

Grupo de Estudo de Geração Hidráulica (GGH)

RELATÓRIO ESPECIAL PRÉVIO

MARCIO REZENDE SINISCALCHI - TEP PROJETOS
JOSE ROBERTO PINTO DA SILVA - Copel GET
SERGIO ANTONIO PACHECO - RLX ENG

1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Muitos informes relacionados à análise estudo de descargas parciais, modelos matemáticos e simulações de comportamento térmico e dinâmico de máquinas. Informes relativos à processos de manutenção de núcleo e turbinas. Monitoramento de máquinas e inteligência artificial.

As linhas de investigação adotadas foram análises de ensaios de campo e de laboratório, modelagem matemática de fenômenos físicos, aplicação de softwares de modelagem de fluxo, transmissão de calor e fenômenos eletromagnéticos. Todos os informes tem aplicação prática e podem ser utilizados como fonte de referência.

Como sugestões podemos citar os sistemas que utilizam transporte de informações por fibras óticas tem muito campo para pesquisa assim como sinais acústicos para monitoramento de máquinas rotativas.

2.0 CLASSIFICAÇÃO DOS INFORMES TÉCNICOS

-Trabalho de caráter universal; -Trabalho inédito ou pioneiro e de caráter inovador; -Trabalho não inédito, mas com enfoque novo no tratamento de determinado assunto e significativa contribuição para o mesmo; -Trabalho que enfatiza experiências práticas, utilizados com sucesso, e não somente modelos teóricos de aplicação duvidosa;

-Verificamos e pontuamos também a construção lógica do trabalho, sua redação e a clareza do seu texto. Cada relator fez a media das 5 pontuações, obtendo a nota final, e o relator coordenador fez em seguida a media das 3 notas finais.

Não houve autor relator do GGH.

O relator coordenador avaliou todas as perguntas e as inseriu no site www.xxivsnptee.com.br.

Aproveitamentos hidrelétricos de pequena, média ou elevada potência:

- 5 - Considerações sobre o ensaio de ciclo térmico segundo a norma IEEE 1310-2012
- 100 - Aplicação de simulações de transferência conjugada de calor (CHT) no desenvolvimento de sistemas de ventilação e refrigeração de hidro geradores
- 228 - DESAFIOS NO CÁLCULO E NO PROJETO DE HIDRO GERADORES DE GRANDE POTÊNCIA NO SÉCULO XXI
- 378 - Desenvolvimento de ferramenta em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) capaz de identificar locais topograficamente favoráveis à implementação de Usinas Hidrelétricas Reversíveis
- 494 - USO DA TURBINA DE FLUXO REVERSÍVEL, DO TIPO WELLS, PARA CONVERSÃO DE ENERGIA MAREMOTRIZ
- 1275 - Barreiras Históricas e Novas Perspectivas para o Desenvolvimento e Implantação de Usinas Reversíveis no Sistema Interligado Nacional

Modernização e repotenciação de usinas hidrelétricas e equipamentos de geração:

- 139 - Soluções diferenciadas para reparo de núcleo e enrolamento de grandes máquinas síncronas, após uma falta com significativo dano
- 155 - AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ISOLAÇÃO EM ALTA TENSÃO - SIGNIFICADO ELETRODINÂMICO DOS TESTES TÍPICAMENTE ESPECIFICADOS
- 445 - Os desafios na modernização da UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto

Experiência e monitoramento de desempenho de estruturas hidráulicas:

- 138 - MONITORAMENTO DE GRUPOS GERADORES DO TIPO KAPLAN UTILIZANDO TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- 311 - Análise de escoamento fluido e Comportamento Estrutural em Painéis de Grades de Adução através de Análises Numéricas
- 434 - Emprego de Nova Técnica na Detecção de Falta Incipiente em Gerador Síncrono através do Campo Magnético Externado
- 654 - BENEFÍCIOS DA OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA E AUTOMÁTICA DA CURVA DE CONJUGAÇÃO DE TURBINAS KAPLAN E BULBO SOBRE AS CONDIÇÕES DE VIBRAÇÃO E CAVITAÇÃO
- 793 - Aplicação do Sistema de Monitoração de Descargas Parciais em Geradores Bulbo
- 819 - Avaliação Dielétrica de Barras Estatóricas Baseada na Norma IEC 60034-27-2
- 893 - Segurança de barragens: integração da coleta de dados de auscultação ao modelo numérico estrutural da Usina de Foz do Chapecó
- 1355 - Sistema Inteligente de Detecção, Identificação e Redução de Cavitação por Injeção de Ar em Turbinas Francis - Estudo de Caso UHE Ilha Solteira

Aspectos de manutenção e gestão de equipamentos e estruturas hidráulicas:

- 18 - ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHA EM MOTOR BRUSHLESS DC
- 123 - Evolução Tecnológica da Recuperação por Soldagem e Aspersão Térmica de Rotores de Turbinas de Usinas Hidrelétricas.
- 168 - HISTÓRICO DE FALHAS ESTRUTURAIS E SOLUÇÕES DESENVOLVIDAS NAS GRADES DA TOMADA DÁGUA DA USINA HIDRELÉTRICA GOV. JOSÉ RICHÁ
- 261 - Metodologia para troca das Buchas Inferiores da Palheta Diretriz

- 560 - Aportes da Indústria 4.0 para a Manutenção Baseada na Condição de Geradores Elétricos: a experiência de Itaipu Binacional
- 573 - Desafio de operação de unidades geradoras com restrição hídrica em uma grande usina.
- 594 - Excitação de Frequências Portadoras no Conduto Forçado de uma Usina Hidrelétrica
- 1058 - ANÁLISE MULTIFÍSICA EM REGIME PERMANENTE DA BARRA DE ESTATOR APLICANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS
- 1090 - IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO INTELIGENTE DE ATIVOS NA UHE SANTO ANTÔNIO - DESAFIOS E OPORTUNIDADES
- 1188 - Modelagem de descargas parciais em cavidades no isolamento de barras de geradores usando a teoria de campo
- 1264 - Modelo de Avaliação de Vida Útil de Geradores
- 1291 - Desenvolvimento e Construção de Sistema Robotizado para Reparos de Falhas de Cavitação em Turbinas Hidráulicas
- 1325 - DEFEITO NOS MANCAIS DO ANEL DE REGULAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA GOV. JOSÉ RICHÁ E CORREÇÃO ATRAVÉS DA ALTERAÇÃO DO PROJETO ORIGINAL
- 1346 - Diagnóstico de defeitos em unidades geradoras utilizando modelos matemáticos robustos

Aspectos Regulatórios associados à geração hidráulica:

- 499 - As alterações da Lei Federal nº 9.074/95 e seus impactos regulatórios na exploração de pequenos potenciais de energia hidráulica - Entendimentos sobre a Declaração de Utilidade Pública (DUP)

Aspectos associados ao ensino, inovação e novas tecnologias de equipamentos e estruturas hidráulicas.

- 140 - PEEK-Nova tecnologia aplicada em revestimento para mancal de escora, resultados da aplicação em um gerador

2.1 425 - Aproveitamentos hidrelétricos de pequena, média ou elevada potência:

- 100 - Aplicação de simulações de transferência conjugada de calor (CHT) no desenvolvimento de sistemas de ventilação e refrigeração de hidro geradores
- 378 - Desenvolvimento de ferramenta em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) capaz de identificar locais topograficamente favoráveis à implementação de Usinas Hidrelétricas Reversíveis
- 494 - USO DA TURBINA DE FLUXO REVERSÍVEL, DO TIPO WELLS, PARA CONVERSÃO DE ENERGIA MAREMOTRIZ
- 1275 - Barreiras Históricas e Novas Perspectivas para o Desenvolvimento e Implantação de Usinas Reversíveis no Sistema Interligado Nacional
- 5 - Considerações sobre o ensaio de ciclo térmico segundo a norma IEEE 1310-2012
- 228 - DESAFIOS NO CÁLCULO E NO PROJETO DE HIDRO GERADORES DE GRANDE POTÊNCIA NO SÉCULO XXI

2.2 426 - Modernização e repotenciação de usinas hidrelétricas e equipamentos de geração:

- 445 - Os desafios na modernização da UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto
- 139 - Soluções diferenciadas para reparo de núcleo e enrolamento de grandes máquinas síncronas, após uma falta com significativo dano
- 155 - AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ISOLAÇÃO EM ALTA TENSÃO - SIGNIFICADO ELETRODINÂMICO DOS TESTES TIPICAMENTE ESPECIFICADOS

2.3 427 - Experiência e monitoramento de desempenho de estruturas hidráulicas:

- 138 - MONITORAMENTO DE GRUPOS GERADORES DO TIPO KAPLAN UTILIZANDO TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- 434 - Emprego de Nova Técnica na Detecção de Falta Incipiente em Gerador Síncrono através do Campo Magnético Externado
- 819 - Avaliação Dielétrica de Barras Estatóricas Baseada na Norma IEC 60034-27-2
- 311 - Análise de Escoamento Fluido e Comportamento Estrutural em Painéis de Grades de Adução através de Análises Numéricas
- 654 - BENEFÍCIOS DA OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA E AUTOMÁTICA DA CURVA DE CONJUGAÇÃO DE TURBINAS KAPLAN E BULBO SOBRE AS CONDIÇÕES DE VIBRAÇÃO E CAVITAÇÃO
- 793 - Aplicação do Sistema de Monitoração de Descargas Parciais em Geradores Bulbo
- 893 - Segurança de barragens: integração da coleta de dados de auscultação ao modelo numérico estrutural da Usina de Foz do Chapeco
- 1355 - Sistema Inteligente de Detecção, Identificação e Redução de Cavitação por Injeção de Ar em Turbinas Francis - Estudo de Caso UHE Ilha Solteira

2.4 428 - Aspectos de manutenção e gestão de equipamentos e estruturas hidráulicas:

- 18 - ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHA EM MOTOR BRUSHLESS DC
- 123 - Evolução Tecnológica da Recuperação por Soldagem e Aspersão Térmica de Rotores de Turbinas de Usinas Hidrelétricas.
- 168 - HISTÓRICO DE FALHAS ESTRUTURAIS E SOLUÇÕES DESENVOLVIDAS NAS GRADES DA TOMADA D'ÁGUA DA USINA HIDRELÉTRICA GOV. JOSÉ RICHÁ
- 261 - Metodologia para troca das Buchas Inferiores da Palheta Diretriz
- 560 - Aportes da Indústria 4.0 para a Manutenção Baseada na Condição de Geradores Elétricos: a experiência de Itaipu Binacional
- 573 - Desafio de operação de unidades geradoras com restrição hídrica em uma grande usina.
- 594 - Excitação de Frequências Portadoras no Conduto Forçado de uma Usina Hidrelétrica
- 1058 - ANÁLISE MULTIFÍSICA EM REGIME PERMANENTE DA BARRA DE ESTATOR APLICANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS
- 1090 - IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO INTELIGENTE DE ATIVOS NA UHE SANTO ANTÔNIO - DESAFIOS E OPORTUNIDADES
- 1188 - Modelagem de descargas parciais em cavidades no isolamento de barras de geradores usando a teoria de campo
- 1291 - Desenvolvimento e Construção de Sistema Robotizado para Reparos de Falhas de Cavitação em Turbinas Hidráulicas
- 1325 - DEFEITO NOS MANCAIS DO ANEL DE REGULAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA GOV. JOSÉ RICHÁ E CORREÇÃO ATRAVÉS DA ALTERAÇÃO DO PROJETO ORIGINAL
- 1264 - Modelo de Avaliação de Vida Útil de Geradores

- 1346 - Diagnóstico de defeitos em unidades geradoras utilizando modelos matemáticos robustos

2.5 429 - Contratação do tipo EPC (Engineering, Procurement and Construction Contracts) para bens e serviços:

2.6 430 - Aspectos Regulatórios associados à geração hidráulica:

- 499 - As alterações da Lei Federal nº 9.074/95 e seus impactos regulatórios na exploração de pequenos potenciais de energia hidráulica - Entendimentos sobre a Declaração de Utilidade Pública (DUP)

2.7 431 - Aspectos associados ao ensino, inovação e novas tecnologias de equipamentos e estruturas hidráulicas.

- 520 - Sistema de Monitoramento baseado na análise sonora em usinas hidrelétricas - Voith OnCare.Acoustic
- 140 - PEEK-Nova tecnologia aplicada em revestimento para mancal de escora, resultados da aplicação em um gerador

3.0 RELATÓRIO SOBRE OS INFORMES TÉCNICOS

3.1 - Aplicação de simulações de transferência conjugada de calor (CHT) no desenvolvimento de sistemas de ventilação e refrigeração de hidro geradores

THOMAS HILDINGER(1); Axel Water-Krausw(2); Markus Adamm(2); - USP(1);VOITH HYDRO(2);

O presente estudo investigou o desempenho de resfriamento do enrolamento de excitação do rotor de um motor-gerador síncrono de polos salientes de 330 MVA e 500 rpm com resfriamento radial a ar. Devido ao seu reduzido número de polos, máquinas de alta rotação como estas tendem a criar efeitos indesejados de fluxo nas proximidades da superfície do enrolamento dos polos do rotor, o que pode resultar em resfriamento deficiente, além de temperaturas inaceitavelmente elevadas para o rotor. Diante desse cenário, a presente pesquisa realizou simulações 3D detalhadas da transferência de calor conjugada (CHT) em regime permanente e em regime transiente com vistas a otimizar a eficiência de resfriamento do enrolamento de excitação do polo do rotor e a garantir uma operação segura ao longo de toda a vida útil da máquina. Em uma primeira etapa do estudo, foram realizadas simulações 3D da CHT em regime permanente para uma geometria de referência e uma geometria otimizada (com guias de ar nos espaços entre os polos – as denominadas guias de ar interpolares – instaladas com o objetivo de melhorar a transferência de calor local na superfície do enrolamento). A comparação dos resultados da simulação comprovou duas coisas: a clara tendência de superaquecimento na simulação com a geometria de referência e a eficácia do modelo otimizado em evitar os efeitos indesejados em questão. Além disso, uma simulação com resolução de escalas de CHT em regime transiente foi realizada para o modelo otimizado com o objetivo de prever a elevação de temperatura absoluta no enrolamento da máquina. Esses valores foram então comparados a medições realizadas em campo durante o comissionamento do motor-gerador pesquisado, mostrando boa concordância com os resultados do modelo de simulação apresentado. Em síntese, esta pesquisa demonstra conclusivamente que o método de simulação apresentado é válido para a investigação do problema de projeto desse sistema de resfriamento. A pesquisa também demonstra que a otimização geométrica apresentada (com guias de ar interpolares) é uma estratégia eficaz para otimizar a distribuição de temperaturas no enrolamento do rotor para motores-geradores de alta rotação e polos salientes com resfriamento radial a ar. Assim, a simulação apresentada pode mostrar-se muito importante para a garantia de uma vida operacional segura para tais máquinas.

