

Grupo de Estudo de Produção Térmica e Fontes não Convencionais (GPT)

RELATÓRIO ESPECIAL PRÉVIO

Heloisa Cunha Furtado - CEPEL
Paulo Henrique Ramalho Pereira Gama - B&G
Emerson Camilo Costa - Cemig GT

1.0 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nos últimos 40 anos, destacam-se na economia mundial um grande progresso tecnológico e o aumento da competição internacional, retroalimentados pela intensificação de investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação Tecnológica (P&D+I), que atualmente são pautados pelo desenvolvimento sustentável, com foco na responsabilidade social e ecológica, objetivando uma melhor qualidade de vida humana e a preservação do meio ambiente. Somente a incorporação de P&D+I ao processo produtivo possibilita a geração de produtos e serviços com maior conteúdo tecnológico e, portanto, maior valor agregado. Entretanto, esta não tem sido, historicamente, uma opção firme e consistente da indústria brasileira. Um fator decisivo para os parcos investimentos em P&D+I no Brasil tem sido a baixa adesão das empresas privadas, devido ao longo prazo e as incertezas de retorno. A alocação de recursos financeiros em quantidade suficiente e de modo constante também é uma das condições fundamentais para o adequado desenvolvimento das atividades de P&D+I. Entretanto, os investimentos nacionais nesta área são freqüentemente contingenciados, como se verifica na atual crise político-econômica. Para minimizar efeitos indesejáveis no futuro, o Ministério da Ciência, Tecnologia & Inovação (MCTI) deve se empenhar no sentido de assegurar suas previsões orçamentárias, e as estratégias de médio e longo prazo da política econômica devem reforçar as medidas de estímulo à P&D+I, para garantir a recuperação do crescimento no mercado interno. Nos programas de fomento e apoio à P&D+I, há uma burocracia no sistema de controle legal e contábil, que se preocupa excessivamente com a maneira de sua execução em vez do resultado. Na avaliação sistemática destes resultados, deve-se buscar a conciliação de amplo aprendizado tecnológico; resultados econômico-financeiros positivos tanto para a população, como de valorização dos profissionais e das empresas; diversificação de produtos e serviços; aplicação e disseminação do conhecimento; e preservação da propriedade intelectual. Ainda é grande o desafio para que a maior parte das novas tecnologias, desenvolvidas no setor elétrico brasileiro, tenha aplicação prática, resultando em melhoria da qualidade do serviço e gerando resultados econômico-financeiros positivos, tanto para as empresas e seus profissionais, como para os consumidores, na forma de modicidade tarifária. No setor elétrico, continuam sendo temas estratégicos para P&D+I: transmissão em ultra-alta tensão, com ênfase em longa distância, para escoamento da energia nova gerada na região Norte do país; novos modelos de planejamento e operação do sistema eletroenergético: para garantia e segurança do abastecimento de energia elétrica, o Sistema Interligando Nacional (SIN) necessita ser cada vez mais dinâmico e eficiente: suportando variações complexas e constantes, devido ao aumento da utilização de fontes alternativas intermitentes e de comportamento desconhecido ao longo dos anos; gerenciando usinas hidrelétricas (UHEs) a fio d'água da região Norte e grandes reservatórios das demais regiões; eliminando gargalos de transmissão entre diferentes regiões e sub-mercados, garantindo a complementação da oferta de energia e diminuindo os problemas sazonais de períodos de secas e cheias das bacias hidrográficas; otimização dos ativos existentes, que inclui reforma, modernização e/ou repotenciação; aumento da qualidade de energia, que ainda requer estímulos mais adequados para que as empresas se engajem nos programas de eficiência energética e projetos de redes elétricas inteligentes ("smart grids"); energias renováveis, com foco nas fontes de maior potencial para o País (hidráulica, biomassa, biogás, eólica e solar), abrangendo as áreas não cobertas pelos programas de biodiesel e de etanol; e economia do hidrogênio, que objetiva alcançar, no Brasil, o seu uso comercial como combustível nas próximas duas décadas. O Brasil caracteriza-se por uma política dividida entre aspectos regulatórios e de planejamento estatais e a promoção da expansão da geração por meio da concorrência. Assim como outros países emergentes, o setor elétrico brasileiro experimenta uma dinamização, com as seguintes tendências: aumento da diversificação da matriz; aumento da utilização de fontes alternativas e renováveis; ampliação das redes de transmissão até localidades remotas e investimentos em tecnologias de transmissão à longa distância. No planejamento de longo prazo do governo ainda permanece a tendência predominante de expansão de UHEs. Como a exploração dos potenciais remanescentes na região Norte do país não possibilita a construção de grandes reservatórios, verifica-se uma sensível redução na capacidade de regularização da energia disponível, consolidando a transição para complementação e dependência de UTEs, cada vez mais despachadas na base. Nas próximas décadas, espera-se um aumento expressivo da utilização de GN, além dos potenciais eólico, solar fotovoltaico e biomassa (bagaço de cana de açúcar e cavaco de madeira). A combinação entre os aspectos estatais e de mercado no Brasil poderia funcionar de maneira mais eficiente, se a política de expansão da geração de energia elétrica no Brasil, com aumento da utilização dos recursos já explorados e incorporação daqueles ainda não explorados, promovesse maior segurança e atratividade para as empresas geradoras e transmissoras, incluindo: padronização da realização dos leilões; publicação clara e coerente dos critérios de escolha da participação e exclusão das fontes energéticas de cada leilão; otimização da coordenação entre as atividades de geração e transmissão, para evitar novos atrasos em obras de LTs; e planejamento cada vez mais integrado com o setor brasileiro de petróleo e GN.

2.0 CLASSIFICAÇÃO DOS INFORMES TÉCNICOS

O Escopo do GPT (Grupo de Estudo de Produção Térmica e Fontes não Convencionais) inclui:

- Tecnologias e concepção geral de usinas termelétricas (óleo, carvão, gás, nuclear, etc.), cogeração e processos não convencionais para geração (biomassa, células a combustível, solar, eólica, maremotriz, geotérmica etc.).
- Especificação, projeto, fabricação, instalação, operação e modernização de usinas termelétricas, seus sistemas, componentes e equipamentos em geral (exceto transformadores e equipamentos de manobra).
- Estudos de viabilidade.
- Aspectos de confiabilidade e segurança operacional e física.
- Estudos técnicos para especificação de equipamentos das usinas termelétricas, incluindo estudos de compatibilidade das especificações dos equipamentos com os requisitos do sistema interligado.
- Combustíveis (fósseis, renováveis e nucleares): inventário, caracterização, compra, transporte, recebimento, manuseio, estocagem, técnicas de combustão e disposição/utilização de rejeitos e resíduos.
- Sistemas e equipamentos para controle e redução de emissões.
- Geração distribuída.
- Sistemas de armazenamento de energia.

A classificação a seguir foi baseada nos temas principais dos Informes Técnicos:

2.1. Fontes Renováveis de Energia - biomassa (uso direto, biodigestores, gaseificadores, álcool, biodiesel etc), biogás e resíduos sólidos urbanos, eólica, solar (térmica e fotovoltaica), maremotriz, ondas, geotérmica, hidrogênio e célula a combustível, queima de rejeitos por tecnologia do plasma

Subtemas:

- Viabilidade técnico-econômica e ambiental;
- Projeto, construção e operação de empreendimentos para atendimento de sistemas elétricos isolados e interligados;
- Levantamento da disponibilidade de biomassa em cada região do Brasil, em especial, bagaço de cana, óleos vegetais, casca de arroz e casca de frutos típicos da região amazônica, utilização de vinhoto como combustível para acionamento de grupos geradores. Armazenadores de energia. Prever possíveis integrações destas fontes renováveis ao smart grid. Prever a integração de recuperação energética nos Programas e Gerenciamento de Resíduos, através de PPP (Parceria Público Privado);
- Políticas públicas de incentivo de aproveitamento energético através de UTE de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos);
- Relação otimizada de utilização entre fontes renováveis de energia e fontes despacháveis;
- Desenvolvimentos de técnicas de armazenamento de energia;
- Pesquisa, desenvolvimento e inovação associados ao tema.

Informes Técnicos: GPT-01; GPT-04; GPT-09; GPT-10; GPT-11; GPT-16; GPT-17; GPT-18; GPT-19; GPT-20; GPT-23; GPT-25; GPT-26; GPT- 27; GPT-28; GPT-29 e GPT-30

2.2. Geração Distribuída – cogeração (bagaço de cana, palha de arroz, lixo urbano, gás de alto forno etc), células a combustível, microturbinas, células fotovoltaicas etc.

Subtemas:

- Aspectos técnicos, econômicos e ambientais;
- Projeto e implementação;
- Sistemas híbridos autônomos, parâmetros de regime permanente e transitório;
- Tecnologias de geração viáveis de conexão (para integração) ao smart grid;
- Pesquisa, desenvolvimento e inovação associados ao tema.

Informes Técnicos: GPT-07; GPT-21; GPT-22 e GPT-24

2.3. Usinas Termelétricas (UTES) interligadas ao sistema elétrico - Gás Natural, Gás de Xisto, Carvão e Nuclear

Subtemas:

- Análise de desempenho e regime operacional, métodos de revitalização e repotencialização;
- Sistema isolado com óleo diesel , biodiesel e logística de suprimentos;
- Técnicas para preservação de UTE em paradas de longo prazo;
- Testes hidrostáticos e testes de comprovação de disponibilidade de UTE. Comparação e custos;
- Experiência com sistemas de proteção, controle ambiental e tratamento de rejeitos, monitoração on line de UTE, controle da vida remanescente de tubulações através da espessura da camada de óxidos.

Informes Técnicos: GPT-02; GPT-03; GPT-05; GPT-12; GPT-13; GPT-14 e GPT-15

2.4. Aspectos associados a máquinas térmicas, compreendendo turbinas e geradores e seus sistemas de proteção, auxiliares e regulação de tensão e de velocidade.

Subtemas:

- Especificação, projeto, fabricação, instalação e ensaios;
- Operação, manutenção, monitoramento, modernização e desempenho.

Informes Técnicos: GPT-06 e GPT-08

2.5. Redução de emissão de CO₂

Subtemas:

- Regulamentação do mercado de carbono no Brasil;
- Redução das emissões desses gases de efeito estufa em usinas termelétricas incluindo captação e armazenamento de CO₂;
- Novas tecnologias de combustão.

Não foram apresentados Informes Técnicos classificáveis neste Tema.

2.1 182 Fontes Renováveis de Energia - Biomassa (uso direto, biodigestores, gaseificadores, álcool, biodiesel etc), biogás e resíduos sólidos urbanos, eólica, solar (térmica e fotovoltaica), maremotriz, ondas, geotérmica, hidrogênio e célula a combustível, queima de rejeitos por tecnologia do plasma

- 13 - EXPLORAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO LAGO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA ATRAVÉS DE PAINÉIS FLUTUANTES
- 274 - EFICIÊNCIA E INTEGRAÇÃO ENERGÉTICAS NA CONJUGAÇÃO DE BIORREFINARIAS E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS
- 286 - APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA PARA MELHORIA DA OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA
- 318 - PROJETO DE PLANTA DE WASTE-TO-ENERGY NO BRASIL COM ALTA EFICIÊNCIA MEDIANTE CONSUMO DE PEQUENA QUANTIDADE DE GÁS NATURAL OU BIOGÁS
- 134 - ANÁLISE DO IMPACTO DA TEMPERATURA PARA O APROVEITAMENTO DO POTENCIAL SOLAR FOTOVOLTAICO DO BRASIL
- 233 - METODOLOGIA PARA COMPARAÇÃO DE SISTEMAS SOLARES COM CONCENTRAÇÃO
- 287 - CONFIGURAÇÕES OTIMIZADAS DE UMA PLANTA SOLAR COM CONCENTRAÇÃO DO TIPO TORRE CENTRAL NA ÁREA LIMITADA DO TERRENO DESTINADO À PLATAFORMA EXPERIMENTAL DE ENERGIA SOLAR
- 524 - MITIGAÇÃO DE PROBLEMAS DE ESTABILIDADE DE TENSÃO EM SISTEMAS COM ELEVADOS MONTANTES DE PARQUES EÓLICOS VIA CONTROLADORES DE AEROGERADORES E STACOM/COMPENSADORES ESTÁTICOS
- 152 - ASPECTOS CONTRATUAIS RELEVANTES PARA ACEITAÇÃO DE AEROGERADORES APÓS A OPERAÇÃO EM TESTES: VISÃO DO CLIENTE
- 320 - IMPACTO DA PERDA DE DADOS ANEMOMÉTRICOS NA ESTIMATIVA DO RECURSO EÓLICO
- 12 - DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA DETERMINAR OS PARÂMETROS DE GERADOR DE ÍMÃS PERMANENTES
- 40 - COMPARAÇÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DE PROJETOS ON&OFF GRID COM DIFERENTES TECNOLOGIAS INSTALADAS NO NORDESTE BRASILEIRO
- 46 - PRODUÇÃO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM CUSTO OPERACIONAL REDUZIDO
- 180 - COMPARAÇÃO DE CÁLCULO DE PRODUÇÃO EÓLICA UTILIZANDO WINDFARMER, OPENWIND E WINDSIM EM TERRENO COMPLEXO NA BAHIA, BRASIL.
- 457 - O EFEITO LENTE E A SUA INFLUÊNCIA NA OPERAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA NO NORDESTE BRASILEIRO
- 188 - NOVA ABORDAGEM PARA CONTROLE DE REGIME DE LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE ATRAVÉS DE ANÁLISE NÃO-LINEAR
- 201 - IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS EÓLICOS NO BRASIL ATRAVÉS DO MODELO DE MESOESCALA BRAMS: APLICAÇÃO DE AJUSTES ESTATÍSTICOS
- 363 - EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DOS CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS FOTOVOLTAICOS NOS LEILÕES DE ENERGIA

2.2 183 Geração distribuída, cogeração (bagaço de cana, palha de arroz, lixo urbano, gás de alto forno etc.), células a combustível, microturbinas e células fotovoltaicas.

- 250 - COMPORTAMENTO E CAUSA MORTIS DE BATERIAS CHUMBO ÁCIDO: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS X ENSAIO NORMALIZADO ESPECÍFICO
- 368 - ANÁLISE ENERGÉTICO-ECONÔMICA DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COGERAÇÃO À BASE DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL PARA APLICAÇÕES RESIDENCIAIS
- 186 - CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E INSTALAÇÃO DO PRIMEIRO SISTEMA HÍBRIDO ON E OFF GRID SIMULTÂNEO DO BRASIL

2.3 184 Usinas Termelétricas (UTES) interligadas ao sistema elétrico - Gás Natural, Gás de Xisto, Carvão e Nuclear

- 78 - DIAGNÓSTICO DA INSTRUMENTAÇÃO PARA GESTÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UNIDADES DE GÁS E ENERGIA
- 539 - PRESERVAÇÃO DA PLANTA EM LONGO PERÍODO DE PARADA USINA TÉRMICA DE ARAUCÁRIA
- 7 - MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE MÁQUINAS SÍNCRONAS DE POLOS LISOS PELO MÉTODO DA REJEIÇÃO DE CARGA.
- 118 - CURTO CIRCUITO ENTRE FASES NO ENROLAMENTO ESTATÓRICO DE UM TURBOGERADOR DE 131MW LIÇÕES APRENDIDAS
- 497 - DIAGNÓSTICO DE BALANÇO HÍDRICO EM USINAS TERMELÉTRICAS E UNIDADES DE TRATAMENTO DE GÁS DA PETROBRAS

2.4 185 Aspectos associados a máquinas térmicas, compreendendo motores, turbinas e geradores e seus sistemas de proteção, auxiliares e regulação de tensão e de velocidade.

