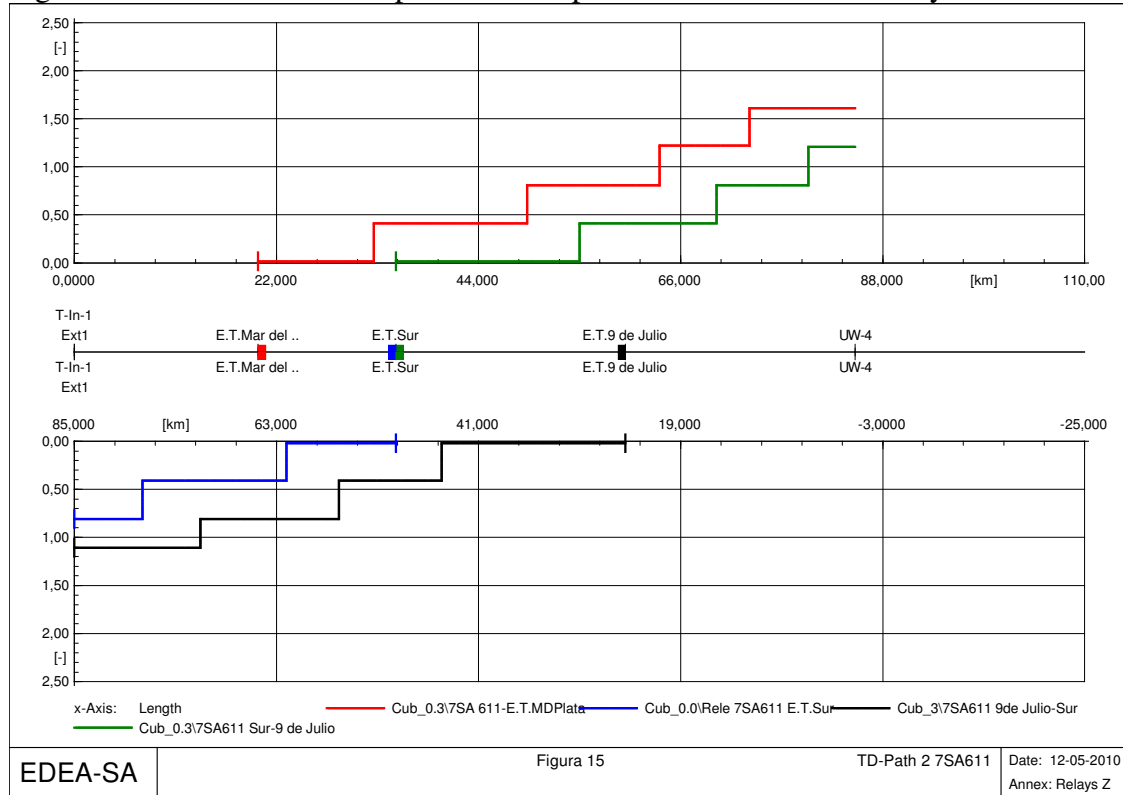


Figura 15: Short-Circuit Sweep Relés de Impedancia E.T.Mar del Plata y E.T.Sur



EDEA-SA

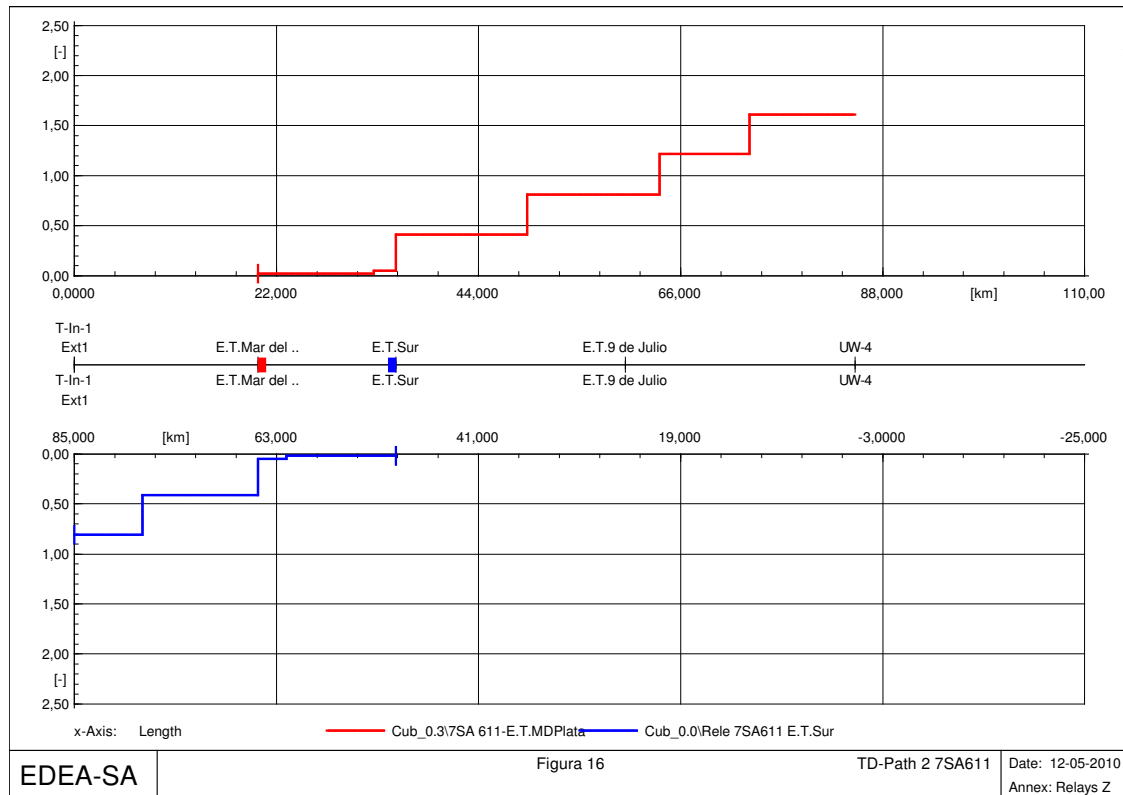
Figura 15

TD-Path 2 7SA611

Date: 12-05-2010

Annex: Relays Z

Figura 16: Short-Circuit Sweep Relés de Impedancia E.T.Mar del Plata y E.T.Sur con zona Z1b en Sobrealcance.



EDEA-SA

Figura 16

TD-Path 2 7SA611

Date: 12-05-2010

Annex: Relays Z

14- CONCLUSIONES

El empleo de un Software para Simulación de Sistemas Eléctricos de Potencia, permite al ingeniero de Protecciones contar con una herramienta valiosa para el diseño y coordinación de Protecciones, permitiéndole al especialista realizar numerosos cálculos de ajustes y verificación de dispositivos de protección en cualquier configuración de la red con mayor exactitud y en muy poco tiempo, comparado con los tiempos que resultaban necesarios anteriormente,

Simultáneamente se genera una importante base de datos eléctricos con soporte digital que se encuentra disponible en todo momento.

El procesamiento analógico de la información (Ref.Bibliog.1 y 2) que provee el sistema de potencia es bastante limitado, de modo que al ingeniero de protecciones antiguo le bastaba conocer solamente algunos aspectos esenciales del comportamiento de la red. El procesamiento numérico tiene muchas mas posibilidades y para sacar ventaja de esas posibilidades, es

necesario conocer en profundidad el comportamiento del sistema de potencia, tanto en funcionamiento normal como en condiciones perturbadas

La diferencia fundamental entre la tecnología analógica y la tecnología digital, es que el ingeniero de protecciones deja de realizar una ingeniería que es una combinación balanceada de ingeniería de aparatos con ingeniería de sistemas de potencia. En efecto cuando se trata de aparatos basados en microprocesadores, es muy poco lo que se puede intervenir para corregir problemas de hardware y es mucho lo que se puede estudiar del sistema de potencia para sacar el máximo provecho de las casi ilimitadas posibilidades que otorga el procesamiento numérico.

Por ello y por las exigencias de las redes eléctricas operando muy cerca de sus límites, los ingenieros de sistemas de protección deben tener una muy buena herramienta de análisis de sistemas eléctricos de potencia.