Perguntas e respostas:

A) Quais equações foram utilizadas para a simulação? Qual o modelo matemático?

As equações de Navier Stokes discretizadas são resolvidas com uma abordagem de volume finito. Assim, um conjunto de equações de conservação (massa, energia, momento) é resolvido para cada elemento (volume): Variáveis conservadas : Massa (?=1) Momento (?=?) Energia (i.e. Entalpia ?=?) Turbulência (i.e. ?=? e ?=?)

B) Quanto tempo de computação é necessário para a realização de uma simulação deste fenômeno de transferência de calor?

Os tempos (aproximados) de processamento são: 5 dias para discretizar (?malhar?) 1 dia para ?configurar a física? (condições de contorno, modelos de turbulência etc.) no Ansys CFX 2 dias de computação para uma simulação em regime estacionário em um cluster HPC de 240 núcleos 20 dias de computação para uma simulação em regime transitório em um cluster HPC de 240 núcleos 5 dias para pós-processamento

C) Este modelo pode ser aplicado para o desenvolvimento de rotores de turbogeradores de grande porte?

Sim, existe um reservatório de Gá natural. O mesmo só é utilizado quando a interrupção é por um longo período de tempo. Existe um sistema automático para a transferência para o Gás Natural quando o Gás do Alto Forno é reduzido para um determinado nível.

3.2 - Desenvolvimento de ferramenta em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) capaz de identificar locais topograficamente favoráveis à implementação de Usinas Hidrelétricas Reversíveis

FELIPE MOREIRA GONÇALVES(1); - EPE(1);

A GeoUHR é uma ferramenta que foi desenvolvida para identificar, com pouca intervenção humana, locais topograficamente favoráveis a implementação de Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHR) de circuito semiaberto a partir de dados geográficos e rotina de funções do software ArcGIS. Os primeiros testes que foram realizados nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo encontraram um total de 23 e 101 aproveitamentos, respectivamente, e concluíram, após análise individual de uma seleção de resultados e comparação com estudos existentes, que a ferramenta é capaz de encontrar locais que possuem desnível, declividade e hidrografia necessários para a construção de uma UHR.

Perguntas e respostas:

A) Esta ferramenta Geo UHR levou em consideração locais menos populosos?

A GeoUHR permite que seja inserido uma arquivo com polígonos que representam locais em áreas urbanas. Esses locais são excluídos do processamento e, portanto os resultados apresentados pela ferramenta estarão fora das áreas urbanas. No entanto, o usuário pode optar por não inserir esse tipo de arquivo, de forma que a ferramenta não fará nenhum exclusão baseada nesse critério.

B) Em termos de sondagens de rochas nos locais dos reservatórios seria possível fazer um levantamento preliminar com o GeoUHR?

A ferramenta GeoUHR, que funciona dentro do software ArcGIS, identifica locais propícios para a implementação de Usinas Hidrelétricas Reversíveis sob o ponto de vista topográfico. Demais análises e levantamentos como geológicos-geotécnicos não estão contemplados na ferramenta.

C) Somente com os resultados obtidos já seria possível fazer um ante projeto desta UHR e determinar seu potencial?

A GeoUHR apresenta como resultado final os locais favoráveis para a implementação de Usina Hidrelétrica Reversível na região pesquisada pelo usuário. Para cada local encontrado a ferramenta apresenta algumas opções para local de construção de reservatório superior artificial e de reservatório inferior no curso do rio. A partir dessas informações, juntamente com as informações altimétricas fornecidas, é possível pré-dimensionar os reservatórios, fazer o projeto completo da UHR e consequentemente calcular a potência. No entanto, é recomendável, numa etapa mais avançada, realizar um Estudo de Viabilidade Hidrelétrica para cada UHR encontrada com levantamentos geológicos-geotécnicos, hidrológicos, sociambientais e de custo para se obter uma potência melhor aferida e verificar se é viável economicamente, financeiramente e ambientalmente a construção do empreendimento nesse local.

3.3 - USO DA TURBINA DE FLUXO REVERSÍVEL, DO TIPO WELLS, PARA CONVERSÃO DE ENERGIA MAREMOTRIZ

ALMIR LUIZ RODRIGUES(1); GERALDO LUCIO TIAGO FILHO(1); ANTONIO CARLOS BARKETT BOTAN(1); - UNIFEI(1);

Este trabalho consiste em dimensionar um sistema diretor para uma turbina de fluxo reversível do tipo Wells operando diretamente com água. O desenvolvimento consiste em calcular a geometria e determinar as características da pá diretriz (diâmetros, número de pás, ângulos de entrada e saída, velocidades de saída de fluido), simular o comportamento do escoamento e da máquina operando sob diferentes condições de carga, de rotação. O estudo é composto por simulações computacionais de três situações onde o distribuidor desenvolvido é posicionado, a montante, a jusante e em uma situação onde o distribuidor é posicionado a montante e a jusante.

Perguntas e respostas:

A) Além do modelo matemático existe algum desenvolvimento de um modelo real. Um protótipo em escala menor?

Um modelo real, em escala reduzida, foi prototipado e ensaiado no Laboratório Hidromecânico de Pequena Centrais Hidrelétricas - LHPCH pertencente a Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, para validação dos resultados obtidos nas simulações computacionais.

B) No Brasil existem outros locais além do nordeste onde poderiam ser instaladas este tipo de turbina?

O Brasil possui grande potencial energético em todo seu litoral. As regiões Sudeste e Sul apresentam pouca diferença entre as alturas das marés, gerando pouca energia. Já a região Nordeste apresenta maior diferença entre as alturas de marés, o que possibilita um melhor aproveitamento do potencial energético.

C) Este tipo de construção é suficientemente resistente para as grandes tempestades no mar? Já está se levando em consideração o aumento do nível dos mares devido ao aquecimento global?

O princípio de funcionamento da turbina é operar com vazões variáveis, pois depende, principalmente, da diferença de altura entre as marés alta e baixa para a geração de energia. A turbina também terá sistemas de segurança, como comportas a montante e a jusante, que protegerão contra eventos que podem causar algum dano estrutural na turbina. Sendo assim, a turbina é resistente para operar em diversas situações extremas que podem ocorrer no oceano.

3.4 - Barreiras Históricas e Novas Perspectivas para o Desenvolvimento e Implantação de Usinas Reversíveis no Sistema Interligado Nacional

RAFAEL ACEDO LOPES(1); PROF. DR. PAULO S. FRANCO BARBOSA(2); DR. MANUEL N. FERREIRA GONÇALVES(1); - VH(1);UNICAMP(2);

Durante décadas, observou-se um aumento da produção de energia de fontes intermitentes no Sistema Elétrico Brasileiro (SEB). Por outro lado, os Planos Decenais de Expansão de Energia indicam um crescimento inexpressivo da energia armazenada no SIN. A expansão das renováveis demandará uma capacidade mínima de armazenamento. Tais condições devem ser estudadas no planejamento do SEB. Neste trabalho são abordadas as alternativas para a implantação de usinas hidrelétricas reversíveis, considerando os potenciais benefícios relacionados à instalação sistemas de acumulação de energia, otimizando o fluxo de energia entre os subsistemas do SIN e suportando a expansão econômica de uma matriz elétrica limpa.

Perguntas e respostas:

A) Alguns sítios onde poderiam ser construídas usinas reversíveis podem estar em áreas de preservação ambiental? Como resolver este impasse? O que é mais importante, a geração de energia através de UHR ou preservar a reserva ambiental?

B) Nas décadas de 70 e 80 muitos estudos sobre a implementação de UHR foram realizados, mas não foram adiante. Poderia nos dizer a razão para este fato?

C) Se houver um crescimento econômico no Brasil, haverá necessidade de mais energia e como estamos vendo há poucos investimentos em geração de energia firme. Em quanto tempo uma UHR pode ser iniciada e colocada em operação?

3.5 - Considerações sobre o ensaio de ciclo térmico segundo a norma IEEE 1310-2012

THOMAS HILDINGER(1); - VH(1);

O presente estudo analisou a adequação do método de ensaio da norma IEEE 1310-2012 para a simulação dos possíveis mecanismos de envelhecimento do isolamento de um gerador operando sob condições cíclicas de partidas e paradas. Barras reais de estatores envelhecidas ao longo de cerca de 10.000 ciclos de partidas e paradas em operação real foram caracterizadas em laboratório e então, para fins de comparação, submetidas a um limitado número de ciclos térmicos em conformidade com o método da IEEE 1310-2012. Os resultados sugerem que um reduzido número de ciclos térmicos em laboratório foi suficiente para gerar defeitos que não existiam nas barras envelhecidas unicamente sob condições reais de operação. Verificou-se também que os ciclos de laboratório tendem a propagar os poucos defeitos existentes para regiões onde eles não existiam nas condições originais, como por exemplo a parte interna do núcleo do estator. Portanto, dependendo da forma específica como são interpretados os resultados dos ensaios realizados em conformidade com o método da IEEE 1310-2012, é necessário considerar o risco de tais artefatos de ensaios influenciarem na avaliação final de qualquer conjunto de barras/bobinas ensaiado.

Perguntas e respostas:

A) No item 5.0 – Conclusão, com base nos ensaios, a frase do primeiro parágrafo pode ser mantida?

Com relação a frase "...uma operação com repetidos ciclos de partidas e paradas pode resultar no envelhecimento acelerado ou até mesmo na falha precoce dos sistemas de isolamento de alta tensão...?" é quase um lugar-comum na comunidade de grandes máquinas elétricas rotativas. A suposição de que repetidas partidas e paradas podem causar danos aos modernos sistemas de isolamento de alta tensão de enrolamentos de estatores de máquinas rotativas de grande porte pode ser frequentemente encontrada em especificações técnicas, programas de testes e discussões de grupos de trabalho de especialistas?, o fato é que os resultados dos testes e ensaios não fornecem evidências de que isso seja verdadeiro e o histórico de operação das máquinas tampouco traz suporte a essa suposição (ou crença)

B) O gradiente de temperatura é mais severo do que uma operação com temperatura mais elevada porém mais constante?

NÃO, na realidade, o que se verifica é o oposto: A operação em temperaturas mais elevadas, ainda que em regime estacionário, tem efeito significativamente mais intenso sobre o envelhecimento do enrolamento do que o gradiente (entendido aqui como taxa de variação da temperatura no tempo K/min) de temperatura. Vide também: Paper A1 111 ? CIGRE 2016 - Voith Hydro's experience with the aging of insulation ? Faria; Hildinger; Jacob.

C) Entre parada/partida e gradiente de temperatura, qual é a operação mais severa?

Entendendo-se partida/parada como uma operação mecânica, ou seja, a máquina passa da condição de repouso para a rotação nominal e depois retorna para essa condição e o gradiente de temperatura como a taxa de variação da temperatura no tempo (por exemplo, aplicação de carga), então está segunda condição é mais severa, para o enrolamento do estator. Mas, para os componentes do rotor, notadamente a fixação dos polos e a coroa ou cubo/eixo (se os polos são fixados diretamente nestes), o ciclo partida/parada representa a mais severa das condições. Vide também: Paper A1 111 ? CIGRE 2016 - Fatigue Assessment in the Pole Fixation of Hydro-Generators ? Hagmeyer; Henning; Hildinger; Ludwig

3.6 - DESAFIOS NO CÁLCULO E NO PROJETO DE HIDRO GERADORES DE GRANDE POTÊNCIA NO SÉCULO XXI

JORGE JOHNNY ROCHA ECHEVERRIA(1); ARMANDO L O TORRES(2); JULIANO R DA SILVA(2); EVERTON VON ZUBEN(3); MAURO UEMORI(4); THOMAS HILDINGER(5); - Trassinio(1);ITAIPU(2);ANDRITZ(3);GE(4);VOITH HYDRO(5);

Estamos vivendo o grande marco histórico em que a humanidade está construindo hidrogeradores que superam a marca de 1 GW. Diante desse feito memorável, discorreremos sobre os elementos tecnológicos que precisaram ser superados para celebrar essa conquista. Elencaremos conceitos como: fator de aproveitamento, intensidade linear de corrente, capa de corrente, potência por polo, tensão nominal, kV/mm de isolamento do enrolamento do estator, carregamento de corrente por ranhura, velocidade periférica circunferencial; fator de dificuldade técnica, rendimento a potência nominal; isso para mencionar os principais elementos comparativos de projeto a serem discutidos e comparados. Complementarmente abordaremos elementos associados à estratégia adotada para o sistema de resfriamento e os elementos da engenharia mecânica que precisaram ser superados para tornar realidade desafios dessa envergadura.