- 42 - SISTEMA PARA DETECÇÃO DE FALHAS EM TURBOGERADORES UTILIZANDO ANÁLISE DA ASSINATURA ELÉTRICA E COMPONENTES SIMÉTRICAS
- 50 - EXPERIÊNCIA COM O MODO DE FALHA SPARK EROSION NO BOBINADO ESTATÓRICO DE TURBOGERADORES DE 200 MVA
- 209 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZANDO TECNOLOGIA OPC PARA CONSTRUÇÃO DE MODELOS LÓGICO-MATEMÁTICOS DE UMA TURBINA A GÁS HEAVY DUTY

2.5 186 Redução de emissão de CO₂

3.0 RELATÓRIO SOBRE OS INFORMES TÉCNICOS

3.1 - EXPLORAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NO LAGO DA USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA ATRAVÉS DE PAINÉIS FLUTUANTES

PEREIRA, J.L.M.(1); CONCEIÇÃO, F.W.S.(1); RAMOS, V.M.(2); SOUSA, A.R.M.D.(2); NUNES, M.V.A.(2); - ELN(1); UFPA(2);

A geração de energia solar tem vantagens em relação a outras formas de geração de eletricidade, o grande problema é a exigência de grandes áreas em solo e seu custo. Uma nova alternativa, como as usinas solares compostas de placas coletoras flutuantes, pode amenizar este tipo de situação. Estas placas flutuantes podem ser instaladas em qualquer ambiente aquático, diminuindo não só o uso de áreas de terra, assim como aumentar as perspectivas de geração. Essa ideia está sendo estudada e aplicada na superfície do lago da Usina Hidrelétrica de Balbina, município de Presidente Figueiredo (AM).

Perguntas e respostas:

A) Comente sobre a vida útil e as questões de degradação dos painéis flutuantes comparativamente aos convencionais (terrestres). Os problemas de corrosão são mais significativos? Quais as medidas preventivas? E seus possíveis impactos sobre os custos de manutenção?

A expectativa de vida útil dos painéis flutuantes é superior a 20 anos, assim como a dos painéis terrestres. Os problemas de corrosão são menos significativos em função da tecnologia do material empregado na estrutura, pois os trilhos utilizados são de EPDM ou alumínio e por sua vez os Flutuadores são de polietileno de alta densidade resistentes aos raios UV, sendo também capaz de suportar ventos de até 53m/s. Como medidas preventivas se faz necessário citar que em função dos materiais especiais empregados no sistema de painéis flutuantes terem um tempo de vida útil de aproximadamente 20 anos, além das vantagens de: Baixo impacto na instalação e operação, ocupando área não agricultável; Maior eficiência dos painéis pela redução da temperatura proporcionada pela proximidade da água; Maior eficiência na transmissão de energia pelo resfriamento dos cabos submersos; Redução da evaporação de reservatórios; Redução do desenvolvimento de algas em reservatórios; A necessidade imediata de medidas preventivas e possíveis impactos sobre o custo de manutenção só podem ser realmente definidas após o tempo de expectativa de vida útil do sistema que é de 20 anos

B) Quais são os métodos típicos de ancoramento e aterramento elétrico dos painéis flutuantes? Que impactos eles provocam no local/reservatório?

A estrutura flutuante é ancorada através de linhas de amarração, que são adaptáveis às flutuações do nível da água e o cabeamento é colocado no lugar. A ancoragem é um dos principais componentes de qualquer projeto solar flutuante, e uma informação batimétrica precisa é crucial para o projeto de uma usina de longa duração. Todo o sistema deve ser projetado para resistir a riscos ambientais a longo prazo, como condições de chuva, neve e vento. O vento tem a maior incidência na integridade da estrutura e deve ser uma prioridade de projeto para qualquer projeto de PV flutuante. Todos os componentes elétricos devem ser suficientemente fortes para condições de vento intensas, bem como impermeáveis, resistentes ao pó e capazes de funcionar de forma confiável em temperaturas extremas. Um sistema PV flutuante é cabado da mesma forma que os sistemas montados no solo, exceto que as caixas de junção (NEMA 4 X mínimas) montadas nas matrizes flutuantes estão conectadas a inversores terrestres utilizando um cabo DC marinho flexível ou um cabo CC normal protegido em uma conduta flutuante impermeável e vedada adaptada. O principal equipamento elétrico está localizado no aterro para manutenção fácil e segura em todos os momentos. Necessariamente como se trata de material que necessita ser substituído ao longo do tempo, de acordo com o seu tempo de vida útil e funcionalidade, os impactos locais e na área do reservatório podem ser considerados praticamente mínimos nesse sentido.

C) Quais os projetos existentes no Brasil com painéis flutuantes? Em quais países o uso de painéis flutuantes é mais significativo?

No Brasil, as aplicações piloto de usinas solares fotovoltaicas flutuantes estão em Presidente Figueiredo, no Amazonas, em Sobradinho, na Bahia, e em Goiás provavelmente serão multiplicadas pelo Brasil, já que a estiagem e o regime de chuvas menor nos últimos anos, em determinadas regiões, têm reduzido as possibilidades de geração hidroelétrica. Na represa do Rio Tâmisia (Inglaterra). Operando há cerca de 1 ano, é a maior instalação flutuante de painéis solares da Europa, com a meta de abastecer até 2020, 30% de toda a energia demandada pela estação de tratamento de água associada, uma das maiores do Reino Unido. A China, por sua vez, anunciou no mês passado a conclusão das instalações e o início do funcionamento da maior usina solar flutuante do mundo, com 40MW, na região de uma antiga mina de carvão na cidade de Huainan. Podemos citar também países como : Japão , Estados Unidos, França, Índia, Indonésia, Israel, Itália, Malásia, Holanda, Cingapura, Coreia do Sul, Suécia, Tailândia e Reino Unido.

3.2 - EFICIÊNCIA E INTEGRAÇÃO ENERGÉTICAS NA CONJUGAÇÃO DE BIORREFINARIAS E GERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE FONTES RENOVÁVEIS

FURTADO, J.G.D.M.(1); - CEPEL(1);

O conceito de biorrefinaria representa uma interseção entre as tendências energéticas e da indústria química no mundo contemporâneo, uma vez que numa biorrefinaria os recursos biomássicos são processados de forma sustentável com o intuito de produzir um espectro de produtos comercializáveis e de energia. A associação entre biorrefinaria e geração distribuída proporciona condições de maximizar o aproveitamento das biomassas e otimizar a integração e a eficiência energética do empreendimento como um todo. Nesse contexto, o presente trabalho avalia a utilização da biomassa lignocelulósica, a qual apresenta elevada disponibilidade e baixa competitividade com a produção de alimentos, como matéria-prima de biorrefinarias para produção conjunta de açúcares, etanol, furfural, bio-óleo e energia elétrica. Os resultados evidenciam que o empreendimento é caracterizado pelo elevado investimento, mas que também existem boas perspectivas em termos de impactos econômicos, ambientais e integração material-energética.

Perguntas e respostas:

A) Quais os tipos de biomassa que podem ser utilizados na geração de energia, combustíveis e produtos químicos?

Existe enorme variedade de recursos biomássicos que podem ser empregados. É claro que a seleção dos tipos de biomassa é fundamentalmente dependente da disponibilidade local ou regional, inclusive tendo-se em vista a redução de custos de transporte. De forma geral, os recursos biomássicos podem ser classificados em três grupos básicos em função de sua origem: (1) As culturas energéticas, como a soja, o girassol e o milho, que representam essencialmente a energia solar armazenada na biomassa (tipicamente de rápido crescimento e grande volume) e, do ponto de vista energético, são consideradas para a produção de biocombustíveis; (2) Os resíduos agrícolas e florestais, os quais são gerados na colheita de cereais, nas podas e cortes de árvores, como palhas, pontas das podas, resíduos de limpeza e desrama/desbaste de florestas, sendo especialmente adequados para a utilização como fontes de energia para as próprias unidades agrícolas no sentido de aumentar o rendimento das cadeias de cultivo; e (3) Os subprodutos e resíduos orgânicos que são gerados no processamento da biomassa para fabricação de produtos alimentares e que podem ser valorizados energeticamente, incluindo os resíduos orgânicos das agroindústrias, os efluentes da agropecuária e os resíduos do processamento industrial da madeira e de fibras vegetais; os resíduos orgânicos incluem também os resíduos domésticos e as lamas dos efluentes domésticos e industriais.

B) Como fica a questão da intensificação do uso de biomassa em biorrefinarias e em geração distribuída frente à produção de alimentos?

Particularmente em relação à biomassa lignocelulósica isso não se apresenta como um problema, pois seu potencial de competitividade com a produção de alimentos é baixo, sendo ainda minimizado quando se considera seu uso na produção de combustíveis de segunda geração (a partir de bagaços, folhas, palhas, troncos, etc., tipicamente frações da biomassa não empregadas na alimentação). Além disso, dependendo das condições, pode ocorrer a utilização de outras culturas que não afetem a alimentação (p. ex., o algodão e o pinhão-mansão). Evidentemente, no caso mais geral essa competição pode existir, o que dará margem a soluções mais específicas ou setoriais (consorciamento de culturas, áreas complementares, etc.).

C) Quais as principais iniciativas, projetos e perspectivas para as biorrefinarias no Brasil e no Mundo? Como se tem dado a integração com a área energética?

Atualmente, tanto no Mundo quanto no Brasil, existem diversos empreendimentos e projetos envolvendo biorrefinarias, ainda que em diferentes estágios de desenvolvimento tecnológico, pois, atualmente, muitas das tecnologias de conversão química para fabricação de bioprodutos encontram-se em franco desenvolvimento e nem todas estão disponíveis em diferentes escalas. Dessa forma, quando se considera o conceito amplo de biorrefinaria, pode-se contabilizar nessa área diversos tipos de instalações ou arranjos que processam alguma biomassa e resultam na produção de bioprodutos e/ou bioenergia. De forma mais restrita e específica, quando se considera uma visão multipropósito e multiproduto em plantas industriais com crescente grau de integração material-energética e com foco no aproveitamento mais eficiente da biomassa, certamente o número de biorrefinarias é menor, mas ainda assim, já existem várias plantas comerciais operando no Mundo (com destaque para algumas dezenas na Europa, EUA e Japão) e no Brasil (neste caso associadas principalmente com as áreas de papel-celulose, sucroalcooleira e soja-biodiesel), além de outras em escalas de demonstração ou piloto. Também a integração das biorrefinarias com a área energética é crescente em todo o mundo, uma vez que tanto os biocombustíveis quanto a bioenergia (elétrica e térmica) são típicos produtos de base das biorrefinarias, sendo os produtos químicos (com diferentes graus de valor agregado) os demais bioprodutos (geralmente produzidos em menores volumes). A estratégia geral para otimizar essa integração é fundamentalmente incrementar a eficiência de geração de energia a partir dos recursos biomássicos residuais/secundários menos relevantes para a produção de bioprodutos materiais.

3.3 - APLICAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA PARA MELHORIA DA OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

PIERONI, T.(1);DOTTA, D.(2);Nanni, M.(3);Motta, R.T.(4); - FEEC/UNICAMP(1);FEEC/UNICAMP(2);FEEC/UNICAMP(3);FEEC/UNICAMP(4);

Nos últimos anos, verifica-se a necessidade de incorporação de novas fontes de geração nos Sistemas de Energia Elétrica (SEE). Nesta conjuntura, as fontes de energia eólica ganham forte impulso. Um dos principais desafios relacionados à geração intermitente é o controle de frequência, que é projetado para corrigir dos desvios causados por variações na carga/geração. Este trabalho tem como objetivo estudar a aplicabilidade de dispositivos de armazenamento de energia, do tipo baterias, para a melhoria do controle de frequência em SEE com alta penetração de geração eólica.

Perguntas e respostas:

A) A regulação de frequência tem sido considerada um dos primeiros mercados para aplicação de sistemas de armazenamento de energia, principalmente para as tecnologias de baterias, volantes de inércia (flywheels), supercapacitores de alta potência e SMES. Em termos de projetos e perspectivas de evolução e de custos como está a competição entre essas tecnologias?

A seguir são apresentadas as características de cada uma das tecnologias (CHEN et al., 2009): Baterias de Íon-Lítio: - Apresentam eficiência entre 90 e 95%; - Possuem autodescarga baixa, entre 0,1 a 0,3% por dia; - O tempo de descarga varia de minutos até horas; - Têm custo entre 600 ? 2.500 dólares/kWh e de 1.200 a 4.000 dólares por kWh; - Suportam de 1.000 a 5.000 ciclos ao longo da vida; - São indicadas para armazenamento de médio prazo; - São novas ao meio ambiente, devido aos resíduos tóxicos. Flywheels: - Apresentam eficiência entre 90 e 92%; - Autodescarga elevada, próxima de 100% ao dia; - O tempo de descarga varia de milissegundos até 15 minutos; - Têm custo de investimento inicial de 1.000 a 5.000 dólares/kWh e 250 a 350 dólares/kWh; - Suportam mais de 20.000 ciclos ao longo da vida; - São indicadas para armazenamento de curtíssimo prazo; - Têm baixíssimo impacto ambiental; - Necessitam de conversão para a energia elétrica, dado que suas energias são armazenadas na forma de energia cinética. Supercapacitores: - Apresentam eficiência entre 90 e 95%; - Auto descarga média, em torno de 20 a 40% por dia; - O tempo de descarga varia de milissegundos até 1 hora; - Têm custo entre 300 e 2.000 dólares/kWh e 100 a 300 dólares/kWh; - Suportam mais de 50.000 ciclos ao longo da vida; - São indicadas para armazenamento de curto prazo; - Têm baixo impacto ambiental. Supercondutores (SMES): - Apresentam eficiência entre 92 e 95%; - Auto descarga entre 10 e 15%; - O tempo de descarga varia de milissegundos até 8 segundos; - Têm custo entre 1.000 e 10.000 dólares/kWh e 200 a 300 dólares/kWh; - Suportam mais de 100.000 ciclos ao longo da vida; - São indicadas para armazenamento de curto prazo; - Têm baixo impacto ambiental, entretanto a sua operação gera fortes campos magnéticos; - Necessitam de um sistema de refrigeração e considerável espaço de instalação. As tecnologias estão em fase de desenvolvimento e nenhuma delas atingiu o nível de maturidade (CHEN et al., 2009). Sistemas híbridos de armazenamento, conjugando baterias com outras tecnologias, vêm sendo avaliados com o intuito de aproveitar de forma otimizada as características de cada uma das tecnologias. O custo das baterias tende a cair nos próximos anos. Tomando como referência a bateria com custo de aproximadamente 600 dólares/kWh atualmente, a projeção desse custo está abaixo de 500 dólares por kWh a partir de 2021 (RYAN; ECKHOUSE, 2017). CHEN, H. et al., "Progress in electrical energy storage system: A critical review", Progress in Natural Science, vol.

19, pp. 291-312, 2009. RYAN, J.; ECKHOUSE, B., "The Age of the Giant Battery Is Almost Upon Us", February 2017. Disponível em: < <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-02-21/big-batteries-coming-of-age-prompt-bankers-to-place-their-bets>.> Acesso em: 05/09/2017.

B) A situação na qual o parque eólico também participasse da regulação de frequência poderia ser avaliada com base no estudo de modelagem e simulação desenvolvido? Quais os requisitos, abordagens e métodos sofreriam alterações? Nesse caso, os sistemas de armazenamento (no caso, baterias) tenderiam ser ainda mais disseminados em menores blocos ao longo do sistema (SEE) como um todo?

Existe a possibilidade de realizar simulações com base no modelo desenvolvido neste trabalho, onde os geradores eólicos participam da regulação de frequência, embora o modelo de parque eólico proposto neste trabalho não considere o controle de frequência. Para o parque eólico participar da regulação de frequência é necessário implementar uma estratégia de controle. Em Rêgo (2017), o autor cita possíveis estratégias de regulação primária de geradores eólicos, que poderiam ser adaptadas na modelagem proposta do parque eólico. Em geral, a estratégia de controle das plantas de geração eólica tende a otimizar a extração de energia disponível no vento, operando no ponto máximo de extração (MPPT - Maximum Power Point Track). Para habilitar os geradores eólicos a participarem do controle de frequência, é necessário que eles operem com uma reserva de potência ativa, sendo esta forma de operação denominada deloaded mode. A participação do parque eólico na regulação de frequência não está relacionada com a disseminação de baterias em menores blocos ao longo do sistema. A opção pela distribuição de baterias com capacidades menores de armazenamento em diferentes pontos do SEE, em vez de uma bateria com capacidade maior em apenas um ponto, tem como objetivo diminuir a capacidade de potência instalada por parte da bateria. RÉGO, L. D. O., "Análise do impacto da geração eólica na regulação de frequência de Sistemas de Energia Elétrica", Dissertação de Mestrado, COPPE, UFRJ, Rio de Janeiro, Março de 2017.

