



**XXIII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GOP/22
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS – GOP

**APERFEIÇOAMENTO DOS REQUISITOS TÉCNICOS MÍNIMOS PARA A CONEXÃO DE CENTRAIS
GERADORAS EÓLICAS AO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL**

**SARDINHA, S.L.D.A.(1); CISNEIROS, S.J.N.(1); BOTELHO, M.D.J.(1); GOMES, P.(1); BRASIL, D.D.O.C.(1);
MEDEIROS, F.D.C.(1); BIANCO, A.(1); QUINTAO, P.E.M.(1); BARBOSA, A.D.A.(1); MEDEIROS, .A.D.R**

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico

RESUMO

A crescente participação da geração eólica na matriz de energia elétrica do país, sobretudo nas regiões Sul e Nordeste, que deverá evoluir dos atuais 5,6 GW de capacidade instalada para cerca de 15,0 GW no próximo triênio, constitui-se num grande desafio para o Operador Nacional do Sistema. Face à intermitência e variabilidade desta fonte de geração e às características particulares do Sistema Interligado Nacional (intercâmbio de grandes blocos de energia a longas distâncias), é fundamental para a segurança operacional garantir que os parques eólicos sejam suficientemente robustos para suportar os impactos dinâmicos de perturbações sistêmicas bem como contribuir para o controle das tensões e da frequência.

Considerando esta significativa projeção de expansão e a necessidade de estabelecer e aprimorar requisitos, critérios e procedimentos para integração da geração eólica ao SIN, aplicáveis aos estudos, análises e atividades desenvolvidas desde a operação em tempo real até o horizonte de 3 anos, o ONS constituiu em 2012 um grupo de trabalho e vem participando ativamente do GO-15, uma entidade que reúne os 16 maiores operadores de sistema no mundo, que representam juntos mais de 70% da demanda mundial de energia elétrica. O ONS coordenou os trabalhos da Força Tarefa criada no âmbito do GO-15 para a discussão dos aspectos de segurança sistêmica associados à penetração da geração eólica, da qual participaram representantes da Bélgica (Elia Group), Estados Unidos (PJM e MISO), França (RTE), Espanha (REE), Reino Unido (NG), Alemanha (Elia 50 Hz) e África do Sul (ESKOM).

O objetivo deste artigo é apresentar os resultados do trabalho desenvolvido no âmbito do GT-Eólicas visando ao aperfeiçoamento dos Procedimentos de Rede quanto aos requisitos técnicos mínimos para a integração de aerogeradores ao Sistema Interligado Nacional considerando:

- Operação fora das condições nominais de frequência
- Controle de potência reativa e tensão no Ponto de Conexão
- Capacidade de fornecimento/absorção de potência reativa fora das condições nominais de tensão
- Suportabilidade a subtensões e sobretensões dinâmicas
- Injeção de corrente reativa durante defeitos
- Potência de saída durante distúrbios
- Capacidade de resposta inercial (inércia sintética)

Tais requisitos foram elaborados com base na experiência adquirida pelo ONS com os parques eólicos em operação e nas iniciativas em nível internacional colhidas com a participação do ONS na Força Tarefa do GO-15.

PALAVRAS-CHAVE

Geração Eólica, intermitência, Sistema Interligado Nacional, impacto, requisitos, controle, critérios, segurança

1.0 - INTRODUÇÃO

No Brasil, desde a instituição, em 2002, do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), observa-se tanto o aumento do interesse por esta fonte de energia, quanto a redução do custo do MWh negociado nos leilões de energia. Em 2005, o Brasil tinha cerca de 30 MW de capacidade instalada. Em 2011 experimentou uma evolução sustentada, quando instalou 583 MW, proporcionando um aumento de 63% na capacidade instalada, que chegou a 1.509 MW. Em dezembro de 2014 atingiu o marco de 4.400 MW e mais de 10.600 MW de potência deverão ser instalados até 2018, constituindo-se assim em um dos mercados mais promissores para geração de energia eólica nos próximos anos.

Desse modo, os requisitos de conexão desta fonte de geração devem assegurar o controle da frequência e da tensão de todo o sistema, bem como a capacidade dos geradores eólicos de resistirem a impactos verificados na rede dentro dos padrões e limites estabelecidos.

A primeira versão dos requisitos técnicos para a conexão de geradores eólicos foi desenvolvida de acordo com o grau de inserção definido para esta fonte pelo PROINFA, quando ainda não se tinha uma expectativa mais realista de seu crescimento no SIN. Com o aumento do grau de penetração das fontes eólicas no SIN e, consequentemente, do maior impacto desta fonte no desempenho do sistema, uma nova versão dos Procedimentos de Rede foi encaminhada à ANEEL, aperfeiçoando os requisitos originalmente propostos.

Diante da perspectiva de entrada maciça de blocos de geração eólica nos subsistemas Nordeste e Sul do país, em função das inovações oferecidas pelos fabricantes nos modernos projetos de aerogeradores e da crescente evolução dos requisitos estabelecidos pelos operadores de sistema em todo o mundo no sentido da garantia da segurança sistêmica, o ONS efetuou uma nova revisão dos Procedimentos de Rede, que está sendo encaminhada à ANEEL, cujos principais aspectos são apresentados neste artigo.

2.0 - APRIMORAMENTOS DOS REQUISITOS TÉCNICOS E ESTUDOS DE INTEGRAÇÃO DE AEROGERADORES

Para atingir este objetivo, o grupo de trabalho constituído pelo ONS procedeu a um levantamento dos requisitos de conexão das fontes eólicas constantes nos principais Procedimentos de Rede, valendo-se de sua participação no GO-15, uma entidade que reúne os 16 maiores operadores de sistema no mundo, que representam juntos mais de 70% da demanda mundial de energia elétrica, e das recentes recomendações do ENTSO-E, uma associação sem fins lucrativos, sediada em Bruxelas, que reúne os operadores de sistema europeus, com o objetivo de fortalecer a cooperação dos operadores de sistema da Comunidade Européia em áreas como o desenvolvimento dos Procedimentos de Rede, a coordenação da operação do sistema e o desenvolvimento das redes.

A seguir são apresentados os aprimoramentos propostos