Perguntas e respostas:

A) Os autores informam que apesar da opção por grandes geradores com enrolamento estatórico resfriado com água tenha sido a opção inicial, o empenho por soluções desenvolvimento de unidades de grande porte totalmente resfriadas com ar tem sido a tendência atual. Isto quer dizer que a tecnologia de resfriamento de geradores a água será abandonada? Ou há a possibilidade dessa tecnologia também evoluir com a correção das falhas apresentadas até então?

É do nosso entendimento que tanto a confiabilidade como índice de disponibilidade de um gerador estão associados à robustez e à simplicidade da solução adotada. No caso, a dispensa do sistema de resfriamento direto com água dos enrolamentos do estator contribui o incremento dos índices em questão. A realidade factual indica que essa arquitetura de sistema de resfriamento com circulação forçada de água por meio dos condutores para promover o seu resfriamento já foi abandonada. Caracterizando um caminho irreversível para geradores de grande porte e baixa rotação. Todavia, em soluções compactas de alta densidade volumétrica de energia, entendemos que esse recurso poderá continuar a ser usado tanto no estator como no rotor.

B) Os autores deram notícia acerca do empreendimento Baihetan na China, previsão para 2021, com 16 unidades de 1111,1 MVA, 24 kV, 50 HZ, mas com resfriamento ar-água. Já há previsão de outros projetos com geradores dessa envergadura com resfriamento apenas a ar?

Na IEC 60034-1, faz-se referência a sistemas primário e secundário de resfriamento. Donde vem a necessidade de referenciar os dois meios de resfriamento. Por isso no IT quando se menciona geradores resfriados com sistemas ar-água, faz-se referência a sistemas de resfriamento primário indireto feito com ar e que por sua vez o ar é resfriado em trocadores de calor ar-água. Entendemos que todos os geradores de grande envergadura concebidos neste século XXI já são totalmente resfriados indiretamente com ar em circuito fechado. Ocasão em que o ar é feito circular através de trocadores de calor ar-água para promover o seu resfriamento.

C) Já se encontra em operação na costa da Dinamarca o primeiro gerador eólico utilizando tecnologia de supercondução de alta temperatura, de peso 40% menor que os geradores eólicos convencionais. Há notícias sobre estudos, pesquisas ou projetos em andamento sobre a utilização desta tecnologia em hidrogeradores?

Entre 1985 e 1995 alguns centros avançados de P

3.7 - Os desafios na modernização da UHE Governador Bento Munhoz da Rocha Netto

RAFAEL ANICETO PEREIRA(1); MAURICIO DANIEL FORMAGGIO(1); BARTOS CVINTAL WYKROTA(1); ADRIANO MARQUES AFONSO(2); - HBA(1);Copel GET(2);

No primeiro trimestre de 2015, a ANDRITZ HYDRO Brasil recebeu o contrato para modernização da usina Gov. Bento Munhoz da Rocha Netto (Foz do Areia). A usina de Foz do Areia está situada no Rio Iguazu, na cidade de Pinhão, no estado do Paraná. A casa de força da usina está equipada com 4 turbinas Francis de eixo vertical com queda líquida máxima de 135m com uma rotação síncrona de 128.57rpm, gerando um total de 1676MW com uma vazão nominal de 1440 m3/s. Nesse trabalho, será mostrado os principais desafios encontrados e as soluções adotadas para mitigar erros e maximizar os resultados da organização.

Perguntas e respostas:

A) Como foi feito o balanceamento dinâmico deste novo rotor?

B) Somente com a mudança no perfil das pás e das pás do distribuidor se conseguir melhorar o rendimento do conjunto turbina e gerador?

C) Qual o software utilizado para o cálculo do novo perfil das pás?

Comentário: Este IT não cumpriu requisitos de estruturação e qualidade técnica especificados pela CT, tais como aderência ao resumo. No resumo há a informação que o IT apresentaria "...detalhes dos aspectos que delinearão a solução técnica final, assim como todas as dificuldades encontradas ao longo da fase de projeto e concepção dos novos perfis, incluindo a necessidade de análises numéricas específicas para resolução dos problemas de instabilidade. Por fim, o artigo irá listar as etapas realizadas durante o ensaio de modelo realizado no laboratório da Andritz Hydro em Linz, na Áustria para certificar que todas as garantias hidráulicas estavam sendo respeitadas e apresentar os resultados, desafios e condições de funcionamento antes e após todas as recuperações dos componentes." Der novidade no IT foram apresentados basicamente apenas desenhos da nova turbina desenvolvida pelo fornecedor (4 folhas só com desenhos), entretanto sem o detalhamento técnico comprometido no Resumo. Dessa forma, recomenda-se à CT entrar

em contato com os autores no sentido de se solicitar a revisão do IT com os devidos ajustes necessários. Recebi por e-mail o informe revisado dia 28.10.2019 reavaliado e alterada a nota.

3.8 - Soluções diferenciadas para reparo de núcleo e enrolamento de grandes máquinas síncronas, após uma falta com significativo dano

MAURO UEMORI(1); EDSON ALVES(1); MICHEL SPIRIDON(1); - GE(1);

Soluções diferenciadas para reparo de núcleo e enrolamento de grandes máquinas síncronas, após uma falta com significativo dano

Perguntas e respostas:

A) Como é tratado o posicionamento e aperto das placas estáticas?

1. O aperto das placas segue o processo padrão de prensagem. Neste caso, como somente o último pacote foi afetado, foi feita apenas a prensagem final, com o torque utilizado para prensagem do núcleo.

B) Na figura 1 o inserto parece não laminado. Se for isso, não há problema de aquecimento?

2. Não haverá aquecimento, porque o material utilizado não era magnético.

C) Porque o valor de 1,0 T no ensaio de Avaliação e/ou reparo do núcleo?

Para o ensaio de indução magnética podemos aplicar a densidade de fluxo no valor nominal, que seria no máximo em torno de 1,3 T, mas também tem muitos clientes que solicitam um valor padrão de 1 T. No caso estamos utilizando o padrão de 1 T, mas nada impede de utilizar o valor nominal

3.9 - AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE ISOLAÇÃO EM ALTA TENSÃO - SIGNIFICADO ELETRODINÂMICO DOS TESTES TÍPICAMENTE ESPECIFICADOS

JORGE JOHNNY ROCHA ECHEVERRÍA(1); MARCO AURELIO S. MAURO(2); EDSON C. BORTONI(3); Francisco Gilberto Gusmão(4); - Trassinio(1); ITAIPU(2); UNIFEI(3); Von Roll(4);

Propõe-se discorrer sobre o comportamento dos materiais isolantes, tratando-os como circuitos que permitam modelar os fenômenos de interação molecular que ocorrem quando o isolante se encontra imerso nos campos elétricos presentes durante os testes de aceitação em alta tensão. Fala-se em procedimentos e valores regulados por normas, sem que haja uma interpretação palatável daquilo que se propõe observar/avaliar. Há uma carência de referências bibliográficas adequadas que discorram sobre os fundamentos que regem cada ensaio proposto e a sua finalidade, o que se deve observar e, principalmente, quais os princípios da eletrodinâmica e da ciência dos materiais que sustentam cada ensaio.

Perguntas e respostas:

A) Sob a ótica de condutividade elétrica, qual a diferença entre condutividade elétrica e condutividade eletrônica?

Segundo os ensinamentos do Prof. Lawrence H. Van Vlack no seu livro PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA DOS MATERIAIS [1], a condutividade elétrica é o movimento de cargas elétricas de uma posição para outra. Como a carga tem de ser carregada por íons ou elétrons cuja mobilidade varia para os diferentes materiais, há um completo "espectro" de condutividades, desde os metais altamente condutores até os isolantes quase perfeitos, Figura 1 do artigo. Na condutividade iônica, os portadores de carga podem ser tanto cátions como ânions. Na condutividade eletrônica, os portadores são elétrons ou "buracos" eletrônicos. Como os íons contêm ou uma deficiência ou um excesso de elétrons, a carga por íon é sempre um múltiplo inteiro de $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb. Ou seja, se considerarmos que cargas não possuem massa, diferentemente dos elétrons, então, na condutividade elétrica é possível que ela ocorra sem que esteja atrelada a um deslocamento de massa, como ocorre na condutividade eletrônica associada a metais, oportunidade em que se pode observar um movimento efetivo dos elétrons na direção do polo positivo.

B) Qual a influência física da transição vítrea na composição isolante?

A temperatura de transição vítrea é um parâmetro de controle que informa a condição de passagem da fase sólida do polímero para uma outra de condição flexível. Em geral os compostos mais consagrados que formam as paredes isolantes dos enrolamentos de geradores de grande potência, empregam papel de mica como isolante, uma trama de fibra de vidro como reforço mecânico para o papel de mica, e um polímero como aglutinante. Esse polímero poderá ser bem fluido, com baixa viscosidade, para os casos de impregnação a vácuo, ou poderá ser viscoso e associado ao papel de mica nos casos Ressin Rich. Em ambos os casos, a resina polimérica será formulada por mistura de polímeros compatíveis (por exemplo: epóxi-poliéster ou epóxi-epóxi) de modo a posicionar a temperatura de transição vítrea em torno da temperatura de cura e/ou de garantia da classe térmica de operação. De modo que quando o cobre se expandir devido a uma elevação de temperatura, e antes de atingir a temperatura de cura, o polímero esteja numa condição favorável e se encontre suscetível a assimilar as tensões mecânicas que, depois de muitos ciclos poderiam fraturar a estrutura do composto isolante.

C) Qual é a relação entre a capacidade dielétrica e a condutividade elétrica?

Embora complementares, a capacidade dielétrica e a condutividade elétrica tratam de conceitos diferentes. De modo que, quando se avalia a capacidade dielétrica se considera a habilidade do material de armazenar energia elétrica. Em complemento, a condutividade elétrica de um material estará associada à capacidade do material de permitir a movimentação de cargas (com ou sem massa) de um polo a outro. Por isso que, quando avaliamos a capacidade isolante de um material se considera sua propriedade de interromper a passagem de corrente (prevenir que se manifeste uma condutividade).

3.10 - MONITORAMENTO DE GRUPOS GERADORES DO TIPO KAPLAN UTILIZANDO TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

IGOR RENAN BRAGA DOS SANTOS(1); OSWALDO HONORATO DE SOUZA JÚNIOR(1); GERALDO LÚCIO TIAGO FILHO(1); JÚLIO CESAR SILVA DE SOUZA(1); TIAGO MARTINS DE AZEVEDO(1); OTÁVIO AUGUSTO SALGADO CARPINEIRO(1); HAILTON SILVEIRA DOMINGUES BIANCARDINE JÚNIOR(1); - UNIFEI(1);

Esse artigo aborda o desenvolvimento de um sistema de monitoramento das condições de operação das turbinas hidráulicas do tipo Kaplan, bem como de um módulo de auxílio à operação ótima das mesmas, por meio de técnicas de aprendizagem de máquina e, mais especificamente, redes neurais artificiais (RNAs). Basicamente, o sistema de monitoramento dessas perturbações no grupo gerador visa à operação do grupo gerador em melhores condições, menos suscetível a danos físicos e a perdas devido à queda de rendimento, recuperação do rotor e partes da turbina, minimizando assim, as horas paradas necessárias à manutenção da máquina.

Perguntas e respostas:

A) Já foi desenvolvido um dispositivo real para experimentar o modelo?

B) É possível aplicar este modelo em turbinas instaladas e em operação?

C) Já ofereceram esta metodologia para tratamento de dados de empresas que operam com este tipo de turbina?

3.11 - Emprego de Nova Técnica na Detecção de Falta Incipiente em Gerador Síncrono através do Campo Magnético Externado

LUCIANO MENDES DE FREITAS(1); LIAN KOBARG CERCAL ROGÉRIO GOMES(2); NELSON JHOE BATISTELA(3); RODRIGO DA SILVA SOUZA(4); NELSON SADOWSKI(3); HELTON FERNANDO DOS SANTOS(3); RUBENS JOSÉ NASCIMENTO(5); ARTHUR HENRIQUE MUNARETTI(6); - ENGIE(1); ENGIE(2); UFSC(3); ENGIE(4); ENGIE(5); ENGIE(6);

Este Informe Técnico apresenta e discute uma aplicação do aparelho MagAnalyzer em desenvolvimento para detectar falhas incipientes em máquinas elétricas síncronas, de qualquer potência e número de polos, tendo como grandeza mensurada formas de onda da derivada temporal do campo magnético externo à máquina ou do campo magnético. A técnica e a metodologia envolvidas são sumariamente apresentadas. Relata-se o sucesso na detecção de uma falta incipiente, associado a resultado de análise por meio de vibração mecânica.

Perguntas e respostas:

A) Este aparelho MAG ANALYSER poderia ser aplicado em outros tipos de máquinas elétricas rotativas ou somente em máquinas síncronas?

Este aparelho pode ser aplicado em outras máquinas rotativas, desde que o software de análise seja adaptado às características de funcionamento do tipo específico de máquina. Cada tipo de máquina possui formas de onda de campos magnéticos externos diferentes e/ou a composição espectral do campo externado possui características distintas relativas a cada tipo de máquina e sua excitação/alimentação.