C) O que se pode dizer quanto aos sistemas híbridos de armazenamento, conjugando, por exemplo, baterias e flywheels ou supercapacitores, notadamente tecnologias com diferentes tempos de resposta, em termos de impactos sobre a regulação de frequência e estabilidade do SEE?

Um sistema híbrido com baterias e supercapacitores é uma alternativa para evitar a degradação da bateria devido aos frequentes ciclos de carga/descarga no Sistema de Energia Elétrica (SEE). Em Kim, Raghunathan e Raghunathan (2014), os autores apresentam um estudo onde avaliam a solicitação de injeção de energia de um sistema de regulação de frequência por meio de baterias. Neste trabalho observou-se que a variação do estado de carga das baterias fica dentro de uma faixa estreita, em torno de 5%, na maior parte de tempo. Portanto, a inclusão de supercapacitores de pequena capacidade, que irá fornecer energia nas pequenas flutuações de frequência, pode reduzir o desgaste das baterias. Como benefício adicional, o supercapacitor fornece alta eficiência energética em seu ciclo de operação (KIM; RAGHUNATHAN; RAGHUNATHAN, 2014). A integração de supercondutores (SMES) com baterias melhora o controle de frequência primário em SEE, contribuindo para a melhoria da estabilidade do sistema, e também prolonga o tempo de vida da bateria, pois o dispositivo de armazenamento fica mais protegido de ciclos frequentes de curto prazo e de correntes abruptas (LI, 2017). KIM, Y.; RAGHUNATHAN, V.; RAGHUNATHAN, A., "Design and Management of Hybrid Electrical Energy Storage Systems for Regulation Services", International Green Computing Conference (IGCC), November 2014, TX, United States. LI, J. et al. "Design/test of a hybrid energy storage system for primary frequency control using a dynamic droop method in an isolated microgrid power system", Applied Energy, Vol. 201, pp. 257-269, September 2017.

Comentário: 1) O resumo ultrapassa 100 palavras. Sugiro revisar.

3.4 - PROJETO DE PLANTA DE WASTE-TO-ENERGY NO BRASIL COM ALTA EFICIÊNCIA MEDIANTE CONSUMO DE PEQUENA QUANTIDADE DE GÁS NATURAL OU BIOGÁS

TISI, Y.S.A.B.(1);RIBEIRO, S.G.(1); - WTER(1);

Usinas que geram energia elétrica a partir da queima de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), conhecidas como WTE (Waste-to-Energy), são utilizadas na maioria dos países desenvolvidos, tendo como finalidade propiciar o aproveitamento energético e eliminar os aterros e seus impactos insustentáveis e devastadores ao meio ambiente. Com o objetivo de viabilizar a implementação de usinas WTE no Brasil, apresentam-se propostas para incremento da geração de energia com utilização de usina híbrida com Ciclo Combinado Otimizado (CCO), criação de um novo marco regulatório e uma política de desoneração fiscal e de encargos incidentes sobre a comercialização da energia.

Perguntas e respostas:

A) Considerando-se a substituição (total ou parcial) do gás natural por biogás em usinas WTE-CCO, em que escala (toneladas/dia de RSU, número de habitantes da região, capacidade instalada de geração de energia elétrica) seria viável o empreendimento no Brasil? Em quais circunstâncias básicas?

B) O que se pode dizer sobre a comparação entre as usinas de incineração WTE e aquelas a plasma térmico? Estas últimas são, de fato, mais compactas e eficientes? E os custos?

C) Dado que existem diversas usinas de incineração WTE mundo a fora, pode-se considerar que as tecnologias estão bem estabelecidas (a menos de aperfeiçoamentos incrementais)? Então, para aplicações no Brasil, os desafios não são tecnológicos, mas sim de ordem regulatória e de gestão de resíduos sólidos, incluindo a ausência de uma política de incentivos? Como atuar nesse quadro?

3.5 - ANÁLISE DO IMPACTO DA TEMPERATURA PARA O APROVEITAMENTO DO POTENCIAL SOLAR FOTOVOLTAICO DO BRASIL

SIMIONI, T.(1);SCHAEFFER, R.(1); - COPPE/UFRJ(1);

Este trabalho apresenta uma metodologia de avaliação das regiões do país com maiores rendimentos no aproveitamento solar fotovoltaico, através do cálculo dos potenciais reais considerando a temperatura de operação como fator determinante para a eficiência. A metodologia deste trabalho compreende uma modelagem matemática para avaliar o impacto da temperatura no aproveitamento solar fotovoltaico brasileiro com a elaboração de mapas corrigidos de energia real. Os principais resultados obtidos mostram que o impacto da temperatura de operação das células fotovoltaicas é expressivo na identificação das regiões com maiores potenciais solares reais e que a eficiência elétrica pode ser reduzida em até 15%.

Perguntas e respostas:

A) Na Tabela 1 são indicados valores máximos e mínimos dos parâmetros tecnológicos considerados. Quais os valores para a temperatura de referência? Quantos fabricantes / dados foram consultados para obtenção da média?

A Tabela 1 apresenta a variação dos valores obtidos a partir da pesquisa de 12 fabricantes e 41 modelos diferentes de módulos de silício policristalino. Os valores de temperatura de referência variam conforme cada modelo de equipamento.

B) O potencial real foi determinado com base nos valores médios dos parâmetros tecnológicos, indicados na Tabela 1? Você conclui que a redução da eficiência real no Brasil pode chegar a valores de 15% em termos locais e que, na região Sul, a redução é menor. Por outro lado, as diferenças entre valores médios e máximos (ou mínimos) indicados na Tabela 1 também é cerca de 15%, ou um pouco maior. Seria correto afirmar que o efeito na eficiência dos painéis, decorrente da escolha do fabricante é maior do que o efeito da variação da eficiência em função da temperatura?

O potencial real foi avaliado apenas para a eficiência média (15,86%). Este valor médio foi obtido visando utilizar o que seria uma "eficiência média do mercado", baseada nos maiores fabricantes mundiais. Os valores menores e maiores de eficiência não foram considerados na análise. O estudo conclui que a variação de 15% ocorre para o caso dos coeficientes médios (eficiência de 15,86% e coeficiente de temperatura de 0,00415°C⁻¹). Nos casos de outros pares de coeficientes essa variação pode ser maior ou menor que 15%, pois, esta variação depende diretamente dos coeficientes do módulo em uso, mas também das condições meteorológicas locais. A escolha do fabricante permitirá ter diferentes perdas na eficiência, porém o comparativo regional tende a ser o mesmo. Nas regiões frias e com incidência de ventos (Sul) a eficiência será sempre menos impactada, independente do fabricante.

C) Sua modelagem matemática foi realizada em planilhas Excel. Nesta modelagem, cada ponto no território nacional corresponde a uma linha na planilha? Quantos pontos foram utilizados?

Cada ponto corresponde a uma linha. No total são 87586 pontos, o que corresponde à divisão do território em áreas quadradas de 10 x 10 km.

3.6 - METODOLOGIA PARA COMPARAÇÃO DE SISTEMAS SOLARES COM CONCENTRAÇÃO

LISSBOA, P.D.A.(1);VIEIRA, L.D.S.R.(1);GUIMARÃES, A.P.C.(1);ALVES, M.S.(2); - CEPEL(1);UNIFE(2);

Este Informe Técnico apresenta uma metodologia de comparação entre sistemas solares com concentração por meio da definição de indicadores de desempenho e de custo normalizados. Com base nestes indicadores foi calculado um índice global, para comparação dos sistemas, todos com potência líquida de 1MWe e simulados utilizando-se um programa computacional desenvolvido em linguagem MATLAB. Foram avaliados sistemas que utilizam fluido térmico e sistemas de geração direta de vapor. No bloco de potência, foram consideradas diferentes alternativas para os fluidos de trabalho: água ou fluidos orgânicos, operando em ciclos Rankine subcríticos ou supercríticos.

Perguntas e respostas:

A) Por que foram escolhidos como referência apenas projetos de baixa potência, inferior a 5MW?

O trabalho de pesquisa foi realizado no âmbito do projeto Helioterm do CEPEL, que contempla como objetivo final a construção de uma planta heliotérmica experimental, de pequeno porte (1MWe). Portanto, as potências das plantas estudadas no presente trabalho encontram-se na mesma faixa de grandeza.

B) No cálculo do indicador global, foram atribuídos pesos iguais para os indicadores normalizados. Existe alguma referência para adotar esta atribuição?

Na medida em que a metodologia proposta é nova, não foram obtidas referências com relação aos pesos dos indicadores normalizados. A metodologia proposta tem

por base o cálculo de indicadores de desempenho e custo normalizados e, portanto, a escolha dos pesos de cada indicador pode ser livremente realizada em cada análise. Os pesos atribuídos interferem no resultado final (conclusões) mas, do ponto de vista metodológico, não há modificações. Em um trabalho futuro, sugere-se avaliar o efeito da escolha destes pesos no resultado final, com base na metodologia proposta.

C) Os indicadores NS1 (eficiência líquida global) e NS3 (relação de potência reserva) são equivalentes?

Ambos os indicadores referem-se a eficiências do sistema, porém eles não são iguais. O indicador NS1 compara a energia elétrica líquida da planta com a energia térmica cedida pelo campo solar. O indicador NS3 compara a energia elétrica líquida da planta com a energia elétrica utilizada internamente no sistema. Portanto, no indicador NS3, diferentemente do indicador NS1, não estão sendo contempladas as ineficiências relativas ao processo de transformação da energia de térmica em energia elétrica. Ambos os indicadores refletem a eficiência do sistema, porém o NS3 é mais sensível aos aspectos de bombeamento da planta, que dependem do fluido de trabalho e de suas condições de operação.

3.7 - CONFIGURAÇÕES OTIMIZADAS DE UMA PLANTA SOLAR COM CONCENTRAÇÃO DO TIPO TORRE CENTRAL NA ÁREA LIMITADA DO TERRENO DESTINADO À PLATAFORMA EXPERIMENTAL DE ENERGIA SOLAR

GUMARÃES, A.P.(1);VIEIRA, L.D.S.R.(1);LISBOA, P.D.A.(1); - CEPEL(1);

Este trabalho tem como objetivo avaliar as configurações possíveis de uma planta heliotérmica com tecnologia de torre central para ser instalada numa determinada área do terreno destinado à Plataforma Experimental de Energia Solar, localizado nas proximidades de Petrolina. Neste terreno já estão previstas as instalações de duas plantas com tecnologias distintas: heliotérmica (1MWe) e fotovoltaica (3MWe). Desta forma, foram avaliadas diversas alternativas para instalação de um sistema com e sem armazenamento térmico na área disponível, variando-se o tamanho da torre, o tamanho do campo solar, a potência do gerador e o tempo de armazenamento. Entre as alternativas avaliadas, foram selecionadas aquelas que resultam em maior geração de energia e menor custo de geração.

Perguntas e respostas:

A) Quais as referências de custos utilizadas na avaliação dos sistemas?

Foram considerados os valores-padrão (?default?) do SAM (System Advisor Model) para calcular o custo dos sistemas e para calcular o valor da energia gerada. Os valores dos custos da energia gerada foram adimensionalizados, pois, assim, as diferenças entre referências não afetam o objetivo da avaliação.

B) Como foram definidas as dimensões dos espelhos nas simulações realizadas?

Utilizou-se dimensão reduzida (6mx6m) pois, em função da limitação do terreno, as simulações com dimensões maiores de espelhos apresentaram resultados menos otimizados.

C) Quais os valores de temperatura do vapor e qual o tipo de sistema de resfriamento utilizado nos cálculos?

As temperaturas do vapor para as simulações da tecnologia de torre não são apresentadas pelo programa SAM. São apresentadas a temperatura do fluido de transferência de calor (que alcança 470 oC) e a pressão do vapor (80 bar). Mas para efeito do dimensionamento do campo solar o que importa é a eficiência do ciclo cujo valor nas diversas simulações foi de 25%.

3.8 - MITIGAÇÃO DE PROBLEMAS DE ESTABILIDADE DE TENSÃO EM SISTEMAS COM ELEVADOS MONTANTES DE PARQUES EÓLICOS VIA CONTROLADORES DE AEROGERADORES E STACOM/COMPENSADORES ESTÁTICOS

RAMOS, A.J.P.(1);FILHO, J.S.V.D.N.(1);SENA, D.J.G.D.(1);VALENCA, R.B.(1);RAMOS, J.B.(1); - ANDESA(1);

O atraso de linhas de transmissão planejadas para o escoamento da geração eólica tem como consequência um sistema de transmissão com importantes áreas fragilizadas e vulneráveis em especial na região Nordeste. Áreas de grande densidade de geração eólica na região Nordeste, estão submetidas ao risco de estrangulamento severo da transmissão por ocasião da perda intempestiva de linhas de transmissão resultando em condições críticas de controle de tensão. O trabalho analisa as contribuições dos controladores das CGE e, dos Compensadores Estáticos (CE) ou STATCOM no controle e restabelecimento do sistema após contingências que levam a níveis moderados de estrangulamento, passíveis de controle via injeção de potência reativa.

Perguntas e respostas:

A) Pelos resultados, tanto o CE como o Statcom apresentaram-se eficientes e desempenhos semelhantes. Existiria uma situação mais apropriada de uso de um verso o outro?

Na maioria dos casos estudados o desempenho CE versus Stacom são semelhantes. Entretanto, em situações especiais as características inerentes de cada um pode fazer a diferença. O CE(uma susceptância controlável) responde com potencia reativa proporcional ao quadrado da tensão enquanto o Stacom (uma fonte de corrente controlável) esta relação é apenas proporcional. Em casos de tensões baixas esta diferença pode representar um diferencial importante.. Por exemplo, com uma subtensão de 90% a potencia reativa do CE fica reduzida a 81% do nominal enquanto a do Stacom fica limitada a 90%..

B) Do ponto de vista econômico, saberiam dizer os autores quanto a custos de investimento e O&M dos sistemas CE e STATCOM?

Embora não temos números reais de mercado, podemos informar que o Statcom representa um investimento maior para uma mesma potência. Entretanto a decisão de qual deve ser escolhido não é só de custo. As questões de espaço físico (Stacom muito menor), desempenho e custos de manutenção (Stacom menor) entre muito outros fatores, podem ter influencia na decisão. Temos a expectativa de que a evolução da tecnologia e dos respectivos custos tende a tornar o Stacom mais competitivo em breve futuro. Stacom híbridos têm sido ofertado no mercado supostamente a preços muito competitivos notadamente para valores menores de potência reativa para aplicações em parques eólicos e solares.

C) Os autores sugerem o uso dos sistemas de controle CE e Statcom para que faixa de potência do parque eólico? Seriam também necessários para micro e mini geração?

Difícilmente seria economicamente justificável a instalação de um CE ou Stacom para garantir o desempenho adequado de um parque eólico ou solar individualmente. Entretanto em situações críticas de grande concentração de geração eólica/solar poderia ser a melhor solução técnica e possivelmente também econômica caso seja viável, sob a ótica de legislação, uma solução compartilhada por vários agentes.

Comentário: 1) A qualidade da Figura 2 (a) e (b) está ruim para impressão e visualização. Precisam ser melhoradas. 2) Sugere-se fazer algumas pequenas revisões de português no texto. 3) O título ultrapassa duas linhas. Precisa ser ajustado.

3.9 - ASPECTOS CONTRATUAIS RELEVANTES PARA ACEITAÇÃO DE AEROGERADORES APÓS A OPERAÇÃO EM TESTES: VISÃO DO CLIENTE

FERREIRA, R.F.(1);PEREIRA, G.(1); - ELETROSUL(1);

De 2011 a 2016 a Eletrosul realizou investimentos em complexos eólicos em um montante de 799,99 MW, totalizando 410 aerogeradores, figurando a empresa como um agente gerador importante do mercado de energia eólica nacional (1). Sendo cliente de cinco fornecedores diferentes e utilizando seis modelos de aerogeradores, a empresa obteve uma experiência diversificada nas filosofias de comissionamento e operação em testes dos aerogeradores. Este artigo vai apresentar a experiência da empresa na análise da operação em teste de alguns aerogeradores em diferentes condições contratuais, e propor alguns adendos que visam melhorar a qualidade do recebimento deste equipamentos.