BIBLIOGRAFIA

- 1- **Sistemas de Protección En Grandes Redes Eléctricas de Potencia Vol.1**
Ing. M.V.Gonzalez Sabato
CIGRE-Argentina-2009
- 2- **Sistemas de Protección En Grandes Redes Eléctricas de Potencia Vol.2**
Ing. M.V.Gonzalez Sabato
CIGRE-Argentina-2009
- 3- **Simulating The Steady State and Transient Response of Protective relays**
M.Poller, B.Maier
DIgSILENT Germany 2001
- 4- **Simulación de Sistemas Eléctricos**
Zamora, Sainz, Fernández y otros
Pearson-Prentice-Hall España 2005
- 5- **Power System Analysis-Load Flow -Short Circuit and Harmonics** Marcel Dekker
USA 2002
- 6- **Short Circuits In Power Systems A Practical Guide to IEC 60909**
Ismail Kasikci Wiley Germany 2002
- 7- **IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems**
IEEE-STD 551- USA 2006.
- 8- **Modeling Relays for Power System Protection Studies** Sandro A.Perez
Canada 2006.
- 9- **Computer Relaying For Power Systems**
A.G.Phadke J.S.Thorp -Wiley
England 2009
- 10- **Power System Modelling and Fault Analysis.** Nasser Tleis
Elsevier USA 2008
- 11- **Computer Modelling of Electrical Power Systems** 2Ed.Arrillaga-Watson
Wiley England 2001
- 12- **Short-Circuit Currents** - J.Schlabbach
Institution of Engineering and Technology
IET-England 2008
- 13- **DIgSILENT Power Factory Software Manual** Versión 14 Germany 2008
- 14- **Power System Relaying** Third Edition
Horowitz-Phadke Wiley England 2008
- 15- **Transmission Network Protection Theory And Practice** Y.G.Paithankar
Marcel Dekker-USA 1998
- 16- **Protective Relaying Principles and Applications** Third Edition
Blackburn-Domin USA 2006
- 17- **Protection Relay Settings Management In the Modern World**
Brad Henderson DIgSILENT Pacific
CIGRE- SEAPAC 2009
- 18- **Numerical Simulation of Distance Protection on Three Terminal High Voltage Transmission Lines** Advance Engineering
2009
- 19- **Numerical Distance Protection**
Third Edition Gerhard Ziegler
Siemens Germany 2008
- 20- **Understanding Microprocessor-Based Technology Applied to Relaying**
Power System Relaying Committee
Working Group I-01 January 2009
- 21- **Relay Software Models for Use with Electromagnetic Transients Analysis Programs** CIGRE WG-B5.17 2005
- 22- **Protecciones del Sistema de 132 Kv. de Mar del Plata.** Ing.Miguel A.Ricciuto
DEBA-Mar del Plata-Argentina 1985



Miguel Angel Ricciuto: Nació en Mar del Plata Buenos Aires Argentina el 11 de Junio de 1955.Obtuvo el Título de Técnico Mecánico Electricista en la Escuela Industrial de Mar del Plata ENET N°1.

En abril de 1982 recibió el título de Ingeniero Electricista en la Facultad de Ingeniería de Mar del Plata.

A partir de 1974 se desempeñó como Técnico asistente en la Central 9 de Julio de Mar del Plata en la Empresa Agua y Energía Eléctrica, en 1977 paso al Laboratorio de Instrumentos Eléctricos como ayudante Técnico de Protecciones Eléctricas en la misma Empresa.

Desde 1983 hasta 1987 Ayudante Profesional en la Cátedra Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica, Facultad de Ingeniería de Mar del Plata.

A Partir de 1983 Jefe de Protecciones y Mediciones Eléctricas en la Empresa DEBA-Regional Mar del Plata.Desde 1987 Jefe de Protecciones Eléctricas en la Empresa ESEBA-Mar del Plata.

A partir de 1997 hasta el presente Jefe de Protecciones Eléctricas en la Empresa EDEA Empresa Distribuidora de Energía Atlántica.