B) É possível construir um sistema portátil de MAG ANALYSER para ser levado em qualquer local de instalações industriais? Pode sofrer interferência de outros campos magnéticos?

Há um equipamento portátil que foi utilizado para o desenvolvimento do MagAnalyzer. Porém, foi constatado que na aplicação em geradores de grande porte sua eficácia não é garantida, pois necessita-se avaliar a evolução das amplitudes das componentes dos espectros de frequência do campo magnético externo. Campos magnéticos do ambiente podem interferir, mas geralmente possuem componentes do espectro de frequência que não pertencem à máquina em questão. Além disso, conforme o local onde é colocado o sensor, as amplitudes das componentes de interesse podem ser alteradas. Assim, optou-se por manter um equipamento que tenha sensores fixos.

C) Com o Mag Analyzer é possível detectar de curto entre espiras do rotor?

O MagAnalyzer detecta tanto curtos-circuitos de espiras no estator quanto no rotor, em resumo qualquer alteração na máquina que tenha reflexos no campo magnético pode ser detectada pelo equipamento MagAnalyzer, neste cenário o curto circuito entre espiras de rotor é hoje a falta com mais "sensibilidade" através do acompanhamento de raios do espectro com o tempo.

3.12 - Avaliação Dielétrica de Barras Estáticas Baseada na Norma IEC 60034-27-2

FERNANDO DE SOUZA BRASIL(1); PAULO ROBERTO MOUTINHO DE VILHENA(1); VICTOR DMITRIEV(2); - ELN(1); UFPA(2);

Várias fontes de atividade de descarga que ocorrem em geradores foram replicadas no laboratório em condições controladas. Cada fonte foi avaliada individualmente e registrada com um sistema comercial de medição de descargas parciais (MPD 600). São apresentadas as características dominantes de cada padrão de resolução em fase de descargas parciais, do inglês Phase Resolved Partial Discharges (PRPD). A associação de cada tipo de fonte de descarga bem definida, com seu padrão de PRPD específico, constitui a base do nosso banco de dados usado para o reconhecimento da fonte de descarga durante o diagnóstico do gerador. A comparação dos resultados laboratoriais com os PRPD apresentados na IEC 60034-27-2 -2012 está resumida neste artigo.

Perguntas e respostas:

- A) Qual é o tipo de descarga parcial mais prejudicial para o isolamento de um máquina elétrica?
- B) Quais valores de descarga parcial deve ser observada com mais cuidado? O que se recomenda quando se atinge valores altos de descargas parciais?
- C) Nestes ensaios foram utilizados mais de um tipo de instrumento para detectar estas descargas parciais?

3.13 - Análise de Escoamento Fluido e Comportamento Estrutural em Painéis de Grades de Adução através de Análises Numéricas

RODRIGO CANESTRARO QUADROS(1); ALESSANDRO PRESZNHUK FILHO(1); LEONARDO SIRINO(1); PAULO CRISTIANO MORO(1); CLAITON DA SILVA MATTOS(1); JOSÉ BOZ NETO(2); - LACTEC(1); Copel GET(2);

Painéis de grades de adução tem um papel de grande importância na prevenção de acidentes e falhas prematuras em Usinas Hidrelétricas. Como função primária, as grades atuam como filtros, impedindo a passagem de grandes particulados e detritos à turbina hidráulica. Contudo, projetos de grades, historicamente, não levam em consideração extensas análises, e muitos são os casos de falhas nessas estruturas, que apesar de simples, exigem adequações às condições reais de operação. Desse modo, mostra-se um estudo de caso da UHE GJR da Copel GET, ao qual foram feitas análises numéricas das grades originais de projeto e sugeridas melhorias.

Perguntas e respostas:

- A) Considerando que as maiores tensões verificadas estão nas juntas dos elementos verticais do painel com as chapas horizontais (conforme mostrado na Figura 9), considerou-se a possibilidade de efetuar um reforço nas chapas horizontais, ou seja, aumentar a área de contato destas com os elementos verticais? Isto poderia melhorar a distribuição dos esforços, pois proporcionaria melhores pontos e áreas de apoio para as chapas verticais, resultando em uma maior distribuição do carregamento. Consequentemente, poder-se-ia direcionar estes esforços para os pontos de fixação na estrutura em concreto da barragem/tomada d'água.
- B) Os processos executivos de estruturas metálicas apresentam como pontos críticos os locais de aplicação de soldas na junção entre elementos, que devem ser especificados ou dimensionados corretamente, devendo garantir a unidade da estrutura e a posterior transferência de cargas. Sendo assim, estes pontos podem ser motivo de preocupação frente aos efeitos de lock-in ou de sobrecarga estrutural?
- C) Em relação à velocidade de escoamento/movimentação da água nas regiões de vórtices, estes fenômenos podem provocar degradação físico-química acelerada no material metálico, resultando na redução acelerada da vida útil da estrutura, devido à perda de capacidade de suporte estrutural ou modal (lock-in)? Existem produtos que podem reduzir o desgaste físico-químico nas estruturas?

3.14 - BENEFÍCIOS DA OTIMIZAÇÃO CONTÍNUA E AUTOMÁTICA DA CURVA DE CONJUGAÇÃO DE TURBINAS KAPLAN E BULBO SOBRE AS CONDIÇÕES DE VIBRAÇÃO E CAVITAÇÃO

HENRIQUE AUGUSTO MENARIN(1); RODRIGO PEREIRA GOSMANN(1); ALESSANDRO QUADRELLI(2); LEONARDO AUGUSTO WEISS(1); - REIVAX(1); ENEL GP(2);

Turbinas Kaplan e Bulbo são capazes de manter altos valores de eficiência para amplas faixas de operação devido à dupla regulação, que permite o ajuste tanto da abertura do distribuidor quanto das pás do rotor. Essa combinação ótima pode ser também relevante para a melhor conservação do maquinário. Assim, quando em operação com a melhor combinação, pode ocorrer também a redução do desgaste da unidade. O trabalho avalia os resultados obtidos após a instalação de um sistema de cálculo e atualização automática da combinação ótima, adotado em 3 diferentes usinas. Os resultados foram obtidos com o suporte da Enel Green Power em três de suas unidades geradoras, cada uma com características diferentes de operação e monitoramento.

Perguntas e respostas:

- A) No estudo em questão as três grandezas cavitação, vibração e temperatura de mancais foram investigadas em usinas diferentes, com máquinas de diferentes potências. Pensa-se em realizar a coleta de dados de forma simultânea, de forma a poder verificar o comportamento de todas as variáveis numa mesma usina? Isto não seria importante para a validação dos resultados obtidos?
- A coleta das mesmas variáveis em cada unidade instalada é relevante para a realização de um trabalho mais abrangente sobre o assunto de monitoramento de condições das máquinas. Dentro do escopo do projeto envolvido, o foco era o desenvolvimento do sistema de otimização de conjugação e não a monitoração. Utilizou-se, no caso, os sistemas de monitoração disponíveis em cada uma das usinas ou, no caso do sistema de monitoramento da cavitação, os sensores disponíveis para testes da aplicação de uma tecnologia. Num futuro, seria interessante a instalação dos mesmos sistemas de monitoração nas usinas para realizar testes de comparação. Este trabalho visa a apresentar evidências iniciais disponíveis com os sistemas existentes.
- B) Nas usinas citadas, de Goiás, Chile e Tocantins, os painéis dos sistema de otimização e os demais (detecção de vibração e monitoramento de cavitação) foram instalados apenas para os ensaios ou pertencem ao quadro de painéis de operação destas usinas? Como se relacionam, ou se relacionariam, de forma operativa com os Reguladores de Velocidade e despacho dessas usinas?
- Do ponto de vista da operação da usina, os painéis do sistema de otimização, de vibração e cavitação possuem a função de monitoramento. O sistema de otimização da conjugação tem a possibilidade de atualizar a curva de conjugação do regulador de velocidade por meio de protocolo de comunicação remota. Além disso, ele também interage com o regulador de velocidade posicionando os atuadores do distribuidor e das pás do rotor entrando em modo teste. Como o otimizador possui monitoramento de restrições para operação segura, a operação desse modo teste dos posicionadores é transparente à operação da usina, pois o modo teste é cancelado quando o regulador necessita realizar uma alteração de ponto de operação ou compensar uma perturbação. Para a operação da usina, o sistema de otimização funciona como um sistema de monitoração que fornece informações não usualmente encontradas no regulador de velocidade, como medição de vazão e eficiência da turbina. Os sistemas de monitoração de vibração e cavitação também interagem na forma de monitoração para a operação da usina, fornecendo e armazenando indicadores de operação por meio de protocolos remotos.
- C) Na conclusão do IT os autores afirmam que "o otimizador automático da curva de conjugação teve efeito benéfico nos indicadores de desgaste avaliados, então não somente é capaz de aumentar o rendimento hidráulico da turbina como também é capaz de reduzir o desgaste da turbina". Existem estudos ou pelo menos pensa-se em se estudar a viabilidade técnica-econômica de instalação destes otimizadores nas usinas com turbinas Kaplan ou bulbo em função dos ganhos observados?

Sim, o otimizador instalado nestas três unidades faz parte de um projeto de desenvolvimento para testes do conceito tecnológico. Os estudos de viabilidade foram realizados nesse contexto, vide artigo publicado no SEPOPE 2018 citado nas referências. Agora que existe evidência técnica para o desenvolvimento deste produto, uma segunda etapa de desenvolvimento está iniciando para a elaboração de um produto comercial e refinamento do conceito tecnológico.

3.15 - Aplicação do Sistema de Monitoração de Descargas Parciais em Geradores Bulbo

PAULO ROBERTO MOUTINHO DE VILHENA(1); FERNANDO DE SOUZA BRASIL(1); ERICK NOBILING(2); - ELN(1); Q(2);

Como exemplo de manutenção preditiva, o monitoramento de descargas parciais (DP) da UHE Pimental consiste em um sistema permanentemente instalado nas unidades e interconectado bidirecionalmente ao Sistema Digital de Supervisão e Controle (SDSC), juntamente com o sistema de monitoração de vibrações mecânicas. Para cada gerador foram instalados seis acopladores, sendo dois por fase, em montagem direcional (BUS) para rejeição de ruídos advindos do sistema de potência em cada gerador, de acordo com as normas ASTM D1868 (1) e IEC 60034-27-2 (2). As unidades de aquisição de dados foram posicionadas dentro do "nariz" do bulbo, aquisitando em tempo real e disponibilizando os dados na sala de controle local, através de uma arquitetura de rede física ethernet e fibra ótica. No trabalho é apresentado o método de aquisição, tratamento e integração com os demais sistemas da planta, assim como foi possível melhorar o entendimento dos fenômenos ocorridos na PIUGH-02.

Perguntas e respostas:

- A) Como é o processo de manutenção e atualização do software?
- B) Quais são as principais diferenças entre esse equipamento e o modelo Hydrotrac?
- C) É necessário um suporte técnico para a avaliação dos dados coletados ? (ou o pessoal da Usina é capaz de fazer a avaliação dos dados.)

3.16 - Segurança de barragens: integração da coleta de dados de auscultação ao modelo numérico estrutural da Usina de Foz do Chapeó

JOAO RODOLFO CORTES PIRES(1); TIAGO LUIS DUARTE FORTI(2); LUIS FERNANDO PEDROZO MELEGARI(3); PROF. DR. PAULO S. FRANCO BARBOSA(4); Gustavo Alcalá Batistela(2); - Cortes(1); Simworx(2); CPFL(3); UNICAMP(4);

O processo de auscultação visando garantir a segurança de barragens é um assunto de grande importância pois os danos causados no caso de um acidente são severos e muitas vezes irreversíveis. O objetivo deste trabalho é propor um sistema de monitoramento em tempo real que permita detectar de forma antecipada possíveis anomalias na estrutura a tempo de se realizar manobras que evitem, ou pelo menos, minimize os impactos de um acidente. O sistema utilizará Estações Totais Robotizadas (RTS) de alta precisão para medir os deslocamentos da estrutura e compará-las com as deformações calculadas pelo método de Elementos Finitos.

Perguntas e respostas:

- A) A análise dos resultados pode ser feita por um profissional não especializado?

O objetivo do software de análise dos dados da RTS é fazer a triagem da informação recebida e em função das características estruturais da barragem já passar uma informação mais precisa para o operador. Dessa forma, o operador não precisaria ter conhecimentos de análise estrutural para entender os alertas, mas é importante ter um conhecimento da ferramenta para saber que eles significam. Por exemplo, em um dado ciclo de medição, pode-se perder um ponto de medida devido a interferência externa como passagem de pássaro, vegetação, veículo, etc. Neste caso, um leigo poderia entender que a barragem está deslocando, quando na verdade apenas foi uma obstrução física do alvo.

B) Existe um plano de evacuação para risco de rompimento da barragem?

Sim. A barragem possui um PAE (Plano de Ação de Emergência), que foi encaminhado a Defesa Civil dos municípios afetados em um possível rompimento, as quais devem ter preparado o Plano de Contingência com as ações necessárias para evacuações das áreas afetadas. O sistema de monitoramento atual da usina prevê as condições, nas quais devem se acionar o PAE e por consequência as defesas civis. O presente projeto, quando completamente homologado, deve ser incorporado ao plano de monitoramento para acionamento do PAE.

C) Qual o tempo previsto de vida útil dessas barragens, com base no projeto e nas medições feitas até agora?

Normalmente se fala em vida útil de 100 anos para projetos de barragens. Os sistemas de monitoramento permitem alongar a vida útil destas estruturas, uma vez que permite realizar as manutenções necessárias para a boa operação da barragem. O nosso projeto apenas inclui nova sequência de monitoramento. Quanto a vida útil das RTS utilizadas no monitoramento espera-se algo na faixa de 15 a 20 anos, com calibração e revisões anuais.

