



Alternativas de apoyo al dimensionamiento de sistemas de protección eléctricos de Baja y Media Tensión – Mediante herramientas digitales

Ronald A. Cáceres Gómez Jacson Regis Arnhold Iván Benítez Alonso

Itaipu Binacional

Paraguay

1.1 Resumen

Ante la creciente necesidad de repotenciaciones y retrofit de sistemas ya existentes, y con los escasos datos con que normalmente se cuenta; en lo referente a información de equipos y sistemas. Existe una creciente necesidad de soluciones de apoyo, del tipo digital, para la elaboración de los proyectos básicos o de pre-dimensionamiento para la toma de decisión.

Contar con soluciones o herramientas que garanticen la toma de decisión correcta en el tiempo adecuado es fundamental para el avance del sistema eléctrico de cualquier país.

Las empresas contratistas que participan en las diferentes licitaciones estatales o privadas, deben contar con alternativas útiles que en cierta medida padronicen los costos referentes a Estudios de Cortocircuito, Coordinación y Selectividad de las Protecciones.

Actualmente se cuenta con diferentes alternativas de pago y libres que pueden en mayor o menor medida dar una ayuda a los proyectistas para elaborar Memorias de Cálculo completos.

Tenemos por ejemplo soluciones libres como DOC de la ABB o EcoDial de la Schneider, que tienen la opción de emitir relatorios de cortocircuito, pre-dimensionar cuadros/paneles de equipos; cada uno considerando opciones de selección de equipos de la familia de la empresa. No permitiendo la posibilidad de mezcla de equipos en un mismo tablero. Estos permiten emitir una pequeña lista de materiales general. Los valores calculados se limitan exclusivamente a magnitudes, no permitiendo determinar el ángulo. Con lo cual imposibilita la selección de TC's adecuados.

También existen herramientas más poderosas de cálculo de pago como por ejemplo PTW que permite el cálculo de Cortocircuito en forma fasorial con la emisión de relatorios completos en formato texto ANSI, sin la posibilidad de presentación de la información del tipo "Windows".

La limitación de barras a ser analizadas, con este tipo de soluciones, depende de la licencia que fue adquirida.

Siguiendo con la línea de herramientas poderosas tenemos los software EasyPower y ETAP, que permiten montar los sistemas eléctricos en análisis en forma visual, con límites de acuerdo a la licencia adquirida.

Con este trabajo se pretende dar información a los diferentes actores estatales o privados para la selección correcta de las herramientas informáticas para dimensionamiento de sistemas.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

Enfocando en los diferentes tipos de licencias, costos aproximados, limitaciones, tipo de relatorios, etc.

1.2 Palabras clave

Protección y Dimensionamiento de Sistemas
Media y Baja Tensión
Extensions, upgrades & Retrofit - Services

1.3 Desarrollo

1. ASPECTOS GENERALES

Para comparar las diversas alternativas de apoyo digital para el dimensionamiento de la protección de sistemas eléctricos, definiremos primero cuales serían los parámetros de comparación. No impidiendo que el proyectista precise de otras informaciones que naturalmente deberá incluir.

1.1 Normas y Recomendaciones Aplicable

- *IEC 60909-0:2016 - Short-circuit currents in three-phase a.c. Systems - part 0: calculation of currents.*
- *IEC 60909-1:2002 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 1: Factors for the calculation of short-circuit currents according to IEC 60909-0.*
- *IEC 60909-2:2008 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 2: Data of electrical equipment for short-circuit current calculations.*
- *IEC 60909-3:2009 Short-circuit currents in three-phase AC systems - Part 3: Currents during two separate simultaneous line-to-earth short circuits and partial short-circuit currents flowing through earth.*
- *IEC 60909-4:2000 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 4: Examples for the calculation of short-circuit currents*
- *IEEE Std 484™-2002", IEEE Recommended Practice for Installation Design and Installation of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications.*
- *IEEE Std 946™-2004", IEEE Recommended Practice for the Design of DC Auxiliary Power Systems for Generating Stations.*
- *IEEE Std 1115-2014 (Revision of IEEE Std 1115-2000) - IEEE Recommended Practice for Sizing Nickel-Cadmium Batteries for Stationary Applications*
- *IEEE Std 485-2010 - IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications*

1.2 Definiciones Básicas

- **Corriente de cortocircuito simétrica:** Valor r.m.s. de la componente simétrica de corriente alterna (ca.) de una corriente de cortocircuito. La componente continua o no periódica de la corriente, no es considerada.
- **Corriente de cortocircuito simétrica inicial:** Valor r.m.s. de la componente simétrica de ca. de una corriente de cortocircuito, aplicable en el instante de iniciado el corto circuito, considerando que la impedancia mantiene el valor del instante $t=0$.
- **Componente continua (no-periódica) de la corriente de cortocircuito (iDC):** Valor medio de la envolvente de la corriente de cortocircuito decayendo desde un valor inicial hasta cero.

