

VALIDACION DE INFORMES DE PRUEBAS ELÈCTRICAS EMITIDOS POR LABORATORIOS DE PRUEBA RECONOCIDOS

(Pruebas de aparatas de baja y media tensiones, la norma ISO / IEC 17025 y simulaciones)

Autoría:
Sergio Feitoza Costa

Compañía:
COGNITOR – Consultoria, I&D, Capacitación Ltd.

Email: sergiofeitoza@cognitor.com.br

Sitio : http://www.cognitor.com.br/es_home.htm

Palabras clave: Validación, laboratorios de pruebas, simulaciones, Normas IEC, aparatas, canalizaciones eléctricas, alta potencia, alta tensión, arcos internos, sobrepresiones, calentamiento, fuerzas electrodinámicas, corrientes soportables de corta duración y cresta, fusibles, transformadores de potencia, ISO / IEC 17025

1) INTRODUCCIÓN, EFECTOS DE LAS NORMAS IEC Y ALGUNAS PRUEBAS

Este artículo es la continuación de los que están en las referencias [1, 4, 5, 6, 7] que figuran en el Anexo A. Desde 2007 he estado difundiendo la idea de que las simulaciones y cálculos pueden sustituir a muchas de las pruebas reales realizadas en los laboratorios de pruebas . Con frecuencia, cuando lo intento, por primera vez, de convencer a alguien de que una prueba de laboratorio puede ser sustituida por simulaciones las primeras preguntas son sobre cómo puedo asegurar que estas simulaciones son correctas y cómo fueran validadas. Estas son preguntas normales y pueden ser respondidas con informaciones transparentes.

El objetivo de este artículo es hacer más o menos las mismas preguntas para la validación de los informes emitidos por laboratorios de pruebas. Algunas de las preguntas y dudas que tengo son::

- ¿Se puede considerar que un informe de la prueba es validado cuando no se puede identificar las características del equipo que fue probado por fotos, dibujos e información clave?
- ¿Es razonable aceptar un informe de prueba sin saber lo que estaba dentro de la caja metálica cerrada sólo porque fue emitido por un laboratorio reconocido?
- ¿El que decir de los informes de ensayo que no tienen una conclusión por escrito (se pasó o si no pasó en la prueba) y son aceptos por los usuarios en la comercialización? ¿Quién tiene la responsabilidad de saber si los resultados por escrito no significa "aprobado" o "no aprobado"?

A lo largo del texto, cuando me refiero a las normas técnicas pienso en las normas de la CEI, que son las normas más representativas utilizadas en el mercado mundial. Cuando utilizo los términos “simulaciones y cálculos” me estoy refiriendo a los métodos que no dependen de herramientas de software sofisticadas o costosas. Las normas en las referencias [8-13] contienen buenos ejemplos de métodos sencillos y probados.

Usaré como ejemplo tres de las pruebas más costosas hechas en laboratorios de pruebas de alta potencia:

- Las pruebas de calentamiento.
- Las pruebas de corrientes soportables de corta duración y cresta
- Las pruebas de arco interno.

PRUEBAS DE CALENTAMIENTO se aplican a equipos de baja a muy alta tensión [5]. El equipo es instalado en un sitio libre de corrientes de aire y se aplica la corriente nominal durante un tiempo suficiente para tener la estabilización de las temperaturas de los puntos medidos. La elevación de temperatura medida no debe ir más allá de ciertos límites especificados en la norma correspondiente.

Los resultados son influidos por la corriente que circula, el tipo de materiales, las resistencias de contacto, la temperatura del fluido, la geometría de los conductores, el volumen interno neto del compartimiento y la existencia o no de las aberturas de ventilación [10]. Las resistencias de contacto y las áreas de ventilación son factores clave para los resultados. La prueba solo es reproducible si se ha registrado esta resistencia. Las normas CEI solicitan a medir sólo la resistencia total por fase y no también la resistencia de la celda por fase como se ve desde los terminales.