3.17 - Sistema Inteligente de Detecção, Identificação e Redução de Cavitação por Injeção de Ar em Turbinas Francis - Estudo de Caso UHE Ilha Solteira

CARLOS MURILO MENDES DA SILVA(1); VLADIMIR RODRIGUES LEMES GONGORA(1); BARTOS WYKROTA(1); - HBA(1);

O presente estudo tem por objetivo criar uma metodologia para detectar, monitorar e analisar adequadamente, o fenômeno de cavitação em turbinas do tipo Francis, de forma a, junto a um sistema inteligente de injeção de ar, avaliar, reduzir, e, eventualmente, eliminando este fenômeno hidráulico. A detecção e diagnóstico de cavitação dar-se-á através de sensores elétricos instalados em diversos pontos da Unidade Geradora, análise específica dos dados com recriação de padrões hidráulicos e mecânicos, além de um sistema de câmeras instalados no circuito hidráulico, provendo assim, subsídios para prospecção do desgaste na turbina, aumento de sua faixa de operação, e melhorias operacionais devido as condições impostas a Usina Hidrelétrica. O estudo de caso está sendo desenvolvido na UHE Ilha Solteira, localizada no estado de São Paulo.

Perguntas e respostas:

A) Como seriam os suportes dos sensores que serão instalados bem próximos as partes rotativas? Não há risco de soltar algum e causar algum dano na turbina?

Abaixo a especificação da forma que serão suportados os sensores listados. Acelerômetro: ? Fixados diretamente na superfície em que estão em contato. Será feita uma rosca no local de instalação para montagem do sensor. Será montado com trava química. Não há risco, uma vez que não há interação com a parte rotativa da turbina. Sensores Ultrassônicos ? Serão instalados e fixados com gabarito e dispositivo de trava. Não há risco, uma vez que não há interação com a parte rotativa da turbina. Proxímetros ? Serão fabricados suportes específicos para o projeto e fixados no parafuso de fechamento do suporte do mancal guia da turbina. Não há risco, uma vez que não há interação com a parte rotativa da turbina.

B) Em qual local serão instalados os bicos injetores de ar na turbina Francis?

A injeção de ar na entrada do rotor ainda vai ser definida em conjunto com a CTGPC, e não há detalhes ainda de como será implementada na parte inferior do Distribuidor.

C) Como será feito este controle da injeção de ar? De acordo com os dados obtidos nos sensores um controlador injetará a quantidade certa de ar para reduzir a cavitação?

A princípio será utilizado uma válvula pneumática para controle com comando via sistema de controle. Após a validação da detecção da cavitação, essa informação somada às condições de contorno características da turbina, e.g. colina de rendimentos, e variação das condições dinâmicas dos sensores utilizados determinarão a forma como será injetado o ar na turbina.

Comentário: Este IT não consegui baixar através este site. Recebi uma cópia da CT e fiz o julgamento.

3.18 - ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHA EM MOTOR BRUSHLESS DC

VICTOR SUGUIITI TANAKA(1); MATEUS GIESBRECHT(1); - UNICAMP(1);

Neste informe técnico é relatada a detecção de falhas em um motor BLDC (Brushless DC) de pequeno porte através da coleta de sinais de vibrações causados pela falta de uma das fases de alimentação do motor. O diagnóstico e a classificação da falha foram realizados com uma rede neural. O classificador foi capaz de detectar a falha ocorrida com uma exatidão bastante razoável utilizando os dados de vibração radial da máquina.

Perguntas e respostas:

A) É possível montar um sistema equivalente a este descrito no informe que possa ser instalado em sistemas de transporte que utilizam motores de corrente contínua?

B) Além dos sensores de vibração poderiam ser acoplados ao sistema descrito no IT para aumentar a gama de análise de falhas em motores?

C) Este sistema descrito no IT pode ser aplicado em outros tipos de máquinas elétricas?

3.19 - Evolução Tecnológica da Recuperação por Soldagem e Aspersão Térmica de Rotores de Turbinas de Usinas Hidrelétricas.

ROMILDO TRISTANTE(1); RODOLPHO FERNANDO VÁZ(2); ANDERSON GERALDO MARENDIA PUKASIEWICZ(3); CARLO GIUSEPPE FILIPPINI(2); LUIZ ALBERTO JORGE PROCOPIAK(1); RAMON SIGIFREDO CORTÉS PAREDES(4); ANDRE RICARDO CAPRA(2); - Copel GET(1);LACTEC(2);UTFPR(3);UFPR(4);

Rotores em hidrelétricas são solicitados e susceptíveis a falhas e desgastes: trincas, erosão e cavitação. A Copel GeT, Lactec, UFPR e UTFPR têm desenvolvido PeD ANEEL, abordando recuperação de rotores por soldagem e aspersão térmica. Pondera-se a importância desse estudo, visto que os rotores de inox tem cada vez mais aplicação e suas propriedades mecânicas são alteradas pela soldagem. Avaliaram-se os mecanismos de degradação nos rotores e em revestimentos, sendo desenvolvidas ligas resistentes à cavitação, que demonstram semelhante e até superior resistência ao desgaste que os substratos de aço, sem os prejudiciais efeitos térmicos, típicos de soldagem a arco.

Perguntas e respostas:

A) No estágio atual, qual processo de reparo é mais adequado?

O processo de reparo a ser adotado dependerá de alguns fatores, tais como: grau / severidade do desgaste; tipo da falha (erosão cavitacional ou trinca), material da turbina a ser recuperada e localização do defeito. Pode-se citar em linhas gerais que, se for uma turbina de aço carbono, com desgaste severo, busca-se um processo com maior rendimento e consequentemente maior aporte térmico, tal como arame tubular, entretanto, caso seja um rotor de turbina de inox CA6NM, deve-se priorizar um menor aporte térmico, neste caso o indicado seria o processo TIG.

B) As áreas reparadas costumam ter reincidência de danos?

Nos casos onde o reparo se dá devido a erosão cavitacional, estes reparos são reincidentes, uma vez que a cavitação é uma condição do sistema e o reparo não a elimina. Entretanto, busca-se a utilização de materiais mais resistentes a esta cavitação, tendendo a diminuir o intervalo de recuperações, bem como a quantidade de material a ser depositado. Com relação a recuperação de trincas, nossos históricos mostram que as trincas não são reincidentes.

C) A forma do processo de reparo depende do tipo de turbina?

A forma de reparo, além do tipo de turbina, depende também: do tipo de defeito, do material da turbina, da extensão e localização do defeito e das condições de acesso para a recuperação.

3.20 - HISTÓRICO DE FALHAS ESTRUTURAIS E SOLUÇÕES DESENVOLVIDAS NAS GRADES DA TOMADA D'ÁGUA DA USINA HIDRELÉTRICA GOV. JOSÉ RICHÁ

DIEGO ORLANDO DE BORTOLI(1); RODRIGO DE CAMPOS(1); JOSE BOZ NETO(1); ROMILDO TRISTANTE(1); LEONARDO ENTA(1); - Copel GET(1);

O projeto e a confecção dos painéis de grades da tomada d'água (TDA) da Usina Hidrelétrica Governador José Richa (UHE GJR) seguiram as normas técnicas vigentes e recursos tecnológicos da época da sua construção na década de 90. Mesmo assim, em seus 20 anos de operação, estes equipamentos tiveram ocorrências com trincas e quebras de segmentos metálicos em seus painéis. Neste período, a COPEL realizou diversos estudos e melhorias buscando soluções, a fim de eliminar o modo de falha, sendo que após um estudo bastante estruturado com coleta de dados e análises computacionais, alcançou-se ganhos significativos de confiabilidade nestes equipamentos.

Perguntas e respostas:

A) O modo de falha com formação de vórtices nas faixas críticas de frequências de 18 a 21Hz aparentemente foi superado com o desenvolvimento e entrada em operação da Geração 5 de painéis, à partir da constatação dos primeiros resultados práticos obtidos. Mas e quanto aos novos modos de falha observados nesses painéis dessa Geração 5? Como está o encaminhamento dos estudos e quais as providências que a COPEL pensa em tomar para superá-los?

Os resultados atingidos com esta última geração dos painéis trouxeram um ganho considerável de confiabilidade e na otimização da relação custo x benefício com estes equipamentos. Há o registro de grande diminuição no número de trincas e a ausência de quebras de segmentos metálicos, situações estas que eram recorrentes. No entanto, buscando a evolução do projeto e minimizar os novos modos de falhas, está sendo solicitada uma nova ordem de serviço com instituto de pesquisa especializado, que tem como objetivo a expansão de estudos na área de soldagem, procedimentos de fabricação, e uma nova simulação com os valores de velocidades medidos (em diferentes pontos dos painéis de grades e em condições operativas da unidade geradora) na fase de coleta de dados da validação do projeto da geração 5 dos painéis.

B) Quais os principais itens das normas NBR 11213 e NBR 8883 que, mesmo atendidos em sua plenitude, não foram suficientes para se evitar as falhas detectadas nos painéis metálicos das grades de Tomada D'água da UHE Gov José Richa?

O principal item, atendido pelo dimensionamento no projeto, que se mostrou insuficiente na prática foi o 'Item 5.6 Vibrações'. Este cita: '5.6.1 A fim de se evitarem fenômenos de ressonância, deve-se garantir que a frequência fundamental de vibração das barras verticais seja pelo menos 1,5 vez à frequência de formação dos vórtices na grade, considerando-a com uma obstrução de 25%, ou seja: f maior ou igual a 1,5fv. Os valores calculados para a relação entre as frequências f e fv, determinados pela norma, ficou em 2,155, satisfazendo a condição de projeto. Porém esta relação se mostrou ineficiente para os valores de frequência induzidos pelo reservatório, levando a ocorrências de graves falhas nas grades. Para tentar evitar este tipo de problemas recomenda-se que as grades sejam dimensionadas mediante a realização de um estudo prévio do comportamento do reservatório. Também, pode-se citar como outra recomendação, uma modificação neste valor de referência, sendo que o documento 'Critérios de Projeto Civil de Usinas Hidrelétricas', de 2003, utilizado pela Eletrobras, recomenda um valor superior, conforme texto 'O escoamento, ao passar através das grades, induz vibrações das barras, cuja frequência deverá ser mantida inferior a 1/3 da frequência natural das barras, a fim de se evitar fenômenos de ressonância, que possam provocar danos ou a própria destruição das grades.'

C) A COPEL encaminhou à Associação Brasileira de Normas Técnicas os problemas ocorridos com as grades da tomada d'água da UHE Gov José Richa? Sabe-se se há previsão para substituição ou revisão das NBRs canceladas?

A Copel questionou sobre o cancelamento e previsão de substituição ou revisão da norma, sobre os questionamentos a Copel recebeu como resposta da ABNT: a) Para validação, da norma em questão, a ABNT realizou uma consulta pública e consultou algumas partes interessadas, devido a não receber nenhum apontamento a norma foi cancelada. b) Após o cancelamento várias empresas do setor (fabricantes e consumidores de grades), se reuniram e procuraram a ABNT para resgatar e revisar a norma cancelada. Esta atitude fez com que a ABNT cria-se uma comissão para revisar e publicar novamente a norma, a comissão responsável por esta ação é a CE-004:007.003 Grades, Comportas e Condutos Forçados. Não foi mencionado uma previsão para finalização deste processo e lançamento da norma revisada.

3.21 - Metodologia para troca das Buchas Inferiores da Palheta Diretriz

CARLOS MURILO MENDES DA SILVA(1); LUCAS HENRIQUE DE ALMEIDA(1); FERNANDO WENTE CAVALCANTI(1); HENRIQUE GABRIELE BORDUQUI(2); JORGE VIDOZA GUILLEN(2); - HBA(1);CPFL(2);

O estudo proposto tem o objetivo de desenvolver uma metodologia para a troca das buchas inferiores da Palheta Diretriz em unidades geradoras que não possuem galeria anelar, sem a necessidade de desmontagem completa da unidade. Para isso, foi necessário estudar as principais possibilidades de adaptações nos componentes da turbina, em especial a Palheta Diretriz. A pesquisa propõe estudos de adaptação da palheta diretriz, transformando parte de seu corpo desmontável (posição) para facilitar a manutenção (troca, reparos) das buchas inferiores. Este estudo tem como ideia principal diminuir o tempo de manutenção na troca das buchas inferiores das Palhetas Diretriz, fazendo a substituição sem a necessidade de desmontar o gerador e todo o distribuidor da turbina em Unidades Geradoras (UG) sem galeria anelar.

Perguntas e respostas:

A) Para a solução de palheta com corte parcial, como será realizado a troca da bucha, pois a solução permite acesso a metade da bucha?

A bucha velha será sacrificada e substituída por um modelo bi-partido.

B) Para a solução de palheta em 3 partes, como será realizada a união das partes para suportar as elevadas tensões, uma vez que não há alteração nas dimensões da mesma tratando-se de uma máquina existente?

Está sendo estudado uma forma de inserção de pinos para garantir a rigidez, e após aplicar um processo de soldagem que está sendo desenvolvido.

C) Para a solução de palheta em 3 partes para uma máquina existente, a aplicação de squeeze (esmagamento das palhetas) seria reduzido em função da redução do momento de inércia polar do corpo da palheta?

Uma vez que estamos estudando a montagem de pinos, não é previsto que tenhamos problemas na aplicação do squeeze, porém essa verificação está prevista no estudo.

