

VALIDAÇÃO DE RELATÓRIOS DE ENSAIOS EMITIDOS POR LABORATÓRIOS RECONHECIDOS

(Com foco em painéis e outros equipamentos para subestações, na ISO / IEC 17025 e no uso de simulações para substituir alguns ensaios feitos em laboratórios)

Autor

Sergio Feitoza Costa

Email: sergiofeitoza@cognitor.com.br

Empresa

COGNITOR – Consultoria, P&D e Treinamento Ltda

Site : www.cognitor.com.br

Palavras-chave: Validação, laboratórios de ensaio, Simulações, Normas IEC, Painéis, quadros e barramentos, alta potência, alta tensão, arcos internos, sobrepressões, aumento da temperatura, tensões , forças eletrodinamicas, correntes de curta duração, Fusíveis, Transformadores de Potência, ISO / IEC 17025 .

1) INTRODUÇÃO, IMPACTO DAS NORMAS IEC E ENSAIOS

Este artigo é a continuação daqueles nas referências [1, 4, 5, 6, 7 no Anexo A] . Desde 2007 venho disseminando a idéia de que simulações e cálculos podem substituir muitos dos ensaios reais realizados em laboratórios de ensaios. Frequentemente, na primeira vez que tento convencer a alguém de que um teste de laboratório pode ser substituído por simulações, às perguntas iniciais são sobre como eu posso garantir que as simulações são corretas e como foram validadas. Estas são perguntas normais e posso responder respostas comprováveis.

O objetivo deste trabalho é colocar as mesmas perguntas, porem para a validação de relatórios de ensaio emitidos por laboratórios de ensaio reconhecidos, do Brasil e do Exterior. Algumas perguntas e dúvidas que tenho são:

- Pode-se considerar como validado um relatório de ensaio em que não se pode identificar as características do equipamento que foi testado por fotos, desenhos e informações?
- É razoável que um usuario aceite um relatório de ensaio sem saber o que estava dentro da caixa metálica fechada só porque foi emitido por um laboratório reconhecido?
- O que dizer de relatórios de ensaio que não têm uma conclusão escrita (passou / não passou no ensaio) e são aceitos para comercialização? Quem tem a responsabilidade de saber se os resultados descritos significam "passou" ou significam "não passou"?

Ao longo do texto, quando me refiro às normas técnicas o que tenho em mente são as normas IEC que são as mais representativas utilizadas no mercado mundial. Quando uso os termos “simulações e cálculos” refiro-me a métodos que não dependem de ferramentas de software de uso difícil ou caras. As normas indicadas nas Ref.[8 a13] contém bons exemplos de métodos relativamente simples e comprovados.

Para facilitar o entendimento, utilizarei como exemplos três dos ensaios mais caros realizados em laboratórios de alta potência:

- Elevação de temperatura
- Correntes suportáveis de curta duração e de crista
- Ensaio de arco interno

TESTES DE ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA são aplicáveis a equipamentos de baixas a altas tensões [5]. O equipamento é instalado em uma sala livre de correntes de ar e a corrente nominal é aplicada durante um tempo suficiente para a estabilização das temperaturas dos pontos medidos. A elevação de temperatura medida não deve ir além de certos limites especificados na norma.

Os resultados são influenciados pela corrente aplicada, tipo de materiais, as resistências de contacto, a temperatura do fluido, a geometria dos condutores, o volume interno líquido do compartimento e a existência ou não de aberturas de ventilação [10]. As resistências de contato e a área de ventilação são fatores essenciais para os resultados. Se esta resistência não está registrada no relatório de ensaio o ensaio não tem reprodutibilidade. As normas pedem para medir apenas a resistência total por fase e não também a resistência do disjuntor ou chave por fase vista a partir dos terminais.

ENSAIOS DE CORRENTES SUPORTAVEIS DE CURTA DURAÇÃO E DE CRISTA são feitos para verificar os efeitos das forças e as altas temperaturas atuantes em isoladores e condutores durante um curto circuito. As forças mecânicas nos isoladores (tração, compressão e flexão) e as tensões mecânicas nos condutores são calculáveis por expressões mostradas em [5] e métodos nas referências [11-13].