Perguntas e respostas:

A) O período de testes foram ao mesmo para os quatro aerogeradores? As condições de vento incidente em cada um dos aerogeradores nos períodos de avaliação foram semelhantes?

Para alguns aerogeradores o período de testes foi de 120 horas. Para outros aerogeradores o período de testes foi de 240 horas. Para cada aerogerador havia uma condição diferente de vento. Os testes foram feitos em meses diferentes.

B) Existe registro dos testes realizados no aerogerador nº 4 após a reprovação? Os problemas de desligamento continuaram? Existe alguma cláusula mais rígida quando ocorre a primeira reprovação?

Sim. Após a empresa sanar o problema, os testes foram repetidos e o aerogerador foi aprovado. Havia um problema no sistema de resfriamento do aerogerador. O mesmo causava sobre aquecimento no gerador. Não existe cláusula mais rígida, o comissionador, inclusive, solicitava a aprovação em outros períodos, mesmo sem o defeito estar sanado. Vários aerogeradores foram aprovados mais de uma vez (para um determinado fabricante).

C) Após a realização dos estudos a Eletrosul implementou as sugestões apresentadas no artigo para novos contratos? Existe algum impacto nos custos em decorrência das novas exigências?

Não, a Eletrosul ainda não implementou as mudanças. A Eletrosul não assinou nenhum novo contrato nos anos de 2016 e 2017. Não tenho como mensurar impacto no custo e como os contratos com os fornecedores de aerogeradores é padrão, não sei se as sugestões são possíveis de implementar (pelo a curto prazo), acredito que vai depender da necessidade dos fabricantes de vender aerogeradores - oferta x demanda. Como o custo do trial operation é de 5% a implantação, acaba-se não dando a atenção necessária.Seria importante que a engenharia de manutenção conseguisse mensurar os malefícios em aceitar um aerogerador defeituoso.

Comentário: 1) Seria importante melhorar o texto da figura 1 e da figura 5, pois em caso de impressão a mesma fica um pouco ilegível. 2) Existem alguns erros de

português que precisam ser melhorados. Solicita-se uma revisão completa.

3.10 - IMPACTO DA PERDA DE DADOS ANEMOMÉTRICOS NA ESTIMATIVA DO RECURSO EÓLICO

FERREIRA, T.V.B.(1);WENDEL, M.(2);David, P.A.M.(3); - EPE(1);EPE(2);EPE(3);

Como condição para aceitação de dados anemométricos nas habilitações técnicas de empreendimentos eólicos cadastrados para leilões de energia, a Portaria nº 21/2008 do Ministério de Minas e Energia estabeleceu que os períodos contínuos de ausência de medições não superassem 15 dias. Este estudo avalia se esse requisito de perda contínua pode ser menos rigoroso quando se dispõe de séries anemométricas mais extensas. O impacto da perda é quantificado através do intervalo de confiança para a média de uma amostra de dados, cujo valor é determinado numericamente simulando uma perda hipotética de dados e analisando o comportamento estatístico da média.

Perguntas e respostas:

A) Seria possível realizar uma análise comparativa de perdas de dados com estações anemométricas que apresentem dados mais longos de outros países para validar as análises de perda de dados realizadas?

A análise comparativa poderia, em princípio, ser realizada. No entanto, entendemos que, rigorosamente, não seria simples validar os resultados deste Informe Técnico com base nessa análise, uma vez que não há garantia de que os regimes de vento sejam equivalentes entre os países. Uma validação desse tipo dependeria de um estudo mais detalhado a respeito do fenômeno físico e do comportamento observado para o vento em cada região.

B) O que acham os autores caso sejam feitos os estudos para outras curvas de aerogerador além do modelo Gamesa G114 2.1MW? Quais as variáveis mais relevantes que podem impactar mais ou menos nas perdas?

De fato, uma das recomendações para trabalhos futuros citadas no Informe Técnico é que seja feita uma avaliação do impacto da perda para outras curvas de potência. A adoção de um modelo de aerogerador diferente por localidade, inclusive cuja classe seja compatível com cada regime de vento, seguramente contribuiria para melhorar a qualidade dos resultados. Embora esse estudo não tenha sido realizado, podemos esperar que uma das variáveis que afetaria significativamente os resultados com base em potência seria a velocidade nominal, isto é, a velocidade na qual se atinge a potência nominal do aerogerador (tipicamente a potência máxima).

C) Seria possível validar os dados de perdas com estações mais antigas no Brasil e não somente as que foram instaladas para os leilões?

Entendemos que seria difícil (talvez impossível) validar os resultados deste Informe Técnico com base em medições de estações mais antigas no Brasil, pois novamente não há garantia de que os regimes de ventos sejam equivalentes. Os empreendedores interessados em participar dos leilões buscam aquelas localidade com maior potencial eólico, enquanto que muitas das estações mais antigas não tiveram sua localidade selecionada com base nesse mesmo critério. Além disso, a altura de instalação dos anemômetros das estações mais antigas era, em geral, significativamente mais baixa.

3.11 - DESENVOLVIMENTO DE MÉTODO PARA DETERMINAR OS PARÂMETROS DE GERADOR DE ÍMÃS PERMANENTES

KUCHENBECKER, W.E.(1);TEIXEIRA, J.C.(1); - UFABC(1);

RESUMO Os ensaios normalizados utilizados nas máquinas síncronas convencionais não são adequados para aplicação em máquinas síncronas a ímãs permanentes. Nessas máquinas, o fluxo rotórico é fixo e as indutâncias são pequenas impossibilitando, assim, a realização dos ensaios normalizados em máquinas de potência elevada, como as utilizadas na geração eólica. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento do ensaio de degrau de tensão para a determinação dos parâmetros dessas máquinas e a sua comparação com os métodos tradicionais. O método de degrau de tensão desenvolvido é baseado numa fonte de tensão simples: uma bateria. Suas vantagens são a simplicidade e a adaptabilidade a qualquer potência de máquinas elétricas com ímãs permanentes. Sua desvantagem é a dificuldade de conseguir um nível de tensão constante durante o ensaio, o que exige o uso de um algoritmo de redução dos resíduos quadráticos. Como o fluxo resultante é fortemente dependente do ímã, e forças elevadas surgem durante o ensaio, é fundamental o correto posicionamento do rotor para a obtenção das indutâncias L_d e L_q de eixo direto e em quadratura respectivamente, características dos modelos. A validação desse método foi realizada usando o ensaio de curto-circuito instantâneo e o método de rotor posicionado, ambos normalizados. Para a determinação da indutância de eixo direto (L_d), foi possível comparar os resultados dos três métodos: degrau de tensão, curto-circuito instantâneo e rotor posicionado. Já no caso da indutância de eixo de quadratura (L_q), foi determinado somente pelo degrau de tensão e pelo método do rotor posicionado, pois, pelo ensaio de curto-circuito instantâneo, não é possível determinar o L_q . Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de indutâncias de eixo direto obtidas nos diferentes métodos. Já no eixo em quadratura da máquina ensaiada, com ímãs enterrados, as indutâncias são influenciadas pelo nível de saturação e os resultados são, assim, dependentes da corrente aplicada. O método desenvolvido pode ser utilizado para a análise do efeito da corrente nesta indutância.

Perguntas e respostas:

A) Para máquinas de ímãs permanentes de médio e grande porte, como aquelas utilizadas em usinas eólicas, como é esperado conseguir, com boa precisão, o alinhamento do rotor nos eixos q e d , já que nessas máquinas não se espera o mesmo alinhamento conseguido no protótipo de laboratório utilizado no artigo?

Máquinas de muitos polos são mais difíceis de alinhar, qualquer variação pode causar grandes erros. Por isso, é necessário muito cuidado. A fonte CC para criar o campo do eletroímã do estator deve ser de potência maior, assim é possível o movimento do rotor e o correto posicionamento. Com os dois eixos d 's determinados, o q é o meio deles.

B) Como se pretende, na prática, compensar o efeito da tensão variável da bateria na validação do modelo, principalmente em máquinas de médio e grande porte, onde a abordagem de parâmetros subtransitórios torna-se relevante?

A variação da tensão é levada em conta. O modelo busca a função de transferência que correlaciona a corrente e a tensão ao longo do tempo, ambas medidas. A solução é a que resulta em menor erro médio quadrático ao longo do tempo. Vale a pena acrescentar que o pico inicial de tensão permite salientar os subtransitórios. Este pico é causado pelo fato que só com o tempo a corrente começa a subir, produzindo uma queda maior na tensão. Recomenda-se utilizar baterias compatíveis com a necessidade de corrente do enrolamento do estator.

C) Poderiam ser avaliados no artigo os fenômenos e os parâmetros subtransitórios da máquina na análise dos resultados. Mesmo em máquinas de ímãs permanentes, tais fenômenos podem ocorrer e devem ser objetos de análise, principalmente em máquinas de maior porte. Favor comentar se há alguma proposta de continuidade do trabalho com relação a esta abordagem.

O método é capaz de determinar subtransitórios também, pois o primeiro artigo desenvolvido deste método foi aplicado num gerador convencional para comparações. O artigo se encontra na referência bibliográfica do informe técnico, conforme abaixo: KUCHENBECKER, W. E.; TEIXEIRA, J. C.; Development of a battery step voltage to determine parameters of large PMG. 6th IET International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD2012); Bristol, UK, 27-29 de março 2012. Disponível em: <http://digital-library.theiet.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=IEECP50020120CP59200P18500001&idtype=cvips&gifs=Yes>

3.12 - COMPARAÇÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DE PROJETOS ON&OFF GRID COM DIFERENTES TECNOLOGIAS INSTALADAS NO NORDESTE BRASILEIRO

SILVA, M.S.(1);SILVA, C.E.G.D.(2);SILVA, W.K.A.E.(1);MENEZES, R.F.A.(1); - UFS(1);IFS(2);

O nordeste brasileiro, principalmente o sertão nordestino, é considerado um dos melhores lugares do mundo para a instalação de sistemas fotovoltaicos, pois possui um elevado índice de luz solar durante todo o ano e imensas áreas sem habitação. O objetivo do trabalho é avaliar um sistema on-grid de geração fotovoltaica, que possui três subsistemas, com módulos fotovoltaicos de células monocristalinas, policristalinas e de filme fino. O projeto também contempla um sistema off-grid com tecnologia filme fino. Esses sistemas estão instalados e operando em simultâneo desde junho/2016 no Instituto Federal de Sergipe na cidade de Aracaju-SE

Perguntas e respostas:

A) Observou-se que na maioria das comparações entre os tipos de painéis o de filme fino apresentou um resultado melhor em parte do ano. Na outra parte o policristalino apresentou melhores resultados. Seria importante os autores compararem os custos de investimento, dentro de um EVTE, para verificar se a geração adicional do filme fino se torna benéfica quando comparado com o seu custo maior em investimento. Por outro lado, sugeririam os autores mesclarem as tecnologias para uma usina de porte maior para maximizar o benefício global?

O desempenho médio observado dos painéis de filme fino foi superior durante todos os meses do ano, apesar de valores similares e muito próximos, seguidores respectivamente pelos sistemas poli e monocristalinos. Em termos de desempenho máximo, é que constatou-se que nos meses de maior incidência de chuvas na região, com a ocorrência de temperaturas mais amenas e maior radiação indireta (março a setembro) apresenta-se um indicador superior dos painéis a filme fino em relação aos demais sistemas. Nos outros meses do ano, onde se registram temperaturas mais elevadas e maior radiação direta em virtude de escassez de chuvas e nuvens, observou-se que os painéis de silício policristalino superam os a filme fino e de silício monocristalino. O objetivo principal da pesquisa era a análise de dados elétricos levantados em campo para determinação da geração de energia, que ainda continua a ser realizado de forma ininterrupta. Na ocasião de aquisição do sistema havia muita oferta de painéis policristalinos e encontraram-se dificuldades de fornecimento no mercado das demais tecnologias. O presente trabalho fornece subsídios para definição do tipo de sistema a ser utilizado em um SFCR localizado no nordeste. Tendo em vista a similaridade dos indicadores obtidos, os autores não sugerem sistemas com tecnologias de módulos fotovoltaicos diferentes, mesmo com inversores exclusivos para cada tipo de geração, pois entendem que isso elevaria os custos de operação e manutenção dos sistemas, pela utilização de diferentes estruturas (sub-base), peças de reposição, dentre outros aspectos técnicos.

B) Os autores mencionam que a diferença entre os resultados das simulações e os encontrados na prática foram devidos à falta de instrumentos de medição e sensores instalados no local. Seria somente isso ou também poderiam ser verificadas as condições iniciais e de referência adotados no simulador?

Também esses fatores contribuíram, pois não foram feitas medições de radiação no local específico onde foram instalados os painéis, sendo utilizadas medições de uma estação meteorológica localizada a 4 km de distância. Porém constatou-se uma volatilidade muito alta nos valores de energia gerados nos mesmos horários dentro de

um mesmo mês, o que enquadraria o erro médio de 20% verificado como aceitável. Isso levou os autores a recomendar o acompanhamento para um período de pelo menos cinco anos, para se chegar a uma conclusão mais embasada. Também foi solicitado ao CNPq a liberação do numerário inicialmente previsto no projeto, visando a contratação desses serviços de medição.

C) O que os autores podem comentar sobre a performance dos diferentes tipos de painéis quando submetidos ao aquecimento dos mesmos? Existe diferença entre eles com relação à perda de eficiência?

Pode-se observar nos sistemas analisados que o desempenho dos painéis apresentou de forma geral quedas de desempenho médio diário com o aumento da temperatura durante o dia. Em média, nas doze horas diárias de produção, 54% da energia é gerada nas seis primeiras horas, quando as temperaturas estão mais baixas e os restantes 46% nas horas seguintes, quando os sistemas estão mais aquecidos. Nesse requisito, os sistemas a filme fino são mais sensíveis a temperatura. Também foi constatado que os painéis de filme fino, que em geral apresentaram os melhores indicadores, são bastante sensíveis à variação mensal da temperatura ambiente. Nos meses não chuvosos (outubro a fevereiro), que registram temperaturas ambientes mais elevadas (considerado o verão nordestino), há uma queda significativa no seu desempenho máximo, sendo superado pelo sistema policristalino, que apresentou melhores indicadores nesses períodos. Uma análise mais acurada com relação aos impactos da temperatura na eficiência dos painéis está prevista dentro do projeto com os serviços de instalação de sensores de temperatura e de irradiância solar.

Comentário: Todas as figuras precisam ser melhoradas pois quando impressas perdem a qualidade de alguns textos e informação importante para a compreensão do trabalho.

3.13 - PRODUÇÃO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COM CUSTO OPERACIONAL REDUZIDO

PRADO, I.F.D.(1);SILVA, T.M.F.D.(1);PISANI, M.B.(1);SILVA, R.D.D.(1); - UESC(1);

Foi proposto um dimensionamento eficiente do sistema de geração fotovoltaica, com o intuito de determinar os equipamentos necessários para atendimento de uma unidade residencial padrão. Foi considerado também o projeto de um sistema armazenador de energia capaz de alimentar a mesma carga por um período de um dia sem geração. Atualmente é comum a prática de instalação das placas com inclinação fixa igual ao grau da latitude, foi proposta uma metodologia de alocação variável da angulação ao longo do ano, com o objetivo de maximizar a geração de energia com um custo operacional reduzido.

Perguntas e respostas:

A) Qual foi a perda por aumento de temperatura adotada para os painéis em análise? Qual a fórmula adotada para a perda de potência com o aumento de temperatura?

Considerando que a potência real do painel é de 30W a 25°C, o efeito do aumento da temperatura influenciou na redução da tensão máxima fornecida pelo painel, resultando assim em uma entrega reduzida de potência equivalente a 80,5% do nominal para uma temperatura máxima atingida de 65°C. A metodologia adotada foi empírica, ou seja, realizamos medidas em laboratório (ambiente controlado) com temperatura e irradiação constantes em 25°C até 65°C. Foram realizadas medidas de corrente e tensão ao longo da variação.

B) Poderiam os autores apresentarem uma tabela contendo os percentuais de ganho com a diferença de posicionamento dos painéis nas várias estações do ano adotadas?