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

- **Corriente de cortocircuito máxima (peak):** Valor instantáneo máximo posible de la corriente de cortocircuito.
- **Corriente de cortocircuito simétrica de interrupción:** Valor r.m.s. de la componente simétrica de la corriente de cortocircuito, integrada en 1 ciclo, para el instante de separación de los contactos del primer polo del dispositivo de interrupción.
- **Corriente de cortocircuito de régimen permanente:** Valor r.m.s de la corriente de cortocircuito que permanece después del decaimiento de los fenómenos transitorios
- **Corriente de cortocircuito de equivalente térmico (Ith):** Valor r.m.s de una corriente que tiene el mismo efecto térmico e igual duración que la corriente de cortocircuito.
- **Tensión nominal del sistema (Vn):** Tensión (línea a línea) de diseño del sistema.
- **Cortocircuitos lejanos al generador:** Cortocircuito durante el cual la magnitud de la componente simétrica de corriente alterna (ca.) de la corriente de cortocircuito permanece esencialmente constante.
- **Cortocircuitos cercanos al generador:** Cortocircuito en el que al menos una máquina sincrónica contribuye con una corriente de cortocircuito simétrica inicial que es mayor que dos veces la corriente de nominal de la máquina, o un cortocircuito para el cual la contribución de los motores asíncronos es mayor que el 5% de la corriente de cortocircuito simétrica inicial sin los motores.
- **Reactancia subtransitoria de una máquina síncrona:** Corresponde a la reactancia que efectivamente se establece al momento del cortocircuito.

1.3 Descripción de los Estudios [1]

1.3.1 Estudios de Impacto Sistémico:

Sirve para identificar eventuales problemas de sobrecarga y regulación de tensión en todas las instalaciones existentes que puedan verse afectadas por la interconexión o modificación relevante de las instalaciones correspondientes.

1.3.2 Estudios de Estabilidad Transitoria:

El objetivo de estos estudios es analizar el impacto de la interconexión o modificación relevante de las instalaciones correspondientes en la estabilidad del Sistema, identificando al menos los niveles de tensión, las transferencias de potencia, los factores de amortiguamiento de oscilaciones electromecánicas, la frecuencia en barras y los ángulos rotóricos de los generadores síncronos del Sistema.

El relatório de Estabilidad Transitoria deberá contener como mínimo:

- Análisis Estabilidad transitoria.
- Análisis del impacto de la energización de transformadores.
- Análisis del funcionamiento del modelo dinámico de la instalación.
- Análisis del funcionamiento de la lógica de control frente a huecos de tensión.

1.3.3 Estudios de Cortocircuito, Coordinación y Selectividad de las Protecciones:

El objetivo de estos estudios es verificar que la capacidad de los interruptores, el correcto ajuste y adecuada coordinación de los sistemas de protección, es la adecuada en las Nuevas Instalaciones o aquellas que se modifican de manera relevante, y en aquellas existentes que pudiesen verse afectadas por la interconexión o modificación relevante de instalaciones. Este análisis deberá realizarse teniendo en cuenta las características propias de la instalación que solicita su interconexión o modificación relevante, entre los cuales podrán considerarse:

- i. Cálculo de niveles de cortocircuitos y verificación de capacidad de ruptura de interruptores.
- ii. Análisis de saturación de TC.
- iii. Verificación de la capacidad de malla de tierra.
- iv. Diagrama unilineal funcional de control y protecciones de las instalaciones que se interconectan o modifican de manera relevante, en los cuales se indiquen los sistemas de protección a implementar.
- v. Capítulo descriptivo con los sistemas de protección existentes y proyectados, identificando al menos; marca y modelos de los relés de protección, características de TC y TP asociados (razón de transformación, número de devanados, entre otros), funciones de protecciones habilitadas en cada relé, y los criterios y memorias de cálculo considerados para la determinación de los ajustes. Los ajustes de instalaciones existentes deberán ser incluidos en el “Estudio de Coordinación de ajustes protecciones” de manera que sea autocontenido.
- vi. Análisis de coordinación y selectividad, donde se estudie el desempeño de las protecciones frente fallas. Se deberán considerar fallas trifásicas, bifásicas a tierra y entre fases, monofásicas a tierra, con y sin impedancia de falla.
- vii. Análisis de los tiempos de operación y las magnitudes medidas de todas las funciones de las protecciones involucradas, para cada una de las fallas y casos estudiados, tanto para las protecciones principales como para sus respectivos respaldos. Esta información deberá ser presentada de manera ordenada a través de cuadros resumen, con los debidos respaldos como información anexa.
- viii. Tabla resumen en la cual se indique claramente, para cada protección involucrada, los ajustes finales para umbrales de detección y operación, en magnitudes primarias y secundarias, y los tiempos de operación en segundos. Los ajustes finales deberán ser presentados indicando los valores resultantes de los cálculos teóricos y adicionalmente deberán

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

indicarse dichos ajustes utilizando la nomenclatura del fabricante conforme a cómo se realicen en el equipo respectivo.

1.4 Comparación de alternativas de pago

Existe una amplia variedad de software que tienen condiciones de cumplir de un modo u otro cada uno de los requisitos indicados anteriormente. Algunos de ellos ya vienen incluidos en el software base y otros precisan módulos de pago.

No pretendemos abordar todas las alternativas disponibles, algunas de ellas se encuentran detalladas en la Tabla de abajo:

Tabla N°1
Listado de Software de Pago [2]

Software	Utilización	Idioma	Alternativas disponibles	Tipo de Licencia	Contacto
Anafas	Corto Circuito	PT	Single-user: Bloqueado, programas pueden ser instalados en cualquier número de PC's pero solo podrá correr uno a la vez. Multi-user: Programas pueden ser instalados y correr en cualquier PC de la empresa.	Perpetua	anafas@cepel.br www.anafas.cepel.br Tel.: +55 21 2598-6100
Anarede	Flujo de Potencia	PT	Single-user: Multi-user:	Perpetua	anarede@cepel.br www.anarede.cepel.br
Anatem	Transitorios Electromecánicos	PT	Single-user: Multi-user:	Perpetua	anatem@cepel.br www.anatem.cepel.br
PTW Combo Pack I	Cortocircuito, Flujo de Potencia, Evaluación de Falla de Arco, Dimensionamiento de Trafos	EN	Mínimo: 50 barras Máximo: 12.000 barras Single-user: Multi-user:	Anual Modular	www.skm.com/Product.html



XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

CYME	Cortocircuito, Flujo de Potencia,	EN	Single-user: Multi-user:	Anual	cymeInfo@eaton.com www.eaton.com/cyme
ETAP	Cortocircuito, Flujo de Potencia, Evaluación de Falla de Arco, Dimensionamiento de Trafos	EN	Single-user: Multi-user:	Anual Modular	webmaster@etap.com https://etap.com
EasyPower	Cortocircuito, Flujo de Potencia, Evaluación de Falla de Arco, Dimensionamiento de Trafos	EN	Mínimo: 50 barras Máximo: Ilimitado Single-user: Multi-user:	Perpetua Modular	www.easypower.com

Prácticamente todos estudios citados en el ítem 1.3 pueden elaborarse con los software de la tabla 1. En función a las capacidades de modelado de cada software y poder de cálculo, pueden simularse escenarios y realizar el dimensionamiento de conductores, equipos, dispositivos de maniobra y protección, de distintos fabricantes y determinar si los mismos verifican su correcta utilidad.

Los software de pago presentan las mismas prestaciones entre sí, poseen en la actualidad facilidad de modelado. La tendencia actual del mercado es la modularidad, el proyectista deberá investigar las diferentes alternativas disponibles en cada empresa.

Los precios de los módulos están alrededor de 3000\$ en promedio, para un mínimo de 50 barras. Dependiendo de la complejidad.

Con relación a los Software gratuitos podemos citar DOC de la ABB, Ecodial de Schneider Electric.

Todas estas alternativas permiten emitir relatorios de cortocircuito, pre-dimensionar cuadros/paneles de equipos.

No permitiendo la posibilidad de mezcla de equipos en un mismo tablero. Estos permiten emitir una pequeña lista de materiales general. Los valores calculados se limitan exclusivamente a magnitudes, no permitiendo determinar el ángulo. Con lo cual imposibilita la selección de TC's adecuados. Existe limitación de barras. Permiten el ajuste de Interruptores y Relés de las líneas disponibles habilitadas de cada empresa.

Los informes de errores que ayudan a resolver problemas de modelado son limitados.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018

También están disponibles Melshort de Mitsubishi y el software de análisis de transitorios ATP entre otros.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Comisión Nacional de Energía de Chile – Requisitos para Elaboración de Estudios de Cortocircuitos.
- [2] Catálogos y Correos de cada empresa de Software.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XIII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
06 y 07 de Setiembre de 2018