As forças devem permanecer abaixo dos limites especificados pelo fabricante do isolador para não danificá-lo. As tensões mecânicas nos condutores devem ser mantidas abaixo de certos limites (por exemplo, 200 N/mm² para o cobre), caso contrário o barramento sofrerá uma deformação permanente e visível. Os resultados são afetados pela corrente de curto-circuito, os materiais utilizados e a geometria do sistema de condutores e isoladores.

ENSAIOS DE ARCO INTERNO também são aplicáveis a equipamentos de baixas a altas tensões [5]. A idéia é criar um arco durante certo período de tempo. Os efeitos das sobrepensões provocadas são observados. Os requisitos para aprovação nos testes incluem que as portas não devem abrir permitindo a saída de gases quentes e os gases expelidos através dos dispositivos de alívio de pressão não podem queimar indicadores de algodão colocados perto das partes acessíveis e que simulam a pele de uma pessoa. Buracos causados pelo arco nas paredes externas não são permitidas.

Em conjuntos de manobra isolados a ar a principal causa de falhas durante os testes é a queima dos indicadores de algodão horizontais após reflexões dos gases quentes no teto. Os principais fatores que influenciam os resultados são a tensão, a corrente, o volume líquido interno do compartimento, o tempo de resposta e área dos dispositivos de alívio de pressão. As aberturas de ventilação, que causam impacto positivo nos resultados dos ensaios de elevação de temperatura, são um caminho de saída de gases quentes que podem queimar os indicadores de algodão e a falha no ensaio.

2) O USO DE SIMULAÇÕES PARA SUBSTITUIR ALGUNS ENSAIOS E A VALIDAÇÃO DAS SIMULAÇÕES.

Eu me tornei defensor da idéia de substituir ensaios por meio de simulações, depois de trabalhar 25 anos fazendo testes e gerenciando laboratorios de ensaios de alta potencia, alta tensão e outros e , após isto, em 10 anos desenvolvendo e utilizando métodos para simular aqueles mesmos ensaios.

Com base nesta dupla experiência, as opiniões que apresento aqui pretendem ser neutras e não tentam exagerar o potencial de simulações. Entre os extremos de testar tudo como era praticado nos anos 80 e o de simular a maioria dos testes como eu imagino que vai ser feito em torno de 2025, existem boas possibilidades agora mesmo. Já há várias empresas usando este potencial e ganhando vantagem no mercado.

Aqui deixo uma mensagem aos colegas engenheiros e técnicos de ensaios de laboratorios. Quando eu trabalhava em laboratórios eu não tinha conhecimento de como, por exemplo, calcular as temperaturas das barras e conexões em um ensaio de elevação da temperatura ou o impacto da area e velocidade do dispositivo de alívio de pressão na curva da sobrepressão. Não sabia estimar a diferença entre ter uma area de ventilação de 100 ou 200 cm² ou o efeito de diferentes resistências eletricas um disjuntor ou chave nos resultados do teste.

Se naquela época eu soubesse avaliar isto, como sei hoje, teria escrito nos relatórios de ensaios que assinava, muito mais daquelas informações que as normas deveriam solicitar, mas não solicitam. Se você sabe que um parâmetro é relevante você deve registrar isso no relatório de ensaio [15]. Alguns ensaios não tem reprodutibilidade porque alguns registros fáceis e baratos não são feitos.

Em algumas ocasiões em meu trabalho de consultoria para fabricantes, solicitei em laboratorios que fossem medidas as curvas de sobrepressão no arco interno e o laboratorio dizia que não o fazia por que é difícil e a norma não pede. Não há nada de difícil nesta medição e muitos laboratorios no Exterior fazem gratuitamente estas medições agregando valor ao relatório. O mesmo ocorre na medição da resistencia de contatos de disjuntores e chaves em ensaios de elevação de temperatura.