Tal informação foi colocada através dos gráficos de potencia das figuras 3 e 5 em forma de potência máxima gerada. Contudo podemos apresentar uma tabela com os percentuais gerados em cada estação do ano, quando comparado com o ideal, que foi considerado como a placa estar sempre perpendicular com os raios solares.

C) Poderiam os autores comparar os custos de um sistema de rotação automática com o proposto no trabalho, de forma a se avaliar o ganho global com a adoção da operação a baixo custo?

O sistema proposto foi comparado com um sistema fixo, nota-se que ao longo do ano a angulação do sol tem grande variação conforme tabela 5, sendo assim o sistema proposto apresenta viabilidade pois só é necessário uma etapa de intervenção/manutenção, reposicionamento e limpeza dos painéis. Para se comparar os custos com um sistema de rotação automática, devemos considerar um custo maior de manutenção do sistema girante, o custo de energia e o custo do sistema de orientação.

Comentário: 1) Seria importante apresentar uma tabela numérica informando as variações percentuais dos vários gráficos apresentados. 2) Poderiam os autores apresentar a fórmula usada para a perda de temperatura nos painéis?

3.14 - COMPARAÇÃO DE CÁLCULO DE PRODUÇÃO EÓLICA UTILIZANDO WINDFARMER, OPENWIND E WINDSIM EM TERRENO COMPLEXO NA BAHIA, BRASIL.

GUEDES, V.G.(1);NETTO, W.A.C.(2);VALENTIM, T.A.D.S.(2);RAMOS, D.A.(1);PEREIRA, R.R.(1);MUSTTO, A.A.(1);MELO, S.R.F.C.D.(1);DUTRA, R.M.(1); - CEPEL(1);Furnas Centrais Elétricas(2);

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo com três programas disponíveis no mercado: WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program), OpenWind e WindSim. Para as três ferramentas computacionais foram utilizadas as mesmas entradas para o modelo digital do terreno, o mapa de rugosidade e os dados de vento, advindos da mesma campanha de medição? dados anemométricos de cinco torres de medição. Como resultados, são apresentados os mapas de velocidade do vento e a estimativa da energia produzida. São apresentados também mapas de diferenças dos resultados de velocidade do vento obtidos pelos três programas na área de estudo.

Perguntas e respostas:

A) Poderiam os autores comentarem sobre o efeito da quantidade de estações meteorológicas existentes e sua influência nos desvios encontrados entre os modelos estudados?

Quanto maior a distância entre a torre anemométrica e a região em que o modelo precisa estimar a velocidade do vento, maior serão as imprecisões do modelo e as divergências entre os modelos. Quanto maior o número de medições anemométricas, menor será essa distância e portanto menores serão as imprecisões. No entanto, as modelagens de cada software utilizado também influenciam. Ou seja, Nas regiões em que o relevo apresenta maiores variações (inclinações) as diferenças apresentam a tendência de serem maiores.

B) Seria possível apresentar uma comparação antes e depois de um determinado local através do qual existam dados reais de medição de uma usina solar, de forma a validar as comparações realizadas?

Os dados utilizados para as simulações foram medidos no local. E as cinco torres do projeto tiveram seus dados utilizados como entrada para as simulações. A validação pode ser realizada através de um procedimento conhecido como Cross-checking, em que os dados de uma torre de medição são usados para controle. Ou seja, de N torres de medição, dados de N-1 torres de medição são dados de entrada da simulação, e a torre restante é usada para comparação com os resultados do modelo. Esse procedimento é realizado C(N,2) vezes para cálculo da incerteza do modelo.

C) Os autores sugerem alguma forma de validação das simulações durante o período de medições preliminares à elaboração de um projeto eólico?

O mesmo da pergunta anterior, considerando dois anemômetros de um projeto. Utilizar o primeiro anemômetro como entrada do modelo para estimar a velocidade na posição do segundo anemômetro e depois comparar os resultados reais medidos. Essa avaliação pode ser realizada preliminarmente com dados de reanálise, Merra, por exemplo.

3.15 - O EFEITO LENTE E A SUA INFLUÊNCIA NA OPERAÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA NO NORDESTE BRASILEIRO

FONTELE, L.F.A.(1);INÁCIO, C.O.(1);GOUVEIA, H.T.V.(1);ARAÚJO, R.G.(1);FERREIRA, P.H.F.(1); - PETROBRAS(1);

Este trabalho analisa a ocorrência do efeito lente e sua influência na operação de uma usina fotovoltaica no nordeste brasileiro. O aumento da irradiância global horizontal causado pela reflexão da irradiância direta nas nuvens provocou um acréscimo na irradiância incidente nos módulos fotovoltaicos, aumentando a corrente injetada no sistema elétrico, que sensibilizou a proteção da usina e a desligou. Com dados da estação meteorológica e o modelo de céu claro, determinou-se a frequência da ocorrência do efeito lente no período analisado na localidade em questão. Também, compararam-se os resultados com dados de outra estação situada em zona climática distinta.

Perguntas e respostas:

A) Os autores poderiam comentar se o efeito lente é considerado nos softwares de simulação existentes que projetam sistemas solares?

Em geral, os softwares de simulação de sistemas fotovoltaicos existentes no mercado utilizam resolução temporal horária. Por outro lado, o efeito lente tem sua duração na ordem de segundos, podendo atingir alguns poucos minutos, tempo esse bem inferior a um passo de simulação de base horária. Portanto, o efeito lente não é levado em consideração nos principais softwares de simulação de sistemas fotovoltaicos.

B) Todas as estações solarimétricas atuais permitem a medição do efeito lente?

Para que o efeito lente seja detectado por uma estação solarimétrica, essa deve possuir, no mínimo, um piranômetro para medição da medição da irradiância global. Além disso, o tempo de resposta do piranômetro e frequência com que as informações são coletadas pelo sistema de aquisição de dados devem ser compatíveis com a escala temporal do efeito lente. Sendo assim, a depender dos equipamentos instalados na estação solarimétrica, pode ser que não seja possível realizar a medição do efeito lente. É importante lembrar que os dados medidos devem ser comparados com aqueles obtidos por um modelo de céu claro ajustado ao local e ao período

analisado para a determinação da ocorrência do efeito lente.

C) Do ponto de vista prático, existe alguma recomendação que os autores poderiam fazer para evitar desligamentos como o ocorrido?

As proteções devem ser ajustadas levando-se em consideração a potência instalada da usina fotovoltaica, tanto de módulos fotovoltaicos, quanto de inversores (fator de dimensionamento do inversor), as variáveis meteorológicas como temperatura ambiente, além das características dos demais componentes do sistema fotovoltaico e da rede em que ele está conectado. Os parâmetros de intensidade e duração das proteções devem ser compatíveis com a ocorrência eventual do efeito lente.

3.16 - NOVA ABORDAGEM PARA CONTROLE DE REGIME DE LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE ATRAVÉS DE ANÁLISE NÃO-LINEAR

FIORILLO, D.(1); - ECSEE(1);

A importância do controle automático de regimes de fluidização em sistemas fluidizados, reside em manter controlado o grau de interação fluido-partícula, favorecendo reações químicas, e contribuindo para a continuidade operacional desses processos. A instrumentação aplicada para quantificação de regimes de fluidização em colunas de leito fluidizado circulante ora apresenta pouca relevância para o auxílio operacional ora possui custo elevado para aplicação. O presente trabalho apresenta solução, de baixo custo, para caracterização dos regimes de fluidização, através de análise não-linear de séries temporais dos sinais de pressão estática. Um experimento de fluidização, testa diferentes tipos de partículas e diferentes regimes de fluidização, onde o sinal de pressão estática coletado, em diferentes posições da coluna, passa por um processo de quantificação baseado em invariantes do caos. Este robusto método de caracterização, permite que operadores possam controlar este processo nas mais variadas aplicações.

Perguntas e respostas:

A) Conforme Figura 4 (Comparativo entre os perfis de entropia de Kolmogorov para coluna vazia e cheia de leito de partículas) observa-se que os perfis de regime turbulento e rápido são muito próximos entre si. Pode-se inferir que o perfil do regime de transporte também fica muito próximo do regime rápido, o que dificulta o controle deste último, devido ao aumento do risco de redução do inventário de massa na coluna?

B) Com base nas curvas da Figura 5 (Comportamento do índice de similaridade caótica, considerando a hipótese do regime de transporte), pode-se estabelecer um limite operativo seguro de rotação do ventilador, que anule o risco de transporte e consequente redução do inventário de massa na coluna do reator?

C) Na conclusão, afirma-se que o método proposto, associado a instrumentação rápida de medição de pressão estática, demonstra potencial para ser aplicado no controle de vários processos contínuos, incluindo pirólise, combustão e gaseificação de leito fluidizado circulante. Considerando-se que estes processos envolvem reações químicas particulares em colunas industriais quentes, que análises e medições adicionais podem ser sugeridas, para garantir seu pleno controle?

Comentário: 1) No item 1.0, na antepenúltima linha do último parágrafo, deve-se corrigir a palavra "intrinsic" para "intrínseco"? 2) No item 2.0, deve-se corrigir na primeira linha a palavra "fundamentos" e na quarta linha "análises não-lineares". No item 2.1, deve-se corrigir na primeira linha do segundo parágrafo "leitos fluidizados", na primeira linha do terceiro parágrafo "sinais macroscópicos", na quarta linha do quinto parágrafo "partículas misturadas" e "ar ascendente conduzindo..."? 3) No parágrafo posterior à Figura 1, deve-se corrigir na terceira linha a frase "quanto ao regime...?" e na quarta linha "visores, localizados..."? 4) No item 2.2, deve-se corrigir na segunda linha do primeiro parágrafo "sistemas de aquisição de dados", na segunda linha do terceiro parágrafo "restrições mecânicas", nas primeira e segunda linhas do quarto parágrafo "fontes de ruídos externos?" e "fontes de ruídos internos"? 5) No item 2.3, deve-se corrigir na segunda linha do primeiro parágrafo "escalamentos de unidades laboratoriais?" e na sexta linha do segundo parágrafo "magnitude do pico"? 6) No item 3.2, deve-se corrigir no primeiro parágrafo: na terceira linha "Desde a conversão do sinal...?" e na quarta linha "ruídos eletromagnéticos"? 7) Na segunda linha do parágrafo posterior à Figura 3, deve-se corrigir "materiais refratários"? 8) Na primeira linha do item 4.2, deve-se corrigir o início da frase "a presença de sólidos..."? 9) No item 4.3, deve-se corrigir na primeira linha do primeiro parágrafo "a confirmação da influência...?", na quarta linha do quarto parágrafo "cortes mencionados?" e na segunda linha do sexto parágrafo "duração de 10 min para coleta de dados"? 10) Na terceira linha do parágrafo após a Figura 4, deve-se corrigir a frase "impacto do escoamento gás-sólido sobre a métrica..."? 11) Na segunda linha do segundo parágrafo após a Equação 3, deve-se corrigir a frase "Quando a distância...?"

3.17 - IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS EÓLICOS NO BRASIL ATRAVÉS DO MODELO DE MESOESCALA BRAMS: APLICAÇÃO DE AJUSTES ESTATÍSTICOS

DUTRA, R.M.(1);GUEDES, V.G.(1);MELO, S.R.F.C.D.(1);NEIVA, A.C.D.B.(1);RAMOS, D.A.(1);CABRERA, A.A.M.(2);ALMEIDA, W.G.D.(3);BRAZ, R.D.O.(4);PEREIRA, R.R.D.S.(1); - CEPEL(1);PUC-Rio(2);INPE(3);FUNCTATE(4);

Com o objetivo de atualizar o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro publicado em 2001, o Cepel iniciou uma parceria com o CPTEC para utilização do modelo de mesoescala Brams (Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System) de forma a estimar a velocidade e a direção do vento em todo o território nacional para diversas alturas. Este artigo tem por objetivo apresentar um dos estudos realizados na etapa de microescala através da seleção de uma área do Estado da Paraíba para utilização de dados simulados pelo modelo Brams a 240 m como dados de entrada para dois modelos de microescala: OpenWind e WindSim.

Perguntas e respostas:

A) As simulações realizadas demandam muito tempo para serem feitas? Quais são os desafios ou necessidades de tempo de processamento?

Todo o processo, desde a preparação dos dados, entrada dos dados e a própria simulação neste estudo são demorados. A preparação dos dados consiste em preparar mapas de rugosidade e relevo georreferenciados com resolução adequada para a resolução que se deseja simular. Os dados de mesoescala foram obtidos por simulações do BRAMS, e as séries históricas nos pontos de 5 em 5km foram transformadas em séries históricas (*.tab) para compatibilidade com o Openwind, e *.tws para o Windsim. Foi elaborada uma macro para a geração desses arquivos a partir das séries históricas do BRAMS. O Windsim realiza simulações utilizando dados de mesoescala do WRF (Weather Research and Forecasting Model) de forma automática. No entanto, utilizamos o BRAMS, e os dados foram inseridos na forma de torres de medição, uma a uma. Esse procedimento no Windsim e no Openwind foi bastante demorado. Em muitos momentos, ambos programas travaram devido a grande quantidade de dados e aos fatos de não terem sido elaborados para serem utilizados dessa forma. As simulações, de fato, não demoraram tanto (menos de um dia cada) para a maior área estudada (67 km x 46 km) com 109 torres sintéticas do BRAMS, no máximo. O grande desafio é realizar essas simulações de meso-microescala para o Novo Atlas Eólico Brasileiro, cujas simulações de mesoescala de 2013 foram recentemente lançadas, tendo em vista as dimensões do Brasil.

B) Poderiam os autores comentarem um pouco sobre experiências internacionais em países já mais amadurecidos com relação a determinação de velocidades de vento em baixas alturas?

Vários países possuem o mapeamento da distribuição horizontal do vento para alturas superiores a 50 metros exclusivamente para a identificação de sítios potenciais para o desenvolvimento de parques eólicos de grande porte. De uma forma geral, a grande maioria dos dados anemométricos utilizados para ajustar os resultados dos modelos provém de estações anemométricas cujos sensores de velocidade e direção são instalados a uma altura de 10 m. Países com uma rede climatológica e institutos meteorológicos de monitoramento de clima já disponibilizam mapas de velocidade e direção do vento em baixas alturas. Muitas vezes, com a disponibilização de dados (geralmente gratuitos) utiliza-se a lei logarítmica para estimar a velocidade do vento em alturas superiores a 10 metros utilizando informações da velocidade medida e da cobertura vegetal local.

C) Além de ser necessário aumentar o número de torres sintéticas utilizadas nas simulações para um melhor resultado, os autores recomendam outras abordagens? Quais seriam as diferenças percentuais entre os resultados simulados e medidos aceitáveis?

Todo o processo, desde a preparação dos dados, entrada dos dados e a própria simulação neste estudo são demorados. A preparação dos dados consiste em preparar mapas de rugosidade e relevo georreferenciados com resolução adequada para a resolução que se deseja simular. Os dados de mesoescala foram obtidos por simulações do BRAMS, e as séries históricas nos pontos de 5 em 5km foram transformadas em séries históricas (*.tab) para compatibilidade com o Openwind, e *.tws para o Windsim. Foi elaborada uma macro para a geração desses arquivos a partir das séries históricas do BRAMS. O Windsim realiza simulações utilizando dados de mesoescala do WRF (Weather Research and Forecasting Model) de forma automática. No entanto, utilizamos o BRAMS, e os dados foram inseridos na forma de torres de medição, uma a uma. Esse procedimento no Windsim e no Openwind foi bastante demorado. Em muitos momentos, ambos programas travaram devido a grande quantidade de dados e aos fatos de não terem sido elaborados para serem utilizados dessa forma. As simulações, de fato, não demoraram tanto (menos de um dia cada) para a maior área estudada (67 km x 46 km) com 109 torres sintéticas do BRAMS, no máximo. O grande desafio é realizar essas simulações de meso-microescala para o Novo Atlas Eólico Brasileiro, cujas simulações de mesoescala de 2013 foram recentemente lançadas, tendo em vista as dimensões do Brasil.

Comentário: 1) A qualidade da Figura 1 poderá ficar comprometida com a impressão. Seria possível melhorá-la?