3.22 - Aportes da Indústria 4.0 para a Manutenção Baseada na Condição de Geradores Elétricos: a experiência de Itaipu Binacional

ANDRÉ TOMAZ DE CARVALHO(1); RENATO DE OLIVEIRA ROCHA(1); BRUNA DE ANDRADE BASTOS FONSECA(1); MONIQUE DA CRUZ BENEVENUTO(1); JOÃO ANTONIO FERREIRA(2); DIOGO RAFAEL CORREA MARQUES(2); ALEXSANDRA SANTANA DA SILVA(2); JOSÉ QUIRILOS ASSIS NETO(3); RODRIGO ANDRES ALFREDO RAMOS GALEANO(3); - CEPEL(1);PUC-Rio(2);IB(3);

A experiência de quase duas décadas após vultuosos investimentos em monitoramento de geradores em usinas de eletricidade mostrou que os resultados obtidos, embora significativos, permanecem aquém dos retornos esperados. Dentre diversos motivos apontados, destaca-se a dificuldade em traduzir os dados monitorados em informações úteis para a tomada de decisões. No entanto, toda a indústria está atualmente evoluindo rapidamente, apoiada em novas tecnologias com potencial de otimizar seus processos e a própria gestão de seus ativos. O presente artigo trata desta nova revolução industrial, que ficou conhecida como Indústria 4.0, seus impactos na engenharia de manutenção no setor elétrico, e de que forma essas tecnologias podem ser utilizadas na gestão de geradores de energia elétrica e outros ativos do setor, indo de encontro aos objetivos últimos da engenharia de manutenção. Como estudo de caso, é apresentada a arquitetura do Sistema Orientado ao Monitoramento de Ativos (SOMA), desenvolvido pelo CEPEL, e sua implantação no monitoramento de todas as unidades geradoras da Central Hidrelétrica de Itaipu.

Perguntas e respostas:

A) Os autores informam no texto que um expressivo exemplo de aplicação da Indústria 4.0 para a Engenharia de Manutenção foi reportado pelo AES Advisory Group, que afirma que "a empresa Global Process Industry informou ter perdido US\$ 20 Bilhões/ano (ou quase 5% de sua produção total) devido a paradas não programadas, sendo 80% dessas perdas evitáveis". Considerando o nível de perdas informado extremamente elevado, o investimento em reavaliação dos métodos de manutenção utilizados não poderia também proporcionar resultados expressivos de economia e a custos inferiores aos investimentos necessários para customizar plantas atuais para o modelo de Indústria 4.0?

O exemplo da GPI ilustra, de forma mais ampla, quão grandes podem ser os impactos de paradas não programadas na indústria, fato que também pode ser verificado no setor elétrico. Os objetivos da engenharia de manutenção são, precisamente, 1) aumentar a receita maximizando o tempo de operação e a eficiência dos equipamentos, 2) reduzir custos minimizando os tempos de parada e agendando intervenções somente quando necessário, e 3) reduzir riscos e aumentar a segurança de pessoas e equipamentos. Para atingir esses objetivos de forma ótima, é necessário buscar o paradigma da manutenção baseada na condição. Entretanto, a manutenção baseada na condição dos equipamentos só é viável quando há uma estrutura de aquisição de dados robusta, e ferramentas de análise eficazes. Esses são precisamente dois dos aportes mais significativos da Indústria 4.0 para a Engenharia de Manutenção, através da Internet das Coisas e da Computação Cognitiva. Por este motivo, a reavaliação dos métodos de manutenção utilizados aponta precisamente para o investimento na Indústria 4.0, fornecendo à engenharia de manutenção o estado da arte em diagnóstico e prognóstico de seus ativos.

B) Os autores informam que um histórico de investimentos pontuais do Cepel, por um lado, e de Itaipu, por outro, colocaram as bases para viabilizar a implantação do sistema SOMA-Matrix UG na maior usina hidrelétrica do mundo em produção de energia elétrica. Quais foram essas bases? Pode-se fornecer mais detalhes desse estudo de viabilidade?

Os itens 4.1 e 4.2 do IT descrevem investimentos históricos, tanto por parte do Cepel como por parte de Itaipu, em projetos de pesquisa que resultaram em produtos que hoje estão completamente alinhados com a revolução tecnológica da Indústria 4.0. Assim, os quatro pilares da Indústria 4.0 foram desenvolvidos de forma independente: o SOMA prevê uma robusta estrutura de Internet das Coisas; o ICA, juntamente com a modelagem da árvore de falhas dos geradores, consiste no núcleo de Computação Cognitiva; e o Rotmef, juntamente com a digitalização detalhada dos geradores, possibilita a criação de Sistemas Cyber-Físicos e dão suporte à Manufatura Aditiva de peças de reposição. A viabilidade da implantação da Indústria 4.0 na Engenharia de Manutenção de Itaipu é, portanto, fruto destes investimentos que produziram os ingredientes necessários para a sua integração no presente, o que faz de Itaipu, provavelmente, a primeira usina do mundo a incorporar em seus processos uma estrutura de Indústria 4.0.

C) Qual o percentual aproximado de implementação dos conceitos da Indústria 4.0 em Itaipu até o momento e qual o custo global? Os benefícios inicialmente projetados para a etapa foram atingidos?

Conforme mencionado no item 4.2 do IT, os recursos para a implantação do Sistema Matrix-UG vieram da indenização que Itaipu recebeu dos fornecedores de um sistema de monitoramento e diagnóstico anteriormente adquirido, o qual não atendeu minimamente aos requisitos técnicos estabelecidos em sua especificação técnica. Assim, ao invés de adquirir mais um outro sistema no mercado, Itaipu optou por investir na solução do Cepel e desenvolver em parceria um sistema que de fato atendesse às suas necessidades. O projeto em sua fase inicial implantou uma ampla estrutura de Internet das Coisas nas 20 unidades geradoras da usina, um sistema estável de aquisição e persistência de dados com suporte a monitoramento em tempo real, análises e emissão de relatórios de manutenção. Os objetivos desta etapa foram plenamente atingidos, e podemos afirmar que o sistema já modificou profundamente os procedimentos operacionais da Engenharia de Manutenção da usina. No entanto, o projeto está em andamento, e os pilares da Computação Cognitiva e dos Sistemas Cyber-Físicos têm previsões de implantação em 2020. Conceitualmente, poderíamos assim dizer que 50% dos conceitos da Indústria 4.0 já foram implantados na usina, a saber: Internet das Coisas e Manufatura Aditiva. Entretanto, os esforços nesta etapa corresponderam a mais de 80% do total previsto, em decorrência da instalação de uma massiva estrutura de hardware de aquisição de dados e de rede para disponibilizar cerca de 10 mil sinais em tempo real.

3.23 - Desafio de operação de unidades geradoras com restrição hídrica em uma grande usina.

JEFFERSON INÁCIO LOPES(1); ERIC RODRIGO DE MORAES(1); DALTON ROCHA AMARAL(1); ROBSON DE CARVALHO BRITO(1); AENDER DE PAULA MOURA(1); LUIS FERNANDO A PREHL JR(1); CRISTIANO DE MELO NASCIMENTO(1); MARCOS ANTONIO CIRINO(1); - CEMIG GT(1);

Este trabalho apresenta a experiência da Cemig GT na operação das Unidades Geradoras da Usina Hidrelétrica de Três Marias com o reservatório em níveis de armazenamento inferiores à queda nominal de projeto, tendo como desafio manter a integridade física dos hidrogeradores sob condições dinâmicas adversas para qual foram projetados. Nesse contexto, as opções de análise, os resultados do estudo, os ensaios e as respostas de engenharia para condição atípica de operação serão apresentados no trabalho, além de algumas questões relacionadas com as políticas públicas do setor, negociadas entre a Cemig GT e os órgãos reguladores.

Perguntas e respostas:

A) No período de 11/02/2014 a 30/04/2014 a UHE Três Marias operou com vazão defluente de aproximadamente 80 m³/s conforme Figura 6, abaixo da limitação operativa estabelecida até então. Dentre as situações operativas extremas citadas no IT, qual foi a configuração operativa adotada na usina na ocasião e por quê? Como se comportaram as UGs e demais equipamentos envolvidos

Com a montagem de uma instrumentação para monitorar/avaliar o comportamento dinâmico da máquina, tivemos a tranquilidade para fazer ensaios à medida que o reservatório ia baixando, fazer a faixa operativa com o objetivo de encontrar e adequar a potência mínima que garantiu também uma vazão mínima. Lembrando que a usina possui 6 unidades geradoras das quais apenas uma estava operando, o que não gerou nenhuma complicação para os demais equipamentos envolvidos.

B) O Sistema de Monitoramento on line citado no texto foi adquirido somente por conta da necessidade de monitoramento em vazões reduzidas? Quais os ganhos obtidos em função da instalação do equipamento?

Na verdade a usina já possuía um sistema da década de 90, onde a Cemig foi pioneira na instalação desse tipo de sistema de monitoramento, que para a época atendia, porém com o passar do tempo esse foi ficando obsoleto. Em função de vários fatores o upgrade desse sistema foi postergado, sendo os recursos liberados para aquisição em 2018. Os ganhos com o sistema são vários, como por exemplo o monitoramento remoto de BH facilitando e agilizando as tomadas de decisão, a redução de viagens para instalação de instrumentação que com isso reduz também o número de paradas de máquina o que também otimiza a operação das unidades geradoras, além de promover o acompanhamento preditivo evitando paradas desnecessárias para manutenção

C) A Cemig já instalou ou pensa em instalar o Sistema de Monitoramento on line em outras usinas em operação? Há estudos de viabilidade técnicos econômicos para tal?

Atualmente a Cemig possui instalados sistemas de monitoramento em todas as suas grandes usinas e em algumas PCH's, atualmente está em andamento um processo de modernização das usinas adquiridas em recente leilão da ANEEL que prevê a instalação de sistemas de monitoramento de condição, além de upgrade nessas outras onde os sistemas estão ficando obsoletos.

3.24 - Excitação de Frequências Portadoras no Conduto Forçado de uma Usina Hidrelétrica

DALTON ROCHA AMARAL(1); JEFERSON INACIO LOPES(1); AENDER DE PAULA MOURA(1); ROBSON DE CARVALHO BRITO(1); ERIC RODRIGO DE MORAES(1); LUIS FERNANDO A PREHL JR(1); CRISTIANO DE MELO NASCIMENTO(1); MARCOS ANTONIO CIRINO(1); - CEMIG GT(1);

O trabalho apresenta estudos desenvolvidos no conduto forçado da unidade geradora nº03 da UHE Itutinga no sentido de encontrar as causas de vibração acima do normal nesse componente. Foram realizados ensaios para verificação do comportamento dinâmico do conjunto unidade geradora e conduto forçado, onde foram monitoradas as amplitudes de vibração, oscilação de eixo, variação de pressão na caixa espiral e no tubo de sucção e tensões dinâmicas no conduto. É identificada a causa raiz do fenômeno de vibração do conduto, agravado no ano de 2011. Acredita-se que este fenômeno esteve presente na usina hidrelétrica desde o início de operação em 1955.

Perguntas e respostas:

A) O fenômeno de vibração relatado ocorre ou ocorreu apenas no conduto da UG 03 da UHE Itutinga? Se sim, os autores têm alguma ideia do por que da não ocorrência nos outros condutos, uma vez que aparentemente a disposição e montagem das UGs é bem semelhante?

Com relativa ênfase, sim. Cada conduto possui, apesar da semelhança, um comprimento, uma geometria, uma estrutura diferente. Na UG04, percebia-se a mesma excitação, contudo, a leve curvatura amenizava o efeito e NÃO potencializava o fenômeno.

B) Os autores informam no estudo que o fenômeno da vibração do conduto forçado da UG03 foi agravado em 2011. Questiona-se então como este fenômeno era percebido antes desse agravamento e o que foi preponderante para se decidir pela intervenção relatada?

Na verdade o fenômeno sempre existiu. O fato de ter vibrado por tanto tempo, fez com que fosse diminuída a relativa rigidez formada pelo próprio conduto, o aterramento e o concreto lá existente. Formou-se um "bolsão de ar entre estes elementos de rigidez e o conduto, liberando e facilitando o conduto de vibrar em sua frequência natural. No ano de 2010/11 a vibração foi realmente notada pelos mantenedores.

C) Os autores informam que a empresa de engenharia Sinergia recomendou a aplicação inicial de 04(quatro) anéis de reforço nas regiões mais solicitadas do conduto visando aumentar sua rigidez e, assim, atenuar as amplitudes de vibração, reduzindo, por conseguinte, as tensões atuantes na chapa. Por que então definiu-se pela instalação de apenas 3(três) anéis e qual a disposição destes em relação à montagem de 4 anéis recomendada?

Na verdade nas máquinas 01 e 02 existe um reforço com geometria que proporciona grande rigidez. A ideia seria reforçar com a mesma magnitude. Contudo, é sabido que qualquer reforço estrutural deslocaria a frequência natural para outro patamar de valor. A engenharia decidiu, primeiramente, fazer um "leve" reforço que demandaria mais rapidez para verificar a resposta dinâmica. Como a resposta foi muito além do esperado, manteve-se os reforços a um custo módico e também o acompanhamento sistemático das grandezas. Poderá haver rompimento por fadiga de algum destes reforços? Sim. Contudo, como já se sabe hoje que os limites de tensão estão muito aquém dos limites de ruptura do conduto, qualquer intervenção de correção poderá ser plenamente planejada.