O engenheiro de ensaios do futuro próximo precisara ser qualificado na utilização de ferramentas de simulações e ganhará mais por isto. Poucos deles, inclusive nos laboratórios mais reconhecidos no mundo têm essa percepção. É hora de aprenderem a olhar mais à frente no tempo e não apenas para o tempo de espera da lista para marcar ensaios. O tempo de espera para fazer um ensaio é cada vez mais longo na maioria dos laboratórios do mundo. Os preços estão aumentando por uma questão de mercado (disponibilidade pequena leva a preço mais elevado). Não deveria ser assim em países em que estes laboratorios foram construídos com recursos publicos e para beneficiar a sociedade.

Os impactos positivos da substituição de testes de laboratório por simulações são:

- Custo muito mais baixo de desenvolvimento do produto
- Informação mais completa do que a obtida nos ensaios.
- Menor dependência da disponibilidade e custo elevado de testes em laboratórios
- Reprodutibilidade e transparência sobre o que foi testado
- Reduz impactos ambientais ao evitar liberação de resíduos líquidos e gasosos nos ensaios.
- Reduz a conta de eletricidade pois gastos desnecessarios são pagos pelo usuario final.

As barreiras para o crescimento da utilização de simulações são:

- A falta de uma norma IEC com diretrizes para o uso de simulações e cálculos, incluindo os processos de validação (ver proposta completa na Ref [6]).
- A falta de informação de usuarios e fabricantes de que as simulações e cálculos são, há muito tempo, utilizados com sucesso nas normas IEC. Exemplos são a IEC 60076-5 (Transformadores de potência), IEC61439 (painéis de baixa tensão), IEC TR 60890 (elevação de temperatura em painéis), IEC61117 e IEC 60865 (esforços eletrodinamicos em painéis).
- O fato de que o setor elétrico viveu por décadas ouvindo que "tudo deve ser testado" e que ainda hoje muitos profissionais nunca tiveram contato com ferramentas de simulação;
- O fato de que grandes fabricantes internacionais, que sempre dominaram o mercado e tem forte influencia nas associações de normalização, podem considerar que o uso de simulações seja uma ameaça porque torna os fabricantes de médio e pequeno portes mais competitivos.
- O desconhecimento de que cada vez mais usuários e compradores aceitam simulações na substituição de ensaios e que o processo é irreversível (melhor aderir a ele do ficar para tras perdendo competitividade e mercado)

As simulações podem ser utilizadas no dia a dia em diferentes níveis como:

- A. Para substituir completamente certos ensaios em laboratório.
- B. Para extrapolar os resultados de um ensaio de laboratório já feito em um determinado equipamento para outro de concepção mais ou menos parecida.
- C. Para estimar parcialmente o desempenho de um equipamento quando certos aspectos podem ser simulados e outros não.
- D. Como ferramenta de uso em laboratórios de ensaio para avaliar o impacto de parâmetros que devem ser registrados no relatório de ensaio para que o teste tenha reproducibilidade (apontar as deficiencias nas normas para melhora-las ao inves de se omitir)

Nível A (substituição total)

Neste nível incluo os ensaios de elevação de temperatura. Para calcular o aumento de temperatura nos mesmos pontos solicitados nos testes que não é necessário utilizar ferramentas computacionais complexas como as de CFD A validação da simulação é fácil sendo preciso apenas comparar a elevação de temperatura no teste e na simulação, considerando os dados na Seção 1 e na Ref. [6].

Nível B (extrapolação de resultados de ensaios)

Aqui se incluem os ensaios de correntes de curta duração, o de elevação de temperatura e o aspecto do ensaio de arco interno relacionado com o cálculo dos sobrepressões. Se dispomos dos resultados de um teste anterior é simples ajustar o modelo de simulação para dar os mesmos resultados.