3.18 - EVOLUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DOS CUSTOS DE EMPREENDIMENTOS FOTOVOLTAICOS NOS LEILÕES DE ENERGIA

Ponte, G.P.d.(1);AGUIAR, B.F.D.(2);TEIXEIRA, T.I.(3);AMORIM, A.C.D.(4);RUSCHEL, C.S.(5);XIMENES, J.S.(6);SOUZA, M.A.D.(7); - EPE(1);EPE(2);EPE(3);EPE(4);EPE(5);EPE(6);EPE(7);

Este Informe Técnico apresenta uma visão geral sobre os custos e características técnicas dos empreendimentos de geração de energia elétrica a partir da fonte solar fotovoltaica cadastrados para os Leilões de Energia para atendimento ao Sistema Interligado Nacional - SIN, especialmente os Leilões de Energia de Reserva, nos quais houve participação mais relevante desses empreendimentos. Ao longo desses leilões observou-se a evolução dos projetos no que diz respeito aos equipamentos considerados, configurações adotadas e expectativas de produção de energia. Em função de condições econômicas e cambiais e dos preços internacionais desses equipamentos, os custos de investimento dos empreendimentos fotovoltaicos também sofreram variações nos anos recentes.

Perguntas e respostas:

A) Com a crescente busca por aumento de eficiência em usinas solares, houve dentre as propostas alguma com cogeração (energia/calor)? Seria uma forma de

umentar a competitividade e eficiência?

O estudo focou em empreendimentos solares fotovoltaicos participantes dos leilões de energia e dentre esses projetos, não houve nenhuma proposta nesse sentido. Entende-se que essa alternativa não aumentaria a competitividade de usinas solares fotovoltaicas, tendo em vista que na operação destas a temperatura alcançada pelos módulos é relativamente baixa (menor que 70°C), inviabilizando economicamente o uso desse calor para outros fins. Usinas heliotérmicas, nas quais a cogeração poderia ser avaliada, não têm participado nos últimos Leilões de Energia, e portanto, não foram objeto desse trabalho.

B) A posse ou arrendamento de terra é algo que no início da competição das PCH's apresentou aumento significativo dos custos de investimento. Seria possível sugerir alternativas para não onerar demais as terras onde serão construídas as usinas?

Em PCH's, o recurso (rio) se encontra em um local específico, não sendo possível a alteração de seu local. O recurso solar, por sua vez, é mais homogêneo, ou seja, é semelhante em regiões espaciais mais amplas. Assim, há mais opções de terreno para a construção de usinas, reduzindo a pressão de aumento de custos de terra. Ainda, segundo informações dos orçamentos dos projetos cadastrados para os Leilões de Energia, verifica-se que a média de custo de aquisição de terreno e ações socioambientais representa apenas 1% do custo total dos projetos.

C) A vida útil dos equipamentos usados nas usinas tem aumentado ao longo dos anos. Teriam os autores informações sobre a vida útil declarada nos leilões?

Os equipamentos utilizados nas usinas solares fotovoltaicas tem, em geral, vida útil superior ao prazo de fornecimento de energia dos contratos do mercado regulado (20 anos). Cabe destacar que há a obrigação de que sejam sempre utilizados equipamentos novos e que não se exige a declaração de vida útil dos equipamentos. No caso de inversores de grande porte, a maior parte dos fabricantes afirma que sua vida útil é de 20 anos, sendo que para alguns modelos se declara que esta seria de até 25 anos. Para módulos fotovoltaicos, cabe ressaltar que a vida útil em geral é definida como o tempo no qual sua degradação é tal que ele produza 80% de sua potência nominal. A maioria dos fabricantes estabelecem uma vida útil de 25 anos, com alguns garantindo inclusive prazos superiores.

3.19 - COMPORTAMENTO E CAUSA MORTIS DE BATERIAS CHUMBO ÁCIDO: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS X ENSAIO NORMALIZADO ESPECÍFICO

ANDRADE, J.D.(1);IMPINNISI, P.R.(2);Junior, L.C.S.(3); - LACTEC(1);LACTEC(2);HEXION(3);

Bancos de baterias de sistemas fotovoltaicos isolados foram monitorados durante vários meses. Após fim da operação, quatro baterias foram desmontadas e seus componentes analisados. Outras baterias idênticas foram cicladas em laboratório segundo portaria INMETRO 004/2011, posteriormente desmontadas e analisadas. Sobre as baterias em campo verificou-se balanço de carga negativo e também desbalançamento na tensão dos monoblocos. Nas baterias de campo verificou-se: sulfatação intensa das placas positivas; sulfatação moderada nas negativas, além de perda de material ativo. No ensaio laboratorial houve grande consumo de água, perda de material em ambas as placas e corrosão severa das grades positivas.

Perguntas e respostas:

A) Em função da discrepância entre o início do monitoramento e a instalação das baterias, não seria interessante monitorar as baterias em campo desde a instalação? De forma a cobrir todo o processo de envelhecimento e degradação das baterias?

B) Os problemas encontrados com as baterias chumbo-ácido tanto em campo quanto em laboratório são as típicas razões para os principais problemas com os sistemas fotovoltaicos isolados? Como está a questão da substituição das baterias chumbo-ácido por outros tipos, principalmente as de Li-ion, para essa aplicação?

C) Quais novos testes padronizados têm sido considerados para avaliar os mecanismos de degradação típicos das baterias chumbo-ácido? Quais as principais dificuldades envolvidas em sua implementação?

3.20 - ANÁLISE ENERGÉTICO-ECONÔMICA DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E COGERAÇÃO À BASE DE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL PARA APLICAÇÕES RESIDENCIAIS

LADEIRA, N.(1);LOPES, F.D.C.(2);FURTADO, J.G.D.M.(2); - UFRJ(1);CEPEL(2);

Sistemas de geração de energia com células a combustível (CaC) têm sido considerados, principalmente, para aplicações no âmbito da Geração Distribuída (GD) de energia elétrica e em sistemas de cogeração (CHP, Combined Heat and Power), uma vez que as células a combustível são os mais eficientes geradores de energia elétrica conhecidos e têm apresentado contínuo declínio dos custos e grande capacidade de redução de emissões de poluentes causadores do efeito estufa. Dessa forma, diversas unidades e sistemas de geração estacionária de energia elétrica à base de CaC (com potências desde 0,5 kW até superiores a 1 MW) têm sido instalados em diferentes mercados, notadamente no Japão, Estados Unidos, Coreia do Sul e na Europa. O presente trabalho apresenta os principais resultados de um estudo que avaliou o emprego de CaC no segmento residencial do setor elétrico-energético brasileiro, com base nas características de desempenho operacional de dois tipos de CaC ? dos tipos PEMFC (CaC de Membrana Polimérica) e SOFC (CaC de Óxidos Sólidos) ?, integrando sistemas GD-CHP, com potências elétricas nominais de 0,5, a 5,0 kW, operando com diferentes combustíveis (gás natural, biometano, etanol e hidrogênio), todos via reforma para produção local de hidrogênio.

Perguntas e respostas:

A) O mercado de aplicações residenciais é o principal mercado das células a combustível no Mundo e no Brasil?

Atualmente, tanto em termos de número de unidades quanto por potência instalada, o segmento de aplicações estacionárias se constitui no principal mercado (cerca de 75% dos sistemas comercializados), mas não exatamente para aplicações residenciais (o que só ocorre no Japão em função da estratégia de ação no país, a qual enfatizou o uso de sistemas de cogeração com células a combustível de pequeno porte para uso residencial), mas sim no segmento comercial (sistemas de segurança, backup e geração distribuída). Os usos de células a combustível em sistemas isolados e aplicações prediais também são segmentos do mercado estacionário. No Brasil, atualmente, há apenas projetos de demonstração.

B) Quais os tipos de células a combustível que têm se destacado nas diferentes aplicações? E como está a questão da redução de custos desses equipamentos?

Basicamente, são três os tipos de células a combustível (CaC) que atualmente merecem destaque: As MCFC (CaC de carbonatos fundidos) e as SOFC (CaC de óxido sólido) são dois tipos de CaC de alta temperatura de operação e ambas têm se destacado para aplicações estacionárias em sistemas de cogeração, principalmente as MCFC (na faixa de 1 MW até dezenas de MW) que atualmente possuem a maior base em termos de potência instalada no Mundo. Já as SOFC estão principalmente disponíveis em módulos de 160-200 kW. O terceiro tipo é a PEMFC (CaC de membrana polimérica trocadora de prótons), a qual encontra tanto aplicação estacionária (principalmente em sistemas de até algumas dezenas de kW, em sistemas de segurança, backup e suprimento emergencial) quanto veiculares (setor de transporte, carros, ônibus, etc.), sendo o tipo de CaC que tem, atualmente, o maior número de unidades comercializadas. Em linhas gerais, os custos das CaC sofreram considerável redução na última década, chegando a 50% no caso das CaC para aplicações veiculares (PEMFC). Redução também ocorreu para aplicações estacionárias, mas não na mesma proporção, de forma que sistemas PEMFC estacionários apresentam atualmente custos totais instalados na faixa de 2.200 a 3.000 US\$/kW (no Japão, tipicamente na faixa 1.300-1.700 US\$/kW) e para os sistemas de cogeração (CaC de alta temperatura) ficam na faixa de 4.500 a 7.000 US\$/kW. O DOE (Departamento de Energia dos EUA) trabalha com uma perspectiva de custos na faixa de 1.000 a 1.700 US\$/kW para aplicações estacionárias em 2020.

C) E a questão da infraestrutura para o hidrogênio, a qual já foi muito debatida ao longo dos últimos anos, tem sido desenvolvida? Como isso tem impactado as aplicações das células a combustível e sua inserção nos diferentes mercados?

Certamente, em alguns mercados (principalmente na Europa, no Japão, na Coreia do Sul e na América do Norte, especialmente na Califórnia) a infraestrutura para o hidrogênio tem sido desenvolvida, ainda que não com a rapidez com que se previa por volta de 2005-2008 quando muitos programas e estudos foram estruturados. Isso tem um impacto maior no setor de transporte (produção, armazenamento, distribuição e estações de abastecimento de hidrogênio) e nas aplicações em geral das CaC que precisam operar diretamente com hidrogênio. A intensificação do uso do gás natural para geração local de hidrogênio (para aplicações estacionárias) ou seu uso em CaC de alta temperatura, com base na infraestrutura já existente, tem sido muito importante para o crescimento do mercado de CaC-cogeração. Além disso, o desafio de armazenar hidrogênio a custos menores permanece.

3.21 - CONCEPÇÃO, DESENVOLVIMENTO E INSTALAÇÃO DO PRIMEIRO SISTEMA HÍBRIDO ON E OFF GRID SIMULTÂNEO DO BRASIL

SILVEIRA, E.F.(1); - ITAIPU(1);

Visando o suprimento de cargas sensíveis a oscilações de energia e/ou redução na conta de energia, várias empresas tais como GOOGLE, APPLE e MICROSOFT estão produzindo sua própria energia, armazenando-a em baterias e, em alguns casos, até vendendo-a. Esses sistemas são conhecidos como sistemas híbridos, podendo atuar conectados a rede ou não. Em 2015 foi apresentada à Itaipu Binacional e Parque Tecnológico uma demanda oriunda do Exército Brasileiro para concepção de um sistema híbrido no Quartel General do Exército, em Brasília. O sistema foi instalado num dos blocos do quartel gerando economia e segurança energética.

Perguntas e respostas:

A) Quando do excesso de produção solar porque não disponibilizar o excedente da rede ao invés de diminuir a geração solar?

B) O autor poderia explicar como foi a definição do valor das potências do inversor híbrido de 125kW e também das baterias? Com qual limite de uso das baterias foi possível trabalhar? Além disso, porque a escolha desse tipo de bateria, com relação a custo, vida útil e manutenção?

C) Seria possível apresentar os custos no trabalho, separado por baterias, sistema solar (painéis, inversores, estrutura de fixação) e o restante (inversor híbrido, software de controle, etc)? Como ficou a operação depois da instalação?

Comentário: 1) O trabalho é interessante, no entanto não apresenta resultados após a instalação do sistema. Seria importante ter ao mesmo uma curva de um mês para avaliar os resultados.

3.22 - DIAGNÓSTICO DA INSTRUMENTAÇÃO PARA GESTÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UNIDADES DE GÁS E ENERGIA

SIMIONI, T.(1);RUCKER, C.P.R.(2);LOUREIRO, M.R.B.(2);BARROS, A.G.(2);FURLAN, L.T.(2);PINTO, P.D.M.R.(3);RAMOS, J.A.(3);NOBREGA, G.(1);FONTES, M.A.S.G.D.(1); - RADIX(1);PETROBRAS(2);HOPE(3);

O presente trabalho compreende uma metodologia de diagnósticos da instrumentação disponível e identificação de lacunas visando o desenvolvimento de um sistema de medição e monitoramento para gestão eficaz da energia em usinas termelétricas, fábricas de fertilizantes nitrogenados e plantas de processamento de gás natural. A metodologia utilizada para definição da instrumentação necessária para monitorar o desempenho energético considera três níveis hierárquicos no sistema produtivo: a planta como um todo, cada unidade e os grandes equipamentos. Como resultados desse trabalho, foi possível mapear lacunas em instrumentos importantes para o monitoramento do desempenho energético.

Perguntas e respostas:

A) No caso dos trocadores de calor, você menciona que o desempenho energético é avaliado comparando-se a transferência de calor nas condições operacionais e a transferência de calor de acordo com o projeto do trocador. Para os outros componentes, a comparação com as condições de projeto não é citada. Por que?

Para outros tipos de equipamentos, o desempenho pode ser avaliado através de outros meios, como, por exemplo balanço energético ou modelos termodinâmicos. O caso de análise por comparação através de condições de projeto é apenas um dentre os diferentes mecanismos utilizados e, por esse motivo, não é citado para outros componentes.

B) A medida de desempenho energético de um trocador de calor não poderia ser a relação entre as trocas de calor do lado quente e do lado frio?

Sim. Poderia. Este é outro método de medição de desempenho que foi empregado, porém não citado explicitamente no trabalho. O trabalho representa uma síntese dos principais métodos aplicados.

C) Seu trabalho foca na instrumentação necessária para a gestão da eficiência energética e propõe o cálculo de indicadores de desempenho para diversos equipamentos. Na segunda etapa de sua metodologia (Análise da documentação) não seria necessário colher também informações sobre as condições operacionais de projeto do processo dado que modificações dessas condições podem interferir no desempenho dos equipamentos e, portanto, nos cálculos dos seus indicadores? Você possui o levantamento do percentual de unidades operacionais que possuem disponíveis as condições de projeto atualizadas?

O trabalho tem como foco a instrumentação pois visa avaliar a confiabilidade das informações de monitoramento para medição do desempenho dos equipamentos, sistemas e plantas. Os motivos pelos quais ocorrem mudanças no desempenho estão associados a diferentes motivos, dentre os quais as mudanças de processo. A análise de documentação tem como objetivo, neste trabalho, avaliar a instrumentação para determinar sua confiabilidade. Para uma avaliação dos motivos das alterações de desempenho é necessária a análise da documentação de processo. Em outros trabalhos realizados pelo grupo foi realizada a análise do processo, porém, são trabalhos distintos: um tem como foco a confiabilidade do monitoramento e o outro o desempenho das unidades.

3.23 - PRESERVAÇÃO DA PLANTA EM LONGO PERÍODO DE PARADA USINA TÉRMICA DE ARAUCÁRIA

CORTEZ, L.F.(1);FERREIRA, J.C.N.(2);FREITAS, M.D.(3); - COPEL(1);COPEL(2);COPEL GERAÇÃO E TRANSMISSÃO SA(3);

A finalidade deste trabalho é demonstrar as atividades de operação, manutenção e inspeção que são executadas para manter os sistemas e equipamentos da Usina Termelétrica de Araucária na condição de "prontos para a partida como novos" durante períodos extensos de parada da planta. O método preferido de preservação de equipamento é o de operá-lo e ou testá-lo conforme foi projetado. Desta forma foi desenvolvida a metodologia de preservação que atenderam aos critérios do item acima. Desenvolvido Metodologia de preservação de caldeiras a seco. Desenvolvido Metodologia de preservação de Turbinas a Gás (CTG) e Turbinas a Vapor (STG) em longa parada. As instruções dos fabricantes foram obedecidas tanto quanto possíveis, conforme a prática de prudência da empresa e a necessidade de se permanecer disponível para o despacho

Perguntas e respostas:

A) Quais são os testes de performance essenciais recomendados para verificar se os equipamentos principais, tais como Turbinas a Gás (CTGs) e Turbinas a Vapor (STGs), estão "prontos para a partida como novos", após preservação da planta durante períodos extensos de parada?