3.25 - ANÁLISE MULTIFÍSICA EM REGIME PERMANENTE DA BARRA DE ESTATOR APLICANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

JOSÉ WILLIAM RIBEIRO BORGES(1); WELLINGTON DA SILVA FONSECA(1); FERNANDO DE SOUZA BRASIL(2); - UFPA(1);ELN(2);

A isolação elétrica é uma das principais causas de falhas em hidrogeradores, sendo assim é necessário realizar uma pesquisa acerca do sistema de isolamento da barra de estator. Portanto, o objetivo do informe é desenvolver a análise multifísica da barra de estator utilizando o Método de Elementos Finitos para verificar o comportamento elétrico, magnético e térmico em regime permanente. Dessa forma, é possível analisar aspectos relacionados à capacitância, estresses mecânicos e efeitos de temperatura, comparando, quando disponíveis, os dados obtidos via simulação com dados experimentais.

Perguntas e respostas:

A) Este método pode ser aplicado a todos os tipos de máquinas elétricas como em geradores ou motores refrigerados a água ou hidrogênio?

O FEMM possui em suas configurações ferramentas para definir condições de contorno, propriedades dos materiais, etc. que são capazes de desempenhar a convecção de fluidos em determinado problema. Dessa forma, é possível realizar análise de motores refrigerados, assim como geradores (www.femm.info/wiki/CoreLossCalculation). Além disso, as últimas atualizações do software permitem analisar casos de banda girante (sliding band) que contribui de forma significativa para a análise de máquinas rotativas.

B) Observa-se que o modelo matemático obtém resultados bem próximos da realidade. Este modelo pode ser utilizado para a fabricação de máquinas elétricas evitando-se grandes gastos com fabricação de protótipos?

Segundo o estudo do CNI (2016) "Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil", o Método de Elementos Finitos é uma das tecnologias utilizadas para simulação de modelos virtuais para projeto e comissionamento. A partir disso, observa-se que o modelo pode ser aplicado na fabricação de novos equipamentos, inclusive há exemplos na literatura que integram Algoritmos Genéticos para identificação de um melhor design para transformador minimizando perdas de enrolamento e núcleo (<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7817001>). Na indústria, a WEG aplica o Método de Elementos Finitos para garantir maior produtividade, melhor design e vida útil na etapa de prototipagem (WEG - Serviços em Geradores e Motores de Médio e Grande Porte).

C) Com este modelo é possível se desenvolver um dispositivo para predição de variáveis como temperatura, corrente, fluxo magnético aplicados em máquinas em funcionamento?

Atualmente, o LCADE-UFPA está trabalhando em um sistema que realiza o acompanhamento dessas variáveis utilizando IoT e Método de Elementos Finitos para motores de indução (http://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/eletrica/13_i4aeemdim.pdf). No entanto, a maior dificuldade encontrada é a velocidade de processamento que interfere no acompanhamento em tempo real da máquina.

Comentário: Trabalho bem elaborado, entretanto tem pequenos erros de digitação.

3.26 - IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E DIAGNÓSTICO INTELIGENTE DE ATIVOS NA UHE SANTO ANTÔNIO - DESAFIOS E OPORTUNIDADES

RÃ*MULO CÃ@SAR PEREIRA(1); ALEXANDRE DE OLIVEIRA(2); SANDERSON PEREIRA SIMÕES DE SOUZA(3); ALCIDES DONIZETE DE SOUZA(4); Duan Marcel Guimarães Pinto(5); - SAESA(2);SAESA(2);M&D(3);SAESA(4);SAESA(5);

O presente artigo tem como objetivo apresentar a solução de implantação e operacionalização, na Usina Hidrelétrica Santo Antônio, de um sistema computacional inteligente para monitoramento dos ativos críticos da Usina Hidrelétrica Santo Antônio, o qual é capaz de gerar diagnósticos e prognósticos de falhas nos equipamentos sob monitoramento, visando auxiliar as áreas de engenharia, operação e manutenção na tomada de decisão, de forma a reduzir o tempo de parada e a extensão das avarias nos equipamentos, consequentemente aumentando a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos da Usina.

Perguntas e respostas:

A) Os autores informam que os resultados alcançados pelo Sistema de Diagnóstico Inteligente de Ativos da UHE Santo Antônio até o momento corroboram com o elevado potencial do sistema para trazer ganhos substantivos no que tange a melhoria da confiabilidade dos ativos da Usina. Que resultados foram esses? Citem exemplos.

B) Quais as plataformas de hardware e software utilizados no Sistema? Qual o prazo de desenvolvimento e implantação e respectivo custo global?

C) O que definiu a decisão empresarial pela implantação desse Sistema na Usina Santo Antônio? Ele já estava contemplado no escopo original do empreendimento? Foi feito algum estudo de viabilidade técnico econômico para a sua implantação?

3.27 - Modelagem de descargas parciais em cavidades no isolamento de barras de geradores usando a teoria de campo

REINALDO CORRÃ LEITE(1); FABIO MOURA SARMENTO(1); - UFPA(1);

As empresas concessionárias de energia são cada vez mais levadas a buscar ações de planejamento que as mantenham competitivas no mercado. Desligamentos intempestivos causados por falhas em equipamentos causam transtornos tanto do ponto de vista econômico, pela aplicação de penalidades e perdas de receita como pelos danos à imagem da empresa por afetar a sociedade em geral no caso de grandes desligamentos. Descargas parciais (DP) são definidas como pequenas descargas que ocorrem no interior de cavidades existentes nos sistemas de isolamento sólidos ou bolhas em sistemas de isolamento líquida dos equipamentos elétricos existentes no sistema de potência. Falhas em uma das etapas associadas ao processo de manufatura de sistemas de isolamento elétrica, como por exemplo, uma falha na manutenção do vácuo durante o processo de impregnação de sistemas de isolamento papel óleo, permitem a formação de cavidades que são preenchidas com ar. Estas cavidades quando submetidas a elevados valores de estresse elétrico que ultrapassem a rigidez dielétrica do ar, provocam as descargas parciais. Estas descargas parciais produzem avalanches de elétrons e íons que se deslocam através da cavidade até se chocarem com as paredes da cavidade. Estes choques são impactos de alta energia que causam a deterioração do material e levam a falhas do equipamento que podem ser parciais ou totais. Portanto constata-se que a medição de descargas parciais é uma ação importante para a avaliação da vida útil do sistema de isolamento que, em última instância, determina a vida útil do equipamento. Como visto no parágrafo anterior, as falhas na isolação elétrica são um grande problema para os

equipamentos do sistema de elétrico de potência. A fim de preservar o funcionamento normal e reduzir a probabilidade de falhas e explosões, é imperativo prevenir e identificar essas falhas de antemão. Para máquinas rotativas, os problemas de isolamento mais comuns são desgaste da tinta condutiva, delaminação e quebra da isolação principal, devido a perturbações mecânicas, efeitos térmicos e vibração excessiva. Esses defeitos podem ser detectados por meio de sinais de descargas parciais. Este trabalho tem por objetivo desenvolver um modelo para descargas parciais em cavidades comuns no isolamento de barras de geradores usando o modelo de descargas parciais (DP) baseado na teoria de campo proposto por Pedersen usando como método numérico o Método dos Elementos Finitos (MEF). O modelo baseado na teoria de campo foi desenvolvido por Pedersen. Em sua teoria ele e considera que os transitórios que ocorrem durante a atividade de descargas parciais induzem uma carga Qi nos eletrodos do objeto sob ensaio, sendo estas cargas induzidas produto da distribuição de cargas nas cavidades do dielétrico devido a descarga parcial. No modelo proposto, a carga induzida não era produzida pela descarga de uma capacitância imaginária e sim pelo estabelecimento de um momento de dipolo na cavidade como consequência das descargas. Portanto durante o tempo necessário para o estabelecimento do momento do dipolo leva-se em conta apenas os campos de Poisson causados pelas cargas espaciais, uma vez que a tensão aplicada aos eletrodos de teste se mantém constante, pode-se desprezar os campos Laplacianos. O modelo numérico desenvolvido contemplou uma cavidade esférica inserida no isolamento de uma barra do enrolamento do estator. A simulação é feita em dois momentos: num primeiro momento modela-se a situação pré descarga, onde ainda não existem as cargas espaciais que darão origem ao dipolo elétrico. Nesta fase, são resolvidas equações de Laplace para calcular o campo produzido pela fonte externa. Numa segunda etapa, a partir do campo externo calculado anteriormente, determina-se a carga espacial que forma o dipolo e calcula-se o campo devido a estas cargas. Este campo, ao atingir valores da ordem do campo externo, distorce o campo na cavidade, na região onde se forma o dipolo, e provoca a descarga parcial. A carga que produziu o campo é a carga induzida pela DP nos eletrodos de um sistema de teste, sendo esta carga induzida uma medida da severidade da descarga parcial. O modelo desenvolvido poderá ser usado para estimar os efeitos das DP localizadas no sistema de isolamento de barras de geradores e gerar padrões Phase Resolved Partial Discharges (PRPD) de identifica-las e estimar sua severidade.

Perguntas e respostas:

- A) Como este estudo teórico poderia ser aplicado ao desenvolvimento de um produto final para análise de descargas parciais?
- B) A partir deste estudo seria possível avaliar o nível de descarga parcial destrutiva para um determinada máquina?
- C) Seria possível desenvolver um protótipo material para comparar os dados teóricos com os dados de ensaio?

3.28 - Desenvolvimento e Construção de Sistema Robotizado para Reparos de Falhas de Cavitação em Turbinas Hidráulicas

FILINTO ELISIO COSTA CUTRIM(1); ERICO GODOY VEIGA(1); DAVIDSON PEREIRA CAMPOS(1); CARLOS LOPES DA ROCHA(1); JOSE MAURICIO SANTOS TORRES DA MOTTA(2); CARMO GONÇALVES(1); - ELN(1);UnB(2);

Este trabalho apresenta um ROBOSOLDA que usa tecnologia de soldagem automatizada, reconstrução 3D, por visão e interface de controle. A soldagem é por camadas de solda elétrica Gás Metal Arc Welding. Foi desenvolvido para reparo da superfície das pás das turbinas hidráulicas com pás trincadas ou erodidas por cavitação. As várias etapas envolveram o desenvolvimento de algoritmo, otimização de sensor óptico, varredura a laser, estudo do processo GMAW, preenchimento de cavidade por camadas sucessivas, otimização de hardware programável, desenvolvimento de software para calibração do sistema óptico e de interface com o sistema de controle.

Perguntas e respostas:

- A) Qual a área que pode ser soldada por posicionamento / fixação do robô?

A área é de um anel com raio externo de 1,3m e interno de 0,70m, portanto de 3,8 m².

- B) Qual a taxa de deposição de soldagem (kg/h)?

A taxa de deposição é de 4,2 kg/h.

- C) Seria possível realizar o trabalho não conhecendo a geometria da pá, uma vez que não é comum possuir desenho do perfil da pá com suas coordenadas espaciais?

Não precisa conhecer o perfil da pá, pois o robô tem um sistema de visão que mapeia a superfície da pá em coordenadas 3D para soldagem nas próprias coordenadas do controlador do robô.

3.29 - DEFEITO NOS MANCAIS DO ANEL DE REGULAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA GOV. JOSÉ RICH A E CORREÇÃO ATRAVÉS DA ALTERAÇÃO DO PROJETO ORIGINAL

DIEGO ORLANDO DE BORTOLI(1); MARCELO FINATTO(1); JOSUÉ CARLO BETEMPS VAZ DA SILVA(1); ADRIANO MARQUES AFONSO(1); - Copel GET(1);

Apresentar a análise das falhas estruturais identificadas nos mancais do anel de regulação da turbina da unidade 02 da UHE GJR, durante a reforma do distribuidor da turbina ocorrida em 2015. Para identificar as causas dos defeitos foi realizada a revisão completa dos cálculos de projeto, sendo que para solucionar o problema houve a necessidade de alteração do material do composto autolubrificante, e alteração de projeto referente a área de cobertura dos mancais do anel de regulação para aumentar a uniformidade da distribuição de pressão. A adoção das soluções apresentadas permitiu adequar o equipamento aos novos cálculos de engenharia, e assim bloquear as causas dos defeitos normalizando a função da unidade geradora.

Perguntas e respostas:

- A) Não existe um sistema de monitoramento capaz de identificar o desgaste destes mancais auto lubrificadas?

Não existe monitoramento para este caso, no entanto é possível protocolar os desgastes (folgas) radiais e axiais através de deslocamento da peça, e com auxílio de relógios comparadores. O projeto do anel de regulação da UHE GJR (Salto Caxias) estabeleceu que a pista de deslizamento axial e radial ficasse disposta no diâmetro externo da peça. Isso significa que a pista ficou logo abaixo do flange de acoplamento com as bielhas das palhetas, resultando em local de difícil acesso. Por este motivo, mesmo que removidas as talas de aperto (mancais axiais superiores), existe dificuldade em inspecionar o local. Sendo assim, a medição de folgas ocorreu pelo processo supracitado. Antes da desmontagem do anel de regulação, tal protocolagem de folgas apresentou valores elevados no sentido radial, e principalmente no sentido axial. O desprendimento das placas axiais inferiores, e posterior movimentação, resultou em quadrantes do anel de regulação com apoio insuficiente, fazendo com que a peça perdesse altura elevando assim, de forma significativa, as folgas axiais. Existem projetos de anel de regulação com a pista axial e radial dispostas no diâmetro interno da peça, como por exemplo a UHE GBM (Foz do Areia), permitindo a remoção das talas de aperto (mancais axiais superior), e desta forma, facilitando inspeções visuais e protocolagens de folga.

- B) Este processo de reparo será aplicado às demais máquinas desta Central de Eletricidade?

Este processo está sendo replicado em todas as unidades geradoras desta usina hidrelétrica, sendo previsto para dezembro de 2019 a finalização da última unidade, desta forma, visando o bloqueio da causa fundamental das falhas.

- C) Os resultados obtidos estão sendo satisfatórios? Como se pode comprovar?

Sim. A comprovação prática é realizada através de protocolagens sistemáticas das folgas citadas, sendo que, desde a modificação do projeto na primeira unidade geradora, com a diminuição da pressão de operação nos segmentos auto lubrificantes, os valores medidos foram normais, indicando, desta forma, a ausência de falhas no local.

3.30 - Modelo de Avaliação de Vida Útil de Geradores

GERSON ANDRE BRAULIO(1); EDSON DA COSTA BORTONI(2); EDUARDO CRESTANA GUARDIA(2); - CEMIG GT(1);UNIFEI(2);

O trabalho apresenta os resultados de estudos de análises estatísticas de dados de falha de geradores do parque CEMIG e subsidiárias. Neste estudo de caso é aplicada a metodologia de cálculo da vida útil que leva em consideração o efeito do envelhecimento sobre a taxa de falha do equipamento [1]. A partir deste método são obtidos valores aproximados da vida útil do equipamento. Tal modelo tem como base os conceitos da área de Confiabilidade aplicados num modelo de mistura de funções de distribuição de probabilidade do tipo Weibull na forma da "Curva da Banheira".

Perguntas e respostas:

- A) Como o modelo de avaliação de vida útil proposto poderia ser utilizado para servir de base para estratégias de manutenção de geradores?

O estudo serve como mais uma ferramenta que, em conjunto com outras, pode nortear o melhor momento para uma reforma e desta forma maximizando a produção e reduzindo tempos de parada de máquina em comparação com a reforma sendo realizada após uma ocorrência.

- B) De que forma o método proposto poderia ser utilizado para auxiliar na definição de vida útil nos planos de negócios de novos empreendimentos de geração como sugere a Conclusão?

É mais um item a ser avaliado e considerado para a definição da vida útil deste equipamento e desta forma subsidiar os planos de negócio.

- C) No IT é observado que a falta de padronização dos projetos de geradores é a grande barreira encontrada por estes sistemas de diagnósticos, que prometem alguma relação com a expectativa de vida útil desses equipamentos. Pensa-se em alguma alternativa para o encaminhamento dos estudos destes sistemas de diagnósticos diante dessa constatação?

O ideal é que este estudo seja integrado a outros sistemas de avaliação de vida útil antes de se tomar uma decisão final sobre o estado do gerador. Outra forma é realizar o estudo separando os geradores avaliados em amostras com características semelhantes (potência, tensão, classe de isolamento, fabricante, etc).

3.31 - Diagnóstico de defeitos em unidades geradoras utilizando modelos matemáticos robustos

ALDEMIR AP CAVALINI JR(1); VALDER STEFFEN JR(2); Henrique G Borduqui(3); Márcio Lunardi Perin(4); Jorge Alejandro Vidoza Guillen(3); Marcus Vinicius de Santana(3); - UFU(1);UFU(2);CPFL Energia(3);CERAN(4);

Os defeitos que ocorrem em unidades geradoras (UGs) podem ser divididos em três grandes grupos: problemas devido às excitações hidráulicas, problemas de origem elétrica e problemas de origem mecânica. As flutuações de pressão no circuito hidráulico de uma UG são criadas pelo fluxo de água no interior da turbina, na interação deste fluxo com o distribuidor entrando no duto espiral ou por ondas estacionárias na água. A amplitude e o tipo de excitação dependem do ponto de operação da UG. Este e outros problemas podem ser observados nos espectros de vibração medidos diretamente nas UGs. Problemas de origem elétrica também afetam os espectros de vibração. A análise de tais sinais

permite detectar a natureza da falha ocorrida. De uma forma geral, os problemas elétricos se devem às forças desiguais ou mal distribuídas que atuam no rotor ou no estator do gerador. Tais forças podem surgir devido às seguintes razões: enrolamentos abertos ou em curto no rotor ou no estator, barra quebrada no rotor, desequilíbrio de fases e entreferro desigual ao longo do gerador. Os problemas de origem mecânica são os mais comuns de serem encontrados nas UGs. O desbalanceamento estará sempre presente na máquina em diferentes níveis. Além deste, o desalinhamento, a excentricidade do eixo, o roçamento (rubbing) do rotor, trincas no eixo, além dos problemas nos mancais de deslizamento, são defeitos mecânicos recorrentes. Com a análise dos espectros de vibração (e outros sinais monitorados; por exemplo, temperatura, tensão, corrente, potência, dentre outros), as UGs podem ser monitoradas continuamente e os defeitos que comprometem sua operação segura podem ser detectados. Contudo, a simples análise dos espectros medidos diretamente no sistema pode levar a detecções inconclusivas dos defeitos. Neste sentido, as técnicas de detecção de danos que associam diferentes sinais monitorados com o modelo matemático representativo do sistema (máquina virtual) são uma alternativa interessante que vem sendo cada vez mais utilizada por pesquisadores para a detecção de falhas. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma ferramenta computacional para auxiliar na detecção de defeitos que ocorrem em UGs, realizando o diagnóstico quando os sistemas de monitoração convencionais não são capazes de realizá-lo. Os defeitos que afetam o funcionamento de UGs são detectados através da solução de um problema inverso associado com o modelo matemático representativo da UG (máquina virtual representativa). Neste caso, os resultados obtidos pelo modelo são comparados com os espectros medidos diretamente na UG. Diferentes modos de falha são inseridos no modelo através de um método de otimização. O defeito é detectado quando a resposta do modelo se mostrar similar às respostas medidas experimentalmente. Destaca-se que os subsistemas que compõem uma UG possuem incertezas associadas à sua geometria (por exemplo, proveniente de desgastes) e regime de trabalho (por exemplo, a variação da temperatura do óleo dos mancais) que claramente afetam o desempenho do sistema. Desta forma, uma evolução natural da modelagem e otimização determinística é a implementação da análise de incertezas a fim de se obter um modelo mais representativo das UGs (modelo robusto), possibilitando uma melhor avaliação dos modos de falha sobre o comportamento dinâmico da máquina.

Perguntas e respostas:

A) Como este informe técnico poderia ser aplicado na prática?

B) Quais dados são necessários para se elaborar a máquina virtual?

C) A ferramenta de simulação, calibração e diagnóstico se baseia em equações matemáticas do modelo físico ou coleta dados de sensores e faz uma análise destes dados?

Comentário: Este Informe estava com excesso de páginas. (24 páginas). Agora está correto com 9 páginas.

3.32 - As alterações da Lei Federal nº 9.074/95 e seus impactos regulatórios na exploração de pequenos potenciais de energia hidráulica - Entendimentos sobre a Declaração de Utilidade Pública (DUP)

ADRIANA COLI PEDREIRA VIANNA(1); NICOLLE SAYURI FRANÇA UYETAQUI(1); GUILHERME MASSIGNAN BEREJUK(1); - Coli Adv(1);

A Lei 9.074/1995, alterada em 2016, dispensou de prévia autorização o aproveitamento de potenciais hidráulicos de até 5 MW, sujeitando-os ao regime do Registro. Isso inviabilizou a implantação de alguns projetos, pois atualmente o Registro não enseja a emissão de Declaração de Utilidade Pública e, conseqüentemente, dificulta a exploração fundiária. Para este estudo, levantou-se e analisou-se a legislação e a doutrina visando contribuir para o tema, considerando as peculiaridades da outorga de potenciais hidráulicos, seus efeitos no Setor Elétrico e sua natureza constitucional. Resultado: apresenta-se interpretações distintas quanto à emissão da DUP, para viabilizar a implantação dos potenciais de capacidade reduzida.

Perguntas e respostas:

A) Os autores afirmam que a Lei nº 13.360, de 2016, inviabilizou a implantação de alguns projetos de exploração de pequenos potenciais de energia hidráulica, à medida em que aproveitamentos até 5 MW não necessitam de emissão de Declaração de Utilidade Pública e, conseqüentemente, dificulta a exploração fundiária. Citem exemplos onde isso ocorreu.

B) Os autores têm conhecimento se a ANEEL elaborou algum estudo de impacto previamente à mudança estabelecida pela Lei nº 13.360, de 2016? Se não, não seria o caso de se estabelecer uma consulta à agência nesse sentido?

C) Os autores informam na Conclusão que a própria ANEEL entende que há casos em que se fundamenta a viabilidade jurídica para a outorga de natureza regulatória para empreendimentos de CGHs. Há exemplos desta situação em andamento ou próximo a ser estabelecido?

3.33 - Sistema de Monitoramento baseado na análise sonora em usinas hidrelétricas - Voith OnCare.Acoustic

ISABELA GAIBA FREITAS(1); FELIPE PERES SOZIO(1); ANDRE ALVES CUNHA(1); JOSE MANUEL NIETO DIAZ(1); - VH(1);

Este trabalho apresenta um novo método de monitoramento em usinas hidrelétricas baseado na análise sonora. Plantas hidrelétricas são cada vez mais automatizadas e operadas remotamente, o sistema de monitoramento pelo som atua como os ouvidos da usina em tempo integral. Esta tecnologia agrega positivamente nas ações de manutenção preditiva, técnica de manutenção necessária em usinas hidrelétricas que permite identificar precocemente uma anormalidade na sua fonte, reduzindo custos de manutenção, aumentando a disponibilidade e confiabilidade do sistema monitorado.

Perguntas e respostas:

A) Este sistema pode ser aplicado em todos os tipos de máquinas rotativas?

B) Quanto tempo leva para o sistema aprender a analisar falhas?

C) Há necessidade de se utilizar dois servidores em paralelo para maior confiabilidade do sistema?

3.34 - PEEK-Nova tecnologia aplicada em revestimento para mancal de escora, resultados da aplicação em um gerador

MAURO UEMORI(1); PIOTR NEUBAUER(2); OLIVIER BERCHTOLD(3); MICHEL SPIRIDON(4); - GE(1);GE(2);GE(3);GE(4);

O objetivo deste artigo é divulgar e promover o "PEEK", a nova tecnologia a ser utilizada em mancais de escora de hidrogeradores verticais em substituição ao tradicional metal patente. Serão apresentados as principais vantagens em termos de rendimento, temperaturas de operação, carga específica e manutenção. Também será apresentado os resultados de um comissionamento detalhado feito em um gerador onde esta nova tecnologia foi aplicada com sucesso.

Perguntas e respostas:

A) O revestimento PEEK reduz a vida útil da máquina em condição de operação flexível?

De fato, o PEEK tem melhor desempenho em regime de lubrificação mista do que o revestimento Babbitt convencional, por exemplo, durante partidas e paradas sem sistema de injeção de óleo a alta pressão. A GE possui referências de mancais axiais revestidos com PEEK desde 2003. A maioria deles não possui sistemas de injeção de óleo a alta pressão instalados.

B) É esperado um tempo de vida útil maior com o uso do revestimento PEEK

Sim, os mancais revestidos com PEEK devido à maior resistência mecânica, baixo desgaste e estabilidade térmica nos permitem esperar uma vida útil mais longa. Margens de segurança maiores tornam o mancal mais confiável e mais tolerante também em situações de emergência

C) Já existem aplicações industriais do revestimento PEEK?

Existem várias máquinas da GE em operação, tanto na primeira quanto na segunda geração do produto, desde 2003

Comentário: Faltou o endereço do autor principal

4.0 TÓPICOS PARA DEBATE

Para o debate podemos sugerir os seguintes tópicos:

Isolamento elétrico. Normais atuais de ensaios e especificamente para descargas parciais, Valores de aceitação para cada tipo de isolamento.

Sistemas de monitoramento e o uso da inteligência artificial

Métodos de reparos de núcleos magnéticos de máquinas e ensaios após os reparos

Novos tipos de mancais não lubrificadas.

Regulamentos Brasileiros para localização, construção de novas usinas hidrelétricas.

Sistemas de localização de novos aproveitamentos utilizando drones e satélites.

Modelagem matemática de fenômenos físicos, novos softwares e os mais utilizados.

Sistemas de monitoramento utilizando fibras óticas e sistemas acústicos.

Evolução da soldagem de turbinas devido a cavitação e desgaste.

5.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 1

POR INTERMÉDIO DA ADAPTAÇÃO DAS NORMAS DEVE-SE EVITAR ENSAIOS COM ALTO STRESS DA ISOLAÇÃO DAS MÁQUINAS DE GERAÇÃO, PARA QUE PRESERVE A NATUREZA DO ENVELHECIMENTO NATURAL DAS MÁQUINAS

6.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 2

FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E MODELAMENTO NUMÉRICO BEM COMO CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0 DEVEM CONTINUAR SENDO DESENVOLVIDOS E UTILIZADOS DE FORMA INTEGRADA E OTIMIZADA AOS SISTEMAS DE MONITORAMENTO, PROPICIANDO MAIOR ASSERTIVIDADE ÀS ANÁLISES DE DIAGNÓSTICO PREDITIVO DAS MÁQUINAS

7.0 CONSTATAÇÕES FINAIS 3

OS PROCESSOS ROBOTIZADOS NAS ATIVIDADES DE REPARO E MANUTENÇÃO EM TURBINAS SÃO IMPORTANTES PARA A MELHORIA DE PRAZOS, PRECISÃO E ECONOMICIDADE, ALÉM DE AMENIZAR OS ESFORÇOS HUMANOS NESTAS ATIVIDADES