Um exemplo de possibilidade de extrapolação dos resultados é o seguinte. Um ensaio de elevação de temperatura foi feito em 2500 A em um painel de dimensões conhecidas formado por barras de cobre 2x (100x10)mm por fase. As áreas de ventilação são conhecidas e a resistência elétrica por fase, vista a partir dos terminais, do disjuntor foi de 18 $\mu\Omega$. Queremos saber os resultados se o mesmo teste fosse feito com 2000A, mesma área de ventilação, mas com outro disjuntor de maior

resistência elétrica como $30 \mu\Omega$ No ensaio feito em laboratório a elevação de temperatura das conexões ao disjuntor foi 74K e o limite da norma é 75K (passou no ensaio).

A validação da simulação é feita da mesma forma já mencionada. No caso das sobrepressões do ensaio de arco interno é preciso pedir ao laboratório para medi-los, porque as normas não pedem. Quanta informação útil tem sido perdida ao longo de décadas por isso? O mesmo aplica-se à medição das resistências elétricas por fase vista dos terminais dos disjuntores e chaves no ensaio de elevação de temperatura. Deve-se medir a resistência total por fase e em separado a do disjuntor.

Para o ensaio de correntes de curta duração a validação ideal seria uma comparação de forças e tensões, mas isso é muito complicado e caro de fazer. No entanto, os métodos das normas IEC 61117 e IEC 60865 são usados nos últimos 100 anos para projetar barramentos de subestações e instalações de altas correntes em laboratórios. Assim, para validar a simulação é suficiente compará-la com os resultados dos vários casos calculados mostrados nestas normas.

Nível C (para estimar o desempenho de certos aspectos, mas não todos)

Este é o caso dos ensaios de arco interno onde as sobrepressões podem ser simuladas com precisão, mas a avaliação das reflexões de gases quentes e partículas é difícil e caro de validar (Figura 1).

Nível D (como ferramenta de uso em laboratórios de ensaios)

Esta é uma excelente aplicação para os usuários dos laboratórios. Extrapolações e análises de sensibilidade podem ser feitas no momento do ensaio e incluídas no relatório de ensaio adicionando uma quantidade excepcional de informações úteis. Laboratórios podem oferecer este serviço como uma fonte de receitas.

3) VALIDAÇÃO DE RELATORIOS DE ENSAIOS EMITIDOS POR LABORATORIOS DE ENSAIOS

Na Ref. [5] é descrito porque são importantes certas medições e registros que não são solicitados nas normas tais como a curva de sobrepressão no arco interno e a resistência do disjuntor na elevação de temperatura. Como não são solicitados pela norma poucos laboratórios de ensaio as fazem embora sejam simples de realizar Em [6] estão listados todos os dados que devem ser registrados no relatório de ensaio para que haja a reprodutibilidade do ensaio.

Tentei entender melhor a razão destas deficiências simples de resolver. As regras que os laboratórios devem utilizar para identificar o equipamento testado estão na ISO 17025 / IEC - Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração. A cláusula 5,10 é de especial interesse.

Os princípios da boa identificação e do que deve constar no relatório de ensaio estão todos lá mas frequentemente não são seguidos:

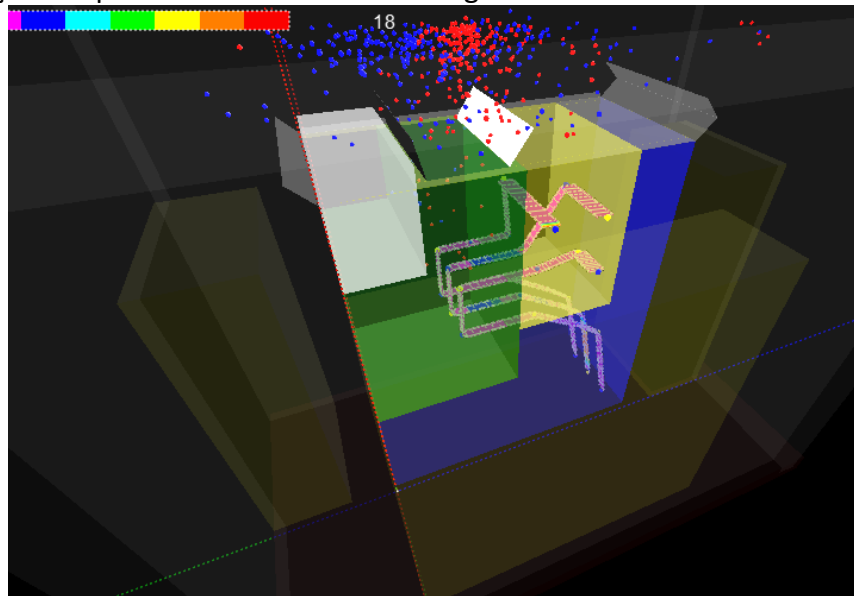
- Incluir uma descrição e identificação inequívoca do produto que foi testado..
- Incluir uma declaração de conformidade ou não conformidade dos resultados em relação aos requisitos e / ou especificações
- Incluir opiniões e interpretações dos resultados do teste