Não existem testes de performance para os grandes equipamentos (Turbinas e HRSG's), todos os outros equipamentos: motores, bombas, trocadores de calor e afins são realizados testes periódicos quando em hibernação para garantia do funcionamento dos mesmos. A planta quando retorna de grande parada tem uma exigência de 4 horas de operação em carga base para comprovação de disponibilidade para o ONS.

B) Caso sejam efetuadas manutenções de maior porte (tipo overhaul) nas Turbinas a Gás (CTGs) e Turbinas a Vapor (STGs), antes ou após o início da preservação em longo período de parada, são necessárias mudanças ou procedimentos adicionais em relação aos citados?

Não é necessário alterar os procedimentos de preservação, já foram realizadas grandes manutenções nestes equipamentos e mantemos o mesmo de forma a garantir a preservação da planta.

C) Que procedimentos são associados ao corpo de prova ou cupom de corrosão a ser instalado na Caldeira de Recuperação de Calor (HRSG), conforme indicado na Figura 2 (Representação esquemática de preservação com desumidificadores)?

Análise visual e medição da taxa de corrosão através de método gravimétrico (perda de massa).

Comentário: 1) O segundo parágrafo do resumo deve ser corrigido conforme texto a seguir: "Desta forma foram desenvolvidas metodologias de preservação que atenderam aos critérios do item acima. Desenvolvida metodologia de preservação de caldeiras a seco. Desenvolvidas metodologias de preservação de Turbinas a Gás (CTG) e Turbinas a Vapor (STG) em longa parada." 2) No item 2.2, na primeira linha do penúltimo parágrafo deve ser suprimido o artigo excedente da frase "além das considerações" e na terceira linha do último parágrafo deve ser corrigida a palavra "cortinas" em vez de "cortinas"? 3) No item 3.1.1, na primeira linha do primeiro parágrafo, sugere-se ajustar o plural: "Testar em operação os seguintes equipamentos"? 4) No item 3.5.1, na primeira linha do primeiro parágrafo, sugere-se substituir a palavra "ventado" por "vedado".

3.24 - MÉTODO PARA DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CARGA PARA DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS DE MÁQUINAS SÍNCRONAS DE POLOS LISOS PELO MÉTODO DA REJEIÇÃO DE CARGA

GIESBRECHT, M.(1); - UNICAMP(1);

Neste artigo, um método para determinar as condições de carga para as quais os ensaios de rejeição de carga em máquinas síncronas de polos lisos permitem a determinação de parâmetros de eixo em quadratura é introduzido. O método permite que se simplifique os ensaios para obtenção de parâmetros de eixo em quadratura, uma vez que, com sua aplicação, não é necessário realizar medições de ângulo de carga ou o procedimento de tentativa e erro recomendado pelos idealizadores do ensaio. Para validar o método foram realizadas simulações, cujos resultados demonstram que as condições desejadas foram obtidas.

Perguntas e respostas:

A) Em alguns arranjos de usinas e unidades geradoras, o disjuntor da unidade encontra-se instalado a jusante do transformador elevador. Neste caso, quais são os ajustes a serem implementados no método de forma a eliminar a contribuição do transformador elevador nas formas de onda obtidas?

O método da determinação de parâmetros de máquinas síncronas pelo ensaio de rejeição de carga consiste em sua essência em uma resposta ao degrau de um sistema dinâmico cuja entrada é a corrente do estator e a saída é a tensão dos terminais do estator. Sendo assim, uma vez que um degrau de corrente é aplicado, seja pela abertura de um disjuntor logo na saída da máquina, seja pela abertura do disjuntor a jusante do transformador elevador, a resposta do sistema dinâmico será a mesma. O que importa nesse caso é a medição da tensão no ponto correto, que é a saída do gerador. Com isso se garante que se obterão os parâmetros do circuito do gerador, sem que seja necessário fazer ajustes por conta da posição do disjuntor. Caso a medição seja feita na saída do transformador elevador, aí sim se deve considerar sua impedância em série com a impedância do gerador, e o resultado do método será a soma das duas. Entretanto se a medição for feita na saída do gerador, apenas sua impedância contribuirá para o decaimento da tensão.

B) O artigo não mostra as formas de onda obtidas na simulação e os cálculos dos parâmetros da máquina simulada. Estes resultados foram avaliados pelo autor e estão coerentes com os parâmetros apresentados na Tabela 1 do artigo?

O foco principal do artigo é a comprovação de que o método de cálculo leva à condição de carga em que as correntes do estator estão no eixo em quadratura. A determinação dos parâmetros está além dos objetivos do trabalho, e por esse motivo as formas de onda de decaimento da tensão do estator e os cálculos dos parâmetros não são apresentados. Entretanto, tanto a literatura disponível quanto a experiência do autor com a aplicação do método de rejeição de carga para determinação de parâmetros de máquinas síncronas, demonstram que o método é eficiente e leva a parâmetros relativamente próximos aos dados informados pelos fabricantes, quando estes estão disponíveis. No caso da simulação, os parâmetros calculados são praticamente iguais aos utilizados no modelo da máquina, uma vez que no ambiente de simulação não se consideram tolerâncias de montagem das máquinas, que têm impacto direto no valor de entreferro e no balanceamento entre fases, e ruídos de medição das grandezas associadas.

C) Quais são as principais dificuldades esperadas para a validação do modelo através da medição em máquinas reais?

No ensaio de rejeição de carga de eixo em quadratura há rejeição tanto de potência ativa quanto de potência reativa. A rejeição de potência ativa implica na aceleração da máquina logo após a abertura dos disjuntores, e se o valor dessa potência ativa rejeitada for grande o suficiente, é possível que se chegue rapidamente a uma velocidade que implique em sobretensão e consequente ativação das proteções da máquina, desligando assim o circuito de campo e prejudicando os resultados do ensaio. Com isso, a potência ativa a ser rejeitada não pode ser muito alta. Experiências do autor com a aplicação do método a máquinas síncronas de polos salientes levaram à conclusão de que a potência ativa máxima que não implica na atuação da proteção é da ordem de 0,3 PU. Caso a dinâmica da máquina implique em valores máximos de potência ativa a ser rejeitada muito menores que esse, é muito difícil ajustar a excitatriz e os reguladores de velocidade para se chegar aos valores de potência ativa e reativa calculados pelo método, dificultando a realização do ensaio de rejeição de carga puramente de eixo em quadratura. Outra dificuldade relacionada é o ruído de medição da corrente de campo. Como uma das formas de validação do método é a observação da variação da corrente de campo durante a rejeição de carga, se houver um ruído de amplitude significativa, é muito difícil determinar com exatidão os valores máximos de variação dessa grandeza. A aplicação de filtros nesse sinal também pode não ser muito conveniente, uma vez que a variação causada pela rejeição pode ser também ser filtrada, levando a conclusões equivocadas. Finalmente, há uma outra dificuldade que está mais relacionada a máquinas com um grande número de polos, que é a medição exata do ângulo de carga. Entretanto essa dificuldade pode ser contornada pela observação da variação da corrente de campo durante o ensaio.

3.25 - CURTO CIRCUITO ENTRE FASES NO ENROLAMENTO ESTATORICO DE UM TURBOGERADOR DE 131MW LIÇÕES APRENDIDAS

PASQUAL, A.S.(1);GOUZINHO, B.(1);PIRES, C.J.(1); - TRACTEBEL ENERGIA S.A.(1);

O referente artigo irá descrever a ocorrência notória do curto circuito entre fases no enrolamento estatorico do turbogerador de 131MW da unidade 6 do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, Capivari de Baixo ? SC, ocorrido no dia 27 de junho de 2014. O objetivo é apresentar de forma cronológica todos os acontecimentos decorrentes do curto circuito como: Dificuldades na contratação em emergência para execução de serviços de manutenção corretiva de grande porte em turbogeradores, extensão dos danos causados pelo curto circuito ? sendo necessário inclusive a rebobinagem do rotor do gerador -, dificuldades na importação de materiais, causa raiz do sinistro, procedimentos adotados durante o reparo do enrolamento do estator e do rotor, ensaios elétricos e mecânicos aplicados durante os reparos, bem como as melhorias de projeto implementadas frente ao projeto original do turbogerador.

Perguntas e respostas:

A) Nas avaliações da causa raiz do curto circuito bifásico, os peritos especialistas e a Engenharia da Engie concluíram que o sinistro não poderia ser evitado. Entretanto, como lição aprendida, para turbogeradores similares com elevada vida útil (acima de 30 anos), pode-se recomendar inspeção periódica para verificação do desgaste da isolação para massa nas cabeças de bobinas do estator? Considerando-se um baixo despacho operacional destes turbogeradores, que referências de horas de operação podem ser sugeridas para intermitência destas inspeções?

Como inspeção periódica para verificar a possibilidade de uma detecção do desgaste da isolação para massa nas cabeças de bobinas, é recomendável a realização do ensaio de Bump Test nas cabeças de bobinas do estator e se possível monitoramento on-line da vibração das cabeças de bobinas. Com estas informações é possível traçar tendências e verificar se as cabeças de bobina estão perdendo rigidez mecânica e consequentemente podem estar vibrando e causando desgaste da isolação para massa. Especificamente para o caso das unidades geradoras do Complexo Jorge Lacerda, o despacho dos turbogeradores é praticamente em base durante o ano todo, ou por mérito ou por restrição energética no sul do estado de Santa Catarina. Com isto, a referência sugerida para realização destas inspeções seria a cada revisão geral de unidade, onde o gerador é aberto/desmontado para inspeção, no caso de Jorge Lacerda a cada 60.000 h ou em média 8 a 9 anos.

B) Que melhorias de projeto são recomendáveis e aplicáveis a turbogeradores similares com elevada vida útil (acima de 30 anos), dispondo-se de orçamento restrito (excetuando-se, portanto, a rebobinagem do estator e do rotor), mas que ainda resultem em melhoria de performance e extensão da vida útil?

Ao se falar de melhorias de projeto entende-se por modernizações no projeto do sistema isolante, melhoria no sistema de brasagem das ligações série das barras estatoricas, melhoria do sistema de isolamento do rotor, melhoria na engenharia dos materiais aplicados, etc, ou seja, sem efetuar uma rebobinagem do estator e do rotor não é possível alterar/aplicar tais modernizações. Porém, é possível o aumento de performance/eficiência e extensão da vida útil por meio da correta execução das manutenções preventivas, preditivas e corretivas no turbogerador e seus auxiliares ao longo de sua vida útil conforme orientações do fabricante e melhores práticas da indústria.

C) Que avaliações e lições aprendidas podem ser apresentadas sobre o fato do sinistro ter contado com a cobertura de lucro cessante? O custo adicional desta cobertura compensa eventuais exposições ou é elevado para os atuais cenários de PLD verificados e previstos para curto e médio prazo?

Um evento de sinistro em turbogeradores tem por característica ser de baixa probabilidade, porém de alto impacto ao processo, onde os prazos e custos para o reparo são elevados. Portanto, estar assegurado também sob o ponto de vista do lucro cessante é importante para reduzir a exposição ao risco, principalmente de usinas térmicas que são despachadas em cenários de PLD elevados. A principal lição aprendida para estes casos é que nenhuma decisão pode ser unilateral, ou seja, toda decisão a respeito do sinistro é tomada em conjunto com a seguradora como prazos para execução, extensão do reparo a ser realizado, tecnologias aplicadas nas modernizações, ..., etc, uma vez que os custos após o período de franquia são cobertos pela seguradora. Com relação aos custos adicionais para cobertura de lucro cessante, especificamente para o caso da ENGIE, o custo é diluído e não pode ser mensurado, pois o contrato do seguro é feito de forma corporativa e não especifica por usina.

Comentário: 1) No item 2.1, no primeiro parágrafo, deve-se retirar o assento das palavras ?emergencial? e ?emergenciais? nas primeira e terceira linhas, e no final do segundo parágrafo, deve-se corrigir a frase ?que detêm esta tecnologia?. 2)No título do item 2.3, deve-se corrigir a palavra ?projeto?. 3)No parágrafo do subitem ?b? do item 2.3, deve-se corrigir na primeira linha ?...as ligações em série...?, nas terceira e quarta linhas ?No novo projeto, as ligações série...?, na sexta linha ?...confere uma única brasagem...? 4)No parágrafo do subitem ?d? do item 2.3, deve-se corrigir na terceira linha ?...e por consequência...? 5)No terceiro parágrafo do item 2.5, deve-se corrigir na segunda linha ?Todas as isolações para...?

3.26 - DIAGNÓSTICO DE BALANÇO HÍDRICO EM USINAS TERMELÉTRICAS E UNIDADES DE TRATAMENTO DE GÁS DA PETROBRAS

CRUZEIRO, B.D.S.(1);ZAIDEN, J.(1);SOUZA, D.S.T.D.(1); - RADIX(1);

A água é necessária para produzir quase todas as formas de energia. Contudo, as restrições à água podem ser um desafio para as operações existentes no setor elétrico, bem como a viabilidade física, econômica e ambiental de futuros projetos. Este trabalho apresenta um estudo realizado em 22 unidades da Petrobras (18 Usinas Termoelétricas e 4 Usinas de Processamento de Gás Natural) com o objetivo de subsidiar a melhoria da gestão de recursos hídricos com maior eficiência na utilização de água através de suas operações, mediante: Balanço hídrico; Avaliação dos instrumentos de medição de água das instalações industriais; Proposta de projetos conceituais para reduzir o uso de água. O balanço hídrico foi calculado para as instalações cobertas pelo estudo fornecendo uma representação efetiva dos balanços de massa sobre o uso da água em cada instalação. Um algoritmo de reconciliação de dados baseado na qualidade da informação foi aplicado para assegurar que as equações do balanço de massa foram devidamente respeitadas. O diagnóstico de instrumentação indicou que equipamentos adicionais devem ser implementados na maioria das instalações para permitir que eles monitorem o balanço hídrico de suas plantas em tempo real através do sistema PI. Considerando o cenário operacional adotado para cada instalação, foi identificada uma série de oportunidades de economia de água. Os resultados indicaram que, se todas as propostas fossem implementadas em conjunto, haveria uma redução de 35% do volume de água doce total usado por todas as instalações juntas em um ano.

Perguntas e respostas:

A) Baseando-se na prioridade de redução do consumo de água, foi considerada a substituição de torres de resfriamento com vida útil avançada por outras mais modernas e eficientes, com menor evaporação, inclusive do tipo seca?

Nas unidades em que se constatou a perda significativa por evaporação, foi avaliada a possibilidade de substituição de equipamentos, inclusive das torres de resfriamento. Contudo, tendo-se em vista o investimento e o tempo necessário para recuperar este investimento, optou-se por não considerar a substituição das torres no Roadmap de projetos propostos para as Unidades Operacionais.

B) Com relação ao descarte final de águas residuais em todas as propostas de redução e reutilização de água, foram avaliadas e comparadas reduções ou eliminação de riscos e custos decorrentes das consequências de eventuais impactos ambientais associados a falhas nos processos de tratamento de efluentes?

Em todas as oportunidades de economia, reaproveitamento ou melhoria foram levantados todos os custos que compõem o investimento necessário bem como os custos associados que serão eliminados, reduzidos e até criados. Assim como os custos, em cada oportunidade também foram mapeados os riscos associados. Estes riscos ponderados com a estabilidade operacional e benefício trazido com a implementação das melhorias.

C) Foi implementada alguma ação para aumento da integração dos instrumentos com o sistema de informação (PI) nas plantas em que esta condição era parcial?

De forma geral, em todas as unidades contempladas no trabalho foi feito um levantamento da infraestrutura de automação no que tange à medição de vazão de correntes hídricas considerando os seguintes itens: - Caracterização dos instrumentos de medição de vazão; - Identificação dos trechos onde é necessário e possível instalar novos medidores; - Especificação do tipo de medidor mais adequado a cada trecho; - Definição das ações necessárias para integrar os dados dos instrumentos novos e existentes ao Sistema de Automação da Unidade e ao Sistema PI da Petrobras. Estes aspectos foram analisados com o objetivo de estabelecer as ações necessárias em cada Unidade Operacional para viabilizar a realização do cálculo de Balanço Hídrico em Tempo Real.