PRUEBAS DE CORRIENTES SOPORTABLES DE CORTA DURACIÓN Y CRESTA son hechas para verificar el efecto de las fuerzas y las altas temperaturas que se aplican a los aisladores y conductores durante un cortocircuito. Se puede calcular las fuerzas mecánicas que actúan en los aisladores (compresión, tracción y flexión) y las tensiones mecánicas en los conductores utilizando las expresiones mostradas en [5] y métodos en las referencias [11 a 13].

Las fuerzas deben ser mantenidas por debajo de los límites especificados por el fabricante del aislador de lo contrario el aislador puede ser destruido. Las tensiones mecánicas en los conductores deben quedarse por debajo de ciertos límites (por ejemplo 200 N/mm² para el cobre) de otra manera las barras van a sufrir una flexión permanente y visible. Los resultados son afectados por la corriente de corto circuito, los materiales, y la geometría del sistema de los conductores y aisladores.

PRUEBAS DE ARCO INTERNO son también aplicables a equipos de alta, media y baja tensiones [5]. La idea es crear un arco interno de cierta duración. Las consecuencias de las sobrepresiones provocadas son observadas. Algunos de los requisitos para ser aprobado en las pruebas son que las puertas no se abrirán permitiendo los gases calientes salir y los gases expulsados a través de los partes de alivio de presión no deben quemar los indicadores de algodón colocadas cerca de las partes accesibles que

simulan la piel de una persona en las cercanías. No son permitidos agujeros causados por el arco en las paredes exteriores.

Para celdas aisladas en aire la principal causa de fallas durante las pruebas es la quema de los indicadores de algodón horizontales después de reflexiones de los gases calientes en el techo. Los principales factores que influyen en los resultados son el tensión, corriente, el volumen interno neto y el área y el tiempo de accionamiento de los dispositivos de alivio de presión. Las aberturas de ventilación, buenas en las pruebas de calentamiento, son un ejemplo de un camino potencial para la salida de los gases calientes, quemar los indicadores de algodón y de fracasar en la prueba.

2) USO DE LAS SIMULACIONES PARA REMPLAZAR ALGUNAS PRUEBAS Y VALIDACIÓN

Me convertí en un defensor de la idea de sustituir algunas las pruebas de laboratorio por las simulaciones, después de trabajar 25 años haciendo pruebas y trabajando como gerente de muchos laboratorios de pruebas de alta potencia y de alta tensión. Después de esto, tengo ahora 10 años de experiencia en el desarrollo y el uso de métodos de análisis y herramientas de simulación de las mismas pruebas.

Las opiniones que aquí presentamos pretenden ser neutras y no tratar de exagerar el potencial de las simulaciones. Entre los extremos de poner a prueba todos los equipos como se practicaba en los años 80 y simular la mayor parte de las pruebas, como imagino que se llevará a cabo alrededor de 2025 hay buenas posibilidades en el medio del camino ya en este año 2012.

Aquí os dejo un mensaje a mis colegas ingenieros de pruebas. Cuando yo trabajaba en los laboratorios de pruebas yo no tenía ni idea de cómo calcular la temperatura de las barras y las partes durante una prueba de calentamiento o el impacto del área del dispositivo de alivio de presión en las pruebas de arco interno. Yo no sabía el impacto en los resultados de las pruebas de unos 100 o 200 cm² de áreas de ventilación o de la resistencia de los contactos de un interruptor.

Si yo pudiera saber yo habría escrito, en los informes de las pruebas que firmé, mucha más información, mismo si la norma lo pedir. Si usted sabe que un determinado parámetro es relevante debe registrarlo en el informe de la prueba [15]. Algunas pruebas no son reproducibles debido a que no se solicitan en las normas algunos registros y mediciones fáciles y casi sin costo.

En algunas ocasiones, en mi trabajo de consultoría para los fabricantes, yo pedí a los laboratorios para medir las curvas de presión durante la prueba de arco interno y el laboratorio dijo que no podía hacerlo, porque es difícil y la norma no solicita. No hay nada difícil en esta medida y muchos laboratorios lo hacen. Lo mismo ocurre en algunos casos con la medición de la resistencia de contacto de interruptores y llaves en las pruebas de calentamiento.