Eu não encontrei na ISO / IEC 17025 nenhuma indicação para incluir a frase tão comum de encontrar

na primeira página dos relatórios de ensaios emitidos por laboratórios e que dizem "Os resultados se aplicam apenas aos dispositivos específicos testados..."

Se a norma do produto não exige o registro de informações importantes, o laboratório não as registra e ainda por cima inclui a frase "só se aplica aos dispositivos específicos" o caminho está aberto para ter produtos comercializados diferentes dos produtos testados. Não creio que alguém usaria as deficiências das normas para usar no ensaio de elevação de temperatura um disjuntor com menor resistência elétrica que a normal ou iria fechar as aberturas de ventilação durante o teste de arco interno ao invés de usar um dispositivo automático para fechá-las. Porém se fizesse ninguém conseguiria saber lendo relatórios com poucas informações.

Figura 1 – Simulação da queima dos indicadores de algodão no ensaio de arco interno.



Embora este tema não esteja relacionado com o tema do nosso artigo, vou aproveitar a oportunidade para mencionar algo que eu já postei [7], como sugestão no fórum IEC chamado [IEC The Electrotechnical Standards Group](http://www.linkedin.com/groups?gid=2725372&goback=%2Eanp_2725372_1336516744711_1)

As Normas IEC são utilizadas em todo o Mundo e publicadas em Inglês, Francês e Espanhol. Servem de base para as normas nacionais da maioria dos países que falam outras línguas. O processo de tradução da norma IEC original para outras línguas, quando isto é feito, dura algo da ordem de 3 anos. Isto cria um atraso de conhecimento e informação que de certa forma funciona como uma barreira comercial. Se as normas IEC também fossem emitidas originalmente em línguas como o Português, Chinês e Árabe ([Ref. 7]) poderiam ser usadas diretamente como norma nacional em outros países no mesmo momento da publicação da norma IEC e não anos depois.

Outro ponto é que, até onde pude perceber em minha atuação em grupos de trabalho da IEC, os especialistas que elaboram as normas são pessoas de alto nível técnico nos temas das normas. Entretanto poucos têm percepção das consequências da norma longe de seus países. A IEC é aberta a todos os países membros quanto à participação nos grupos de trabalho e todos têm oportunidade de votar as normas antes de publicadas. Independente disto, o fato é que, no dia a dia, a quase

totsalidade dos membros dos grupos de trabalho são grandes fabricantes e grandes usuários oriundos dos países desenvolvidos. A participação de fabricantes de pequeno e médio porte até mesmo dos países desenvolvidos é pequena (gostaria de ver uma estatística sobre estes pontos)

Usando um raciocínio simplista, alguns poucos países desenvolvidos produzem as normas que serão usadas por muitos países de realidades bem diferentes daquela dos desenvolvidos. Além disto, estes só terão a norma em sua própria língua três ou mais anos depois.

Fica como sugestão para o IEC Management Board criar uma regra estabelecendo que todas as normas de produtos contenham uma declaração ou cláusula informando o "Impacto esperado desta publicação no mercado dos países não desenvolvidos e em desenvolvimento". Um exemplo de declaração obrigatória em normas de produtos que trouxe muitas melhorias nas normas IEC é utilizada há muitos anos para os aspectos de Compatibilidade Eletromagnética.