Comentário: 1) Na antepenúltima linha do penúltimo parágrafo da introdução, sugere-se substituir a palavra ?fabrico? por ?fabrigo? 2) Na segunda linha do parágrafo após a Figura 3, deve-se eliminar a duplicidade da palavra ?descarga? 3)Na sexta linha do parágrafo anterior à Figura 5, sugere-se corrigir a frase ?numa Maior número? para ?em maior número? 4)No início do terceiro parágrafo do item 5, sugere-se suprimir as palavras ?de propostas? 5) Na terceira linha da Tabela 1, a palavra ?Colega? deve ser substituída por ?Coleta? 6) Nas oitava e nona linha da Tabela 2, a palavra ?programa? deve ser complementada para ?programada?.

3.27 - SISTEMA PARA DETECÇÃO DE FALHAS EM TURBOGERADORES UTILIZANDO ANÁLISE DA ASSINATURA ELÉTRICA E COMPONENTES SIMÉTRICAS

LAMBERT-TORRES, G.(1);SALOMON, C.P.(1);PELLICEL, A.(2);FIGUEIREDO, G.C.(2);LOPES, M.A.D.A.(2);BONALDI, E.L.(1);OLIVEIRA, L.E.D.L.D.(1); -

GNARUS(1);TERMONORTE(2);

Este trabalho aborda particularidades na aplicação da análise da assinatura elétrica para a detecção de falhas em geradores síncronos. A primeira está relacionada ao padrão de frequência de rotação, que é um indicativo de falhas elétricas e mecânicas no rotor. Propõe-se uma metodologia para se distinguir o efeito de falhas elétricas e mecânicas no rotor com base na análise de componentes simétricas. A segunda está relacionada ao estudo dos harmônicos pares e separação de harmônicos da rede e componentes de falha para geradores de dois polos. São apresentados resultados experimentais e exemplos de sinais reais de geradores em operação na Usina da Termo Norte, em Porto Velho.

Perguntas e respostas:

A) Com relação ao desbalanceamento mecânico, quais seriam os valores ou critérios de aceitação para os parâmetros medidos, abaixo dos quais a máquina poderia operar de forma aceitável e segura, considerando tanto uma máquina nova em comissionamento como uma máquina já em operação? Isto é importante pois eventuais paradas não programadas e desnecessárias poderiam impactar em prejuízos ao empreendedor.

O padrão apresentado para a falha de desbalanceamento mecânico foi o padrão de frequência de rotação na assinatura elétrica. As amplitudes destas componentes devem ser monitoradas a fim de se avaliar a condição da máquina em relação a esta falha. Em relação ao valor das amplitudes destas componentes, abaixo dos quais a máquina pode ser considerada estar em condição segura, isto depende da máquina e da condição de carga a que ela está exposta. Em geral, a prática adotada em manutenção preditiva é realizar algumas aquisições e, assim, montar uma base de dados para a máquina recém comissionada ou em operação em condição saudável. Assim, analisando-se estes dados em forma de curva de tendência, tem-se o nível das componentes para a condição saudável, o que é chamado de baseline. Depois, ao longo do tempo de vida da máquina, estas componentes são continuamente monitoradas. Se houver algum aumento em relação ao baseline, principalmente se o novo nível for sustentado ou tiver característica crescente na tendência, isso será indicativo de uma possível falha na máquina.

B) Quais as características dos transdutores de tensão e corrente utilizados no sistema de medição das máquinas da Usina da Termo Norte, uma vez que os mesmos podem interferir nos resultados das medições atuando como filtros para os harmônicos?

Os transdutores utilizados foram especificamente desenvolvidos, não interferem negativamente nos resultados e não atuam como filtro de harmônicos. Para as tensões, são utilizados três transdutores de tensão AC diferenciais do tipo PS TTD-01, de relação 672X, aprovados com erro pico-a-pico menor que 2,5%, medindo três tensões fase-neutro. Para as correntes, são utilizados três transdutores de corrente AC diferenciais, do tipo PS TT 50-SD, de relação 333,333 mV/A, aprovados com erro pico-a-pico menor que 2,0%, medindo três correntes de linha. Estes transdutores estão conectados nos painéis das unidades geradoras monitoradas, medindo as grandezas de saída dos transformadores de potencial (TPs) e transformadores de corrente (TCs) associados às saídas dos geradores.

C) O artigo dá ênfase a problemas elétricos e mecânicos no rotor. A simulação de problemas de curto circuito entre espiras no enrolamento estático também apresentaram resultados significativos utilizando a metodologia de ESA? De que forma?

Sim, a simulação de problemas de curto-circuito entre espiras no enrolamento estático também apresentou resultados significativos utilizando a metodologia ESA. Este tipo de falha provoca o aumento das componentes de terceiro harmônico nas assinaturas de tensão e de corrente e das componentes de duas vezes a frequência fundamental nas assinaturas de EPVA (Extended Park's Vector Approach) de tensão e de corrente. A abordagem de EPVA é baseada na análise quantitativa da distorção sofrida no círculo de Park quando do surgimento ou piora da falha. Neste caso, está relacionada ao surgimento de componente de sequência negativa quando da ocorrência de um desequilíbrio elétrico. Mais informações sobre a detecção de curto-circuito entre espiras no enrolamento estático utilizando ESA podem ser encontradas na referência (1) do presente artigo.

3.28 - EXPERIÊNCIA COM O MODO DE FALHA SPARK EROSION NO BOBINADO ESTATÓRICO DE TURBOGERADORES DE 200 MVA

SANTOS, V.M.L.(1);CHIESA, F.(1);NAKATANI, F.T.(2);FOGAÇA, A.J.N.(2); - UEGA(1);Consultor Independente(2);

O processo de falha denominado ?Spark Erosion? ou ?Vibration Erosion? ocorre no enrolamento estático de geradores, reduzindo drasticamente a vida útil do equipamento. Este é um raro problema, relacionado geralmente ao processo de fabricação do gerador e ao afrouxamento do enrolamento nas ranhuras, porém é um assunto que gera controvérsias sobre as causas raízes. Este modo de falha ocorre devido ao afrouxamento da barra/bobina dentro da ranhura, juntamente com uma pintura condutiva excessivamente condutiva. Com a pintura condutiva na parte reta da barra/bobina dentro da ranhura com revestimento muito condutivo, as lâminas do núcleo magnético do estator na ranhura entram em curto-circuito, causando a circulação de uma corrente axial ao longo do revestimento condutivo da barra/bobina. Desta forma, um circuito é fechado ao longo das barras de fixação na parte de trás do núcleo do estator (que geralmente estão em contato elétrico com as lâminas do núcleo nesse ponto), radialmente através das lâminas do núcleo e, em seguida, através do revestimento condutivo nas barras/bobinas em cada ranhura. A corrente neste circuito é consequência da tensão induzida no núcleo estático, que está sujeito ao fluxo magnético variável produzido pelo rotor do gerador. As barras/bobinas podem afrouxar durante a operação do gerador. Se a barra/bobina perder contato com o núcleo devido a este afrouxamento, haverá a abertura do circuito acima descrito e uma faísca (spark) ocorrerá junto à superfície externa do isolamento da barra/bobina. Desta forma, devido à elevada frequência de vibração (120 Hz) da barra/bobina dentro da ranhura, diversas faíscas serão continuamente geradas na superfície da barra. Note-se que este é um fenômeno de mau contato elétrico, que independe da tensão gerada em cada barra/bobina, podendo ocorrer em todas as barras/bobinas do enrolamento, mesmo naquelas próximas ao neutro. A energia desprendida neste caso é muito maior que a das descargas parciais: assim o processo de degradação do sistema isolante é muito acelerado no caso da spark erosion. O presente trabalho apresentará a experiência com 2 turbogeradores idênticos de 200 MVA, 18 kV, 3600 rpm resfriados a ar da UEGA ? Usina Termelétrica de Aracária, que apresentaram sinais de deterioração por Spark Erosion. Serão descritas as fases de acompanhamento da evolução do processo de deterioração ao longo dos anos de operação, com inspeções periódicas e ensaios elétricos como descargas parciais e inspeção por boroscopia, até a tomada de decisão de rebobinagem completa do estator em ambos os geradores. Neste caso, a tomada de decisão sobre rebobinagem do gerador ocorreu antes das falhas dos mesmos, quando cada gerador tinha respectivamente as seguintes EBH (Equivalent Base Hours): CTG1 36.762 EBH e CTG2 38.687 EBH de operação. Serão mostrados os aspectos e características encontradas no bobinado após a retirada das barras como a condição da pintura condutiva na superfície das barras na parte reta, da luva de supressão de corona, do núcleo magnético e outros. Também será dada uma visão geral do processo de rebobinagem realizado nas instalações da usina e as melhorias e alterações implementadas no novo projeto de modo a evitar a ocorrência deste fenômeno. Serão apresentadas conclusões sobre as experiências adquiridas, as possíveis causas da ocorrência da Spark Erosion, os resultados do processo de rebobinagem e os resultados obtidos em termos de confiabilidade do gerador.

Perguntas e respostas:

A) A implementação de um sistema de monitoramento de vibração nas cabeças de bobina ou barras não seria interessante nesse caso, devido à severidade do fenômeno neste tipo de máquina e considerando também a possibilidade de descargas nas barras de baixo potencial?

O sistema de monitoramento de vibração nas cabeças de bobina teria pouca efetividade para avaliação do grau de severidade do ?spark erosion?. Provavelmente os sensores não teriam sensibilidade para detectar vibrações dentro da ranhura (parte reta da bobina). Outra dificuldade seria diferenciar se a vibração é por afrouxamento das amarrações ou das cunhas de fixação. O afrouxamento das barras no interior das ranhuras é uma das causas da ?spark erosion?. Neste sentido, a instalação de um sistema de monitoramento de vibração das barras no interior das ranhuras poderia indicar, sim, que haveria potencial para o aparecimento do modo de falha e provocar ações de manutenção periódica para manter as barras fixas. Entretanto, tais ações de manutenção (recunhagem parcial, por exemplo) exigem, em um turbogerador, a remoção do rotor, o que tem custos relativamente elevados. Por outro lado, como o fenômeno depende também da elevada condutividade do revestimento externo das barras (um problema de projeto que não pode ser resolvido com ações de manutenção), os autores consideram que, caso as duas causas estejam presentes, o aparecimento da ?spark erosion? é uma certeza, independente das eventuais ações de manutenção adotadas. Sendo assim, entende-se que a melhor estratégia de manutenção é monitorar a evolução do problema com o menor tempo possível de máquina parada e programar a substituição do enrolamento antes da falha em serviço. A boroscopia nos canais de ventilação pode ser feita durante uma parada de manutenção programada da turbina, por exemplo, e o monitoramento de descargas parciais é feito online. A análise combinada dos dois ensaios (avaliação subjetiva no caso da boroscopia e quantitativa no caso das descargas parciais) nos parece ser a melhor estratégia de monitoramento a adotar.

B) Um reforço / melhoria no sistema de amarração e fixação na região das cabeças das barras também não seria necessário, já que a vibração mais severa está no sentido axial?

A vibração mais severa ocorre em sentido radial, devido às correntes que circulam no enrolamento estático. Neste caso, reforçar ou melhorar a fixação das cabeças de bobina teria pouco ou nenhum efeito na redução da vibração no interior das ranhuras. Uma recunhagem parcial e a introdução de calços ondulados sob as cunhas seria mais efetiva neste sentido, mas exigiria a remoção do rotor.

C) Foi feita alguma avaliação e/ou ensaios no núcleo estático das máquinas considerando que o mesmo poderia também estar com algum problema associado à elevada vibração da máquina? (Problemas como pontos quentes, curto entre chapas ou mesmo vibração excessiva no pacote devido à uma montagem deficiente ou projeto).

A unidade geradora não apresentava vibrações elevadas. A vibração estava ocorrendo no interior das ranhuras estáticas apenas. Não foram feitos ensaios no núcleo estático. Durante paradas programadas de manutenção ou durante as inspeções boroscópicas, foram feitas inspeções visuais no núcleo estático (nos pontos acessíveis) e nenhum indicio de problemas no núcleo foi encontrado. Tal avaliação foi confirmada durante a substituição dos enrolamentos em ambos os geradores, ou seja, o núcleo estático se encontrava em perfeitas condições.

3.29 - SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS UTILIZANDO TECNOLOGIA OPC PARA CONSTRUÇÃO DE MODELOS LÓGICO-MATEMÁTICOS DE UMA TURBINA A GÁS HEAVY DUTY

YAMAO, E.M.(1);TOVAR, F.T.R.(1);RIBAS, L.G.T.(1);BORBA, J.(1);NARA, F.Y.(1);CHIESA, F.(2);SANTOS, V.M.L.(2);ORLANDI, A.D.S.(3); - LACTEC(1);UEGA(2);COPEL(3);

O objetivo deste artigo é apresentar um estudo de caso de uso da tecnologia OPC Classic 2.0 para integrar as informações oriundas de diversos sistemas de controle da Usina Termelétrica a Gás Natural ? UEGA em um sistema de aquisição de dados para a construção de modelos lógico-matemáticos de uma turbina a gás Heavy Duty. O sistema foi desenvolvido com o intuito de coletar e criar um histórico de dados do processo de combustão da turbina para fins de otimização e simulação de sua operação. Ele foi desenvolvido para operar em conjunto com outros sistemas da turbina como SPPA T3000 da Siemens e o 800xA da ABB, recolhendo dados de diversas

fontes. Sua implantação foi realizada com sucesso e os dados já estão sendo utilizados para criação e validação dos modelos da turbina como também para a criação de uma interface com o usuário com informações relevantes sobre a operação da planta.

Perguntas e respostas:

A) Com base nas simulações possibilitadas pelo sistema implantado, já foram obtidos resultados relevantes na otimização da operação da turbina a gás?

Ainda não foram obtidos resultados relevantes pois a etapa do projeto de otimização ainda está em desenvolvimento.

B) A implantação do sistema exigiu paradas específicas da planta ou de parte dos processos para sua execução, ou foi planejada e totalmente integrada às manutenções programadas?

Foram realizadas durante uma das paradas programadas em uma planta termelétrica, juntamente com a atualização do sistema de controle da planta.

C) Na Figura 5 (Diagrama de conexão lógica dos subsistemas), as conexões estão diferenciadas em cores preta, vermelha e azul. Tais cores estão relacionadas aos protocolos Modbus RTU, Modbus TCP e OPC?

Elas representam as camadas físicas de conexão: Preta - conexão fibra TCP/IP e OPC, Vermelha - conexão cabo UTP MODBUS TCP e Azul - cabo par trançado Modbus RTU.

Comentário: No resumo, deve-se corrigir a frase "criar um histórico de dados" na quarta linha e a palavra "conjunto" na sexta linha. 2) No item 2.1, na definição de Status, deve-se corrigir a frase "é o estado de qualidade das informações sobre o dispositivo"? 3) Na antepenúltima linha do parágrafo anterior à Figura 4, deve-se corrigir a frase "aos sistemas externos"? 4) Na segunda linha do parágrafo anterior à Figura 7, deve-se corrigir a palavra "turbina"? 5) Deve-se corrigir a primeira frase do parágrafo após a Figura 7 "O resultado do modelo matemático representa o comportamento ..."? Na penúltima linha deste parágrafo, também deve-se corrigir o plural "cujos dados".

4.0 TÓPICOS PARA DEBATE

O tópico selecionado pela equipe de relatores para debate é "Oportunidades e Impactos da Recessão em Usinas Termelétricas e Fontes Renováveis". Pretende-se abordar o impactos da recessão nas cadeias produtivas e nos mercados consumidores brasileiros; a magnitude e impacto da recessão sobre a demanda de energia elétrica (eletro-intensivos, indústrias automobilística, de bens de consumo duráveis e da construção civil, comercial e residencial); a desaceleração, postergação e retração de investimentos no setor elétrico e o desequilíbrios e desajustes no marco regulatório, no padrão de financiamento e no planejamento.