El ingeniero de pruebas del futuro próximo tendrá que ser hábil también en el uso de herramientas de simulación. Pocos ingenieros de prueba, incluso en los laboratorios más reconocidos en el mundo tienen esta percepción. Es hora de aprender a mirar más lejos en el tiempo y no sólo para el tiempo de espera de la lista para reservar una prueba para un cliente. El tiempo de espera para hacer una prueba es cada vez más largo en la mayoría de los laboratorios de pruebas que conozco. Los precios

están subiendo por una simple cuestión de mercado (poca disponibilidad ~ de precio más alto).

Los impactos positivos de la sustitución de algunas pruebas de laboratorio por las simulaciones son los siguientes:

- Un coste mucho menor en el desarrollo del producto
- La información más completa que la obtenida en las pruebas
- Una menor dependencia de la disponibilidad y alto costo de las pruebas en los laboratorios
- La reproducibilidad y la transparencia acerca de lo que se puso a prueba
- Reducir el impacto ambiental al evitar la liberación de los residuos líquidos y gaseosos durante las pruebas

Las barreras para el crecimiento de la utilización de simulaciones son:

- La falta de una norma IEC con las directrices para el uso de simulaciones y cálculos incluyendo los procesos de validación [leer Ref. 6 con una propuesta completa]
- La falta de conocimiento por muchos expertos que las simulaciones y cálculos son, desde hace mucho tiempo, utilizadas con éxito y se especifican en las normas IEC como la IEC 60076-5 (transformadores de potencia), IEC61439 (aparamenta de baja tensión) , IEC TR 60890 (calentamiento), IEC61117 y IEC 60865 (fuerzas electrodinámicas).
- El hecho de que el sector eléctrico ha estado viviendo durante décadas oyendo que "todo debe ser probado" Muchos expertos nunca tuvieron contacto con las herramientas de simulación.
- El hecho de que grandes compañías internacionales pueden considerar que el uso de las simulaciones es una amenaza, ya que hace fabricantes medianos y pequeños más competitivos
- La falta de percepción que los usuarios cada vez más están aceptando las simulaciones y que este proceso no es reversible (mejor empezar ahora que a perder competitividad después).

Las simulaciones pueden ser utilizadas en diferentes niveles como:

- A.** Para remplazar directamente a las pruebas de laboratorio (no hacer la prueba).
- B.** Para extrapolar los resultados de un ensayo de laboratorio ya realizado en un determinado equipo a otro de un diseño más o menos similar
- C.** Para estimar en parte el rendimiento de un equipo cuando ciertos aspectos pueden ser simulados y otros no.
- D.** Como una herramienta para los laboratorios de pruebas para comprender el impacto de los parámetros que deben ser registrados en el informe de la prueba y hacer la prueba reproducible

Nivel A (reemplazo total)

En este nivel, que incluyen las pruebas de calentamiento. Aquí estoy hablando de la sustitución completa de la prueba por la simulación. Para calcular el aumento de la temperatura en los mismos puntos solicitados en las pruebas de que no es necesario el uso de complejas herramientas de calculo del tipo CFD La validación de la simulación es fácil porque se necesita sólo comparar la elevación de temperatura en la prueba y en la simulación teniendo en cuenta los datos mencionados en Sección 1 y en la Ref. [6].

Nivel B (extrapolación)

Aquí se incluyen Las pruebas de corrientes soportables de corta duración y cresta, la prueba de calentamiento y el aspecto de la prueba de arco interno relacionado con el cálculo de las sobrepresiones. Si usted tiene los resultados de una prueba se ha hecho previamente es simples ajustar el modelo de simulación para dar los mismos resultados de la prueba.

Un ejemplo de la posibilidad de extrapolación de los resultados es el siguiente. Se realizó una prueba de calentamiento a 2500 A en una celda de dimensiones conocidas formados por barras de cobre 2x (100x10) mm por fase Las áreas de ventilación son conocidas y la resistencia eléctrica por fase vista desde los terminales, de un interruptor de circuito fijo es 18 $\mu\Omega$. Queremos saber los resultados si la misma prueba se hizo con el 2000A, la misma área de ventilación pero con un interruptor con una mayor resistencia eléctrica de 30 $\mu\Omega$ En la prueba realizada en el laboratorio, el aumento de la temperatura de las conexiones del interruptor fue 74K y el límite en la norma es de 75K.

En todos los casos la validación de la simulación se realiza mediante la comparación directa con los resultados de la prueba teniendo en cuenta los datos mencionados en la referencia. [6]. En el caso de la prueba de arco interno se debe solicitar el laboratorio para medir la sobrepresión porque las normas no solicitan. ¿Cuánta información útil que se ha perdido en décadas haciendo las pruebas por este motivo? Lo mismo se aplica a la medición de las resistencias eléctricas por fase vistas desde los terminales de los interruptores y llaves durante las pruebas de calentamiento. La norma solicita solo medir la resistencia total por fase y no también la resistencia del interruptor.

Para la prueba de corrientes soportables de corta duración y cresta la validación ideal sería una comparación de las fuerzas y tensiones pero esto es muy complicado y costoso de hacer. Sin embargo, los métodos indicados en la norma IEC 61117 y IEC 60865 son utilizados en los últimos 100 años en el diseño de subestaciones mismo en corrientes extremadamente elevadas como en los laboratorios de pruebas. Así, para validar la simulación es suficiente comparar con los resultados de los varios casos calculados que están en estas normas.

Nivel C (para estimar ciertos aspectos pero no todos)

Este es el caso de las pruebas de arco interno, donde la sobrepresión puede ser simulada con precisión, pero la evaluación de las reflexiones de los gases calientes y partículas no puede probarse porque no hay mediciones de laboratorio disponibles (Figura 1)

Nivel D (como una herramienta para los laboratorios)

Esta es una buena aplicación para los usuarios de los laboratorios. Se puede hacer extrapolaciones y análisis de sensibilidad en el momento de la prueba e se puede inclúyelas en el informe de la prueba añadiendo una cantidad excepcional de información y el valor para la utilización futura del usuario. Los laboratorios pueden ofrecer este servicio como una fuente de ingresos.

3) VALIDACION DE INFORMES DE PRUEBAS EMITIDOS POR LABORATORIOS

En la referencia [5] se describe la importancia de algunas mediciones que son útiles, pero no solicitadas en las normas, como la curva de sobrepresión para la prueba de arco interno y la resistencia eléctrica del interruptor en las pruebas de calentamiento. Como no son solicitadas por las normas, los laboratorios no las hacen a pesar de que son fáciles de hacer. En [6] están listados los

datos que deben ser registrados en el informe para asegurar que la prueba es reproducible.

Traté de entender mejor la razón de estas deficiencias. Las normas utilizadas por los laboratorios de pruebas relacionadas con la identificación de los equipos en prueba y las prácticas de prueba se encuentran en el ISO / IEC 17025 - Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración. El artículo 5.10, es de nuestro especial interés.

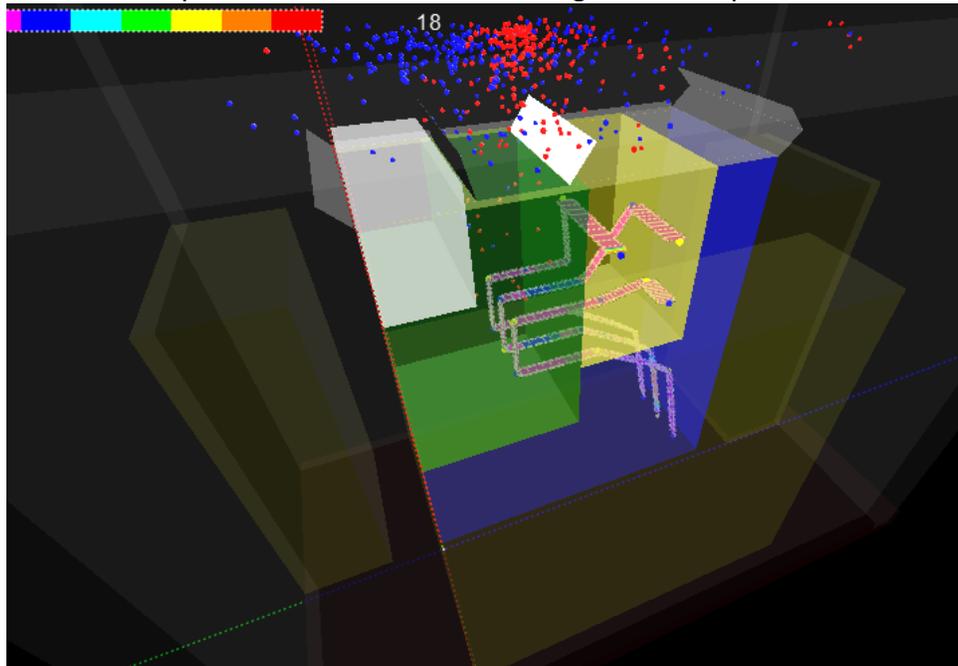
Al leer el texto vemos que todos los **principios de la buena identificación y lo que debe ser escrito en el informe de la prueba** están allí a través de frases como:

- descripción de la condición y una identificación inequívoca del equipo probado.
- incluir una declaración de cumplimiento / incumplimiento de las especificaciones
- Incluir las opiniones e interpretaciones de los resultados de las pruebas

No he podido encontrar en la norma ISO / IEC 17025, ninguna indicación para incluir en los informes de pruebas, una frase que es común encontrar en la primera página y que informa de que "Los resultados se aplican sólo a los dispositivos específicos probados y se registran..."

Así que, como la norma de producto no requiere expresamente el registro de ciertas informaciones importantes, el laboratorio no las registra y escribe "los resultados sólo se aplican a los dispositivos específicos probados" el camino está abierto para que los productos comercializados sean diferentes de los productos evaluados en las pruebas. No estoy diciendo que alguien utilice deficiencias de la norma para preparar un interruptor con resistencia mas baja para la prueba de calentamiento o le cierre las aberturas de ventilación en la prueba de arco interno en lugar de utilizar un automático para cerrarlas. Sin embargo, las normas no tienen en cuenta que no vivimos en el mundo perfecto.

Figura 1 - Simulación de la quema de los indicadores de algodón en la prueba de arco interno.



Aunque esto no está relacionado con el tema de nuestro artículo, voy a aprovechar la oportunidad para mencionar algo que ya he publicado [7] en el foro denominado

[IEC The Electrotechnical Standards Group](http://www.linkedin.com/groups?gid=2725372&goback=%2Eanp_2725372_1336516744711_1)

http://www.linkedin.com/groups?gid=2725372&goback=%2Eanp_2725372_1336516744711_1

Las normas de la CEI se utilizan en todo el mundo. Son publicadas en los idiomas que se hablan en los países desarrollados y son la base para las normas nacionales de muchos otros países. El proceso de traducción de la norma IEC original a los otros idiomas en los comités nacionales de normalización tiene una duración así como 3 años. Esto crea un retraso de conocimiento que puede ser visto como una barrera comercial. Si las normas IEC pudieran ser publicadas también en idiomas como el portugués, chino y árabe (Referencia 7] podrían ser utilizadas como la norma nacional en otros países en el mismo momento de la publicación de la norma IEC original En lugar de muchos años después.

Otro punto en el mismo enfoque es que los expertos que elaboran las normas son personas de alto nivel técnico, pero no necesariamente sensibles a las consecuencias no técnicas de la norma lejos de sus países. Aunque la norma IEC está abierta a la participación y el voto de todos los países miembros, en la vida real, la gran mayoría de los expertos que actúan los grupos de trabajo son grandes fabricantes y los grandes usuarios de los países desarrollados solamente. La participación de los fabricantes de pequeñas y medianas compañías, incluso de los países desarrollados, es muy pequeña.

En un análisis simplificado, el hecho es que pocos países preparan las normas que serán utilizadas por muchos países de diferentes realidades y los últimos tendrán un texto disponible en su propio idioma muchos años después. He visto gente negar la importancia de este aspecto diciendo que es fácil de hacer traducciones. Es un ejemplo de la falta de visión que ocurre fuera de los países desarrollados.

Por lo tanto les presento una sugerencia al **IEC Management Board**:. Que es de crear una regla de gestión mas o menos como "todas las normas de productos deben contener una pequeña declaración a respecto de "La influencia la publicación en el mercado de los países no desarrollados y en desarrollo". Este tipo de enfoque fue utilizado hace muchos años, para las declaraciones sobre CEM de compatibilidad electromagnética y fue una fuente de muchas mejoras en las normas IEC.

El autor de este trabajo es el Ing. Sergio Feitoza Costa. Sergio es un ingeniero eléctrico brasileño y su CV y otros detalles se encuentran en http://www.cognitor.com.br/es_home.htm . Tiene una experiencia de 30 años en pruebas y gestión de grandes laboratorios de alta potencia, alta tensión y materiales, servicios de I + D y otros.

Su experiencia incluye la preparación de normas técnicas internacionales (ex presidente del Comité Técnico 32 de la IEC - Fusibles). En la actualidad es miembro de la CIGRE WG A3.24 Internacional - Simulación y cálculos de equipos de subestación y también miembro del grupo de trabajo de IEC SC 17 C / WG31: Directrices para la ampliación de la validez de las pruebas en aparatos

Coordina el FORUM Switchgear (MV & LV): A proposal for an IEC Guide for testing simulation

http://www.linkedin.com/groups/Switchgear-Proposal-IEC-Guide-on-4219744?goback=%2Eanp_4219744_1336519195833_1

Para comentarios y contactos por favor escriba a sergiofeitoza@cognitor.com.br

ANEXO A - Referencias

[1] SIMULATION, IEC STANDARDS AND TESTING LABORATORIES: JOINING PIECES FOR HIGHER QUALITY SUBSTATIONS EQUIPMENT

Author: Sergio Feitoza Costa

Paper PS1-06 - CIGRÈ International Technical Colloquium - Rio de Janeiro - September 2007

Free download http://www.cognitor.com.br/Artigo_Cigre_SergioFeitozaCosta_Cognitor.pdf

[2] SIMULATIONS AND CALCULATIONS AS VERIFICATION TOOLS FOR DESIGN AND PERFORMANCE OF HIGH-VOLTAGE EQUIPMENT

Co-authors: M. Kriegel, X. Zhu, M. Glinkowski, A. Grund, H.K. Kim, P. Robin-Jouan, L. Van der Sluis, R.P.P. Smeets, T. Uchii, H. Digard, D. Yoshida, **S. Feitoza Costa**

CIGRE A3 Session publication A3-210 (2008) - Paris 2008

[3] SIGNIFICANT PARAMETERS IN INTERNAL ARC SIMULATION AND TESTING

Co-authors: M. Kriegel, R. Smeets, N. Uzelac, R. Pater, M. Glinkowski, P. Vinson, **S. Feitoza Costa**, G. Pietsch, E. Dullni, Th. Reiher, L. van der Sluis, D. Yoshida, H.K. Kim, K. Y. Kweon, E. Fjeld,

CIGRE A3 Session - Paris 2009

[4] CELDAS, CUADROS, CANALIZACIONES Y OTROS EQUIPOS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION: FALTA ALGO EN LAS NORMAS IEC Y EN LAS ESPECIFICACIONES DE USUARIOS

Author: Sergio Feitoza Costa

Published in Spanish in the Revista RBE Energia – Edition Jan/Feb 2010 - page62 –

http://www.cognitor.com.br/RBE_Energia.zip

free download http://www.cognitor.com.br/Switchgear_Busbar_Standards_Review_Spanish.pdf

[5] VALIDATION OF SIMULATIONS OF ELECTRODYNAMICAL FORCES, TEMPERATURE-RISE AND INTERNAL ARC TESTS IN SWITCHGEAR (and main parts of a code to do them)

Author: Sergio Feitoza Costa

CIGRE Technical Seminar "Modeling and Testing of Transmission and Distribution Switchgear" March 24, 2010 Brisbane – Australia

free download http://www.cognitor.com.br/Validation_Simulations_English.pdf

[6] A "GUIDE" FOR THE USE OF CALCULATIONS AND SIMULATION OF LABORATORY TESTS FOR INCREASING THE COMPETITIVENESS OF THE ELECTRIC INDUSTRY

Author: Sergio Feitoza Costa

Published on January, 2012 at SETOR ELETRICO (Electrical Sector) - pages 110- 113

free download http://www.cognitor.com.br/Article_Competitivity_Eng_04102011.pdf

Note: This paper include a complete proposal for a new IEC Guide entitled " GUIDELINES FOR THE USE OF SIMULATIONS & CALCULATIONS TO REPLACE SOME TESTS SPECIFIED IN IEC STANDARDS"

http://www.cognitor.com.br/GUIDE_Simulations_v0_October2010.pdf

[7] POSTS AND PROPOSALS IN THE LINKEDIN GROUP COORDINATED BY SERGIO FEITOZA COSTA NAMED SWITCHGEAR: PROPOSAL FOR AN IEC GUIDE ON TESTING SIMULATION

http://www.cognitor.com.br/Posts_upto_23_03_2012.html .

Incluye entre otros los siguientes temas (haga clic para seguir el enlace)

7.1 - [About the objectives of the group.](#)

7.2 - [Complete draft of the proposed IEC Guide](#)

7.3 - [A suggestion to the IEC PRESIDENT and Management Board](#) (suggestion to IEC to enable NWIPs not originated in National Committees like the above)

7.4 - [Temperature rise tests concepts and calculations](#) (slides from a Cognitor switchgear course)

7.5 - [Suggestion for a new IEC " FUNDAMENTALS OF HIGH POWER TESTS, internal arc, temperature rise and short time current and crest"](#) (suggestion to IEC)

7.6 - [Suggestion: IEC standards in Portuguese, Chinese, Arabic, ...](#) (suggestion to IEC)

7.7 - [Free download of software Decidix developed by Sergio for the analysis of feasibility of projects](#)

7.8 - [IEC61439, IEC 62271-200 \(measurement of internal air temperature and overpressures\)](#)

7.9 - [Optimized cost solutions for switchgear design \(paper\)](#)

7.10 - [IEC 61439 Design Rules: why not to extend this from short circuit also to internal arc and temperature rise tests ?](#)

7.11 - [Where will arrive the hot particles and gasses emitted din the burnthrough of a switchgear ?:](#) (info about simulations)

7.12 - [Who may issue a reliable simulations report" ?:](#) (info about simulations)

[8] IEC 61439-1 (2009) - Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1: General rules

[9] IEC 61439-2 (2009) - Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies

[10] IEC TR 60890 Ed. 1.0 b:1987, A method of temperature-rise assessment by extrapolation for partially type-tested assemblies (PTTA) of low-voltage switchgear and controlgear

[11] IEC 61117 – A method for assessing the short circuit withstand strength of partially type tested assemblies (PTTA)

[12] IEC 60865-1 Short-circuit currents - Calculation of effects - Part 1: Definitions and calculation methods.

[13] IEC 61865-2 – Short-circuit currents – Calculation of effects

[14] IEC TR 61641(2008) – Enclosed Low Voltage Switchgear Assemblies – Guide for testing under Conditions of Arcing due to Internal Fault.

[15] ISO/IEC 17025 - General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

INFORMACIÓN ADICIONAL

Bajar algunas diapositivas de un CURSO Cognitor SOBRE APARAMENTAS

http://www.cognitor.com.br/Part_of_Cognitor_Course.pdf

Bajar el software DECIDIX “free” para el análisis de viabilidad de proyectos de energía

http://www.cognitor.com.br/c_Feasibly_Analysis.htm