O autor deste artigo é o Eng. Sergio Feitoza Costa. Sergio é engenheiro eletricista, M.Sc em Sistemas de Energia e diretor do COGNITOR (CV em http://www.cognitor.com.br/cv_port.htm).

Tem 30 anos de experiência em ensaios de alta potência, alta tensão e outros. Por muitos anos foi o coordenador dos laboratórios do CEPEL tendo atuado em todas as fases de implantação destes laboratórios. Atualmente desenvolve projetos de laboratórios de ensaios e ferramentas de software para a simulação de ensaios em equipamentos para subestações.

Presidiu o Technical Committee 32 da IEC – Fuses e é membro do grupo de trabalho da IEC SC 17 C / WG31: "Guidelines For Extending The Validity Of Tests In Metal-Enclosed Switchgear".

É membro do Grupo de Trabalho do CIGRÉ Internacional WG A3. 24 sobre simulações e cálculos em equipamentos para subestações.

Coordena o fórum Internet 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

Fornece consultoria a fabricantes nacionais e internacionais no desenvolvimento de equipamentos para subestações e treinamento

Para contatos e sugestões favor escrever para sergiofeitoza@cognitor.com.br

ANEXO A – REFERENCIAS

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

Autor: Sergio Feitoza Costa

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

Baixar em 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-autores: 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-autores: 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] PAINÉIS , QUADROS E BARRAMENTOS: FALTA ALGO NAS NORMAS IEC E NAS ESPECIFICAÇÕES DE USUÁRIOS

Autor: Sergio Feitoza Costa

Publicado na edição de junho 2010 da Revista O SETOR ELÉTRICO - pág. 146

http://www.cognitor.com.br/Switchgear_Busbar_Standards_Review_Portugues.pdf (Português)

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

Publicado em espanhol na Revista RBE Energia – Jan / Feb 2010 - page62

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

baixar 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)

Autor: Sergio Feitoza Costa

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

Baixar em http://www.cognitor.com.br/Validation_Simulations_English.pdf (em inglês)

[6] UM "GUIA" DE USO DE CALCULOS E SIMULAÇÕES DE ENSAIOS PARA AUMENTO DA COMPETITIVIDADE DA INDÚSTRIA ELÉTRICA

Autor: Sergio Feitoza Costa

Publicado Janeiro, 2012 na SETOR ELETRICO - pag. 110- 113

Baixar em http://www.cognitor.com.br/Artigo_Competitividade_Port_04102011.pdf (português)

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

Baixar em http://www.cognitor.com.br/Article_Competitivity_Eng_04102011.pdf (em Inglês)

Este artigo inclui uma proposta completa para um novo GUIA IEC intitulado "GUIDELINES FOR THE USE OF SIMULATIONS & CALCULATIONS TO REPLACE SOME TESTS SPECIFIED IN IEC STANDARDS"

<http://www.cognitor.com.br/guiaSimulacoes.pdf> (Português)

http://www.cognitor.com.br/GUIDE_Simulations_v0_October2010.pdf (Inglês)

[7] POSTS E PROPOSTAS NO FORUM COORDENADO POR SERGIO FEITOZA COSTA SWITCHGEAR: PROPOSAL FOR AN IEC GUIDE ON TESTING SIMULATION

Click in http://www.cognitor.com.br/Posts_upto_23_03_2012.html . Clique no link)

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 "FUNDAMENTS 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 also to internal arc and temperature rise tests ?](#)

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

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

INFORMAÇÃO ADICIONAL

BAIXAR ALGUNS SLIDES DE CURSO SOBRE PAINÉIS

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

BAIXAR SOFTWARE LIVRE DECIDIX DESENVOLVIDO POR SERGIO FEITOZA PARA ANALISE DE VIABILIDADE DE PROJETOS DE ENERGIA

http://www.cognitor.com.br/c_ViabilidadeEnergiaEletrica.htm (Em Português)

http://www.cognitor.com.br/c_Feasibility_Analysis.htm (Em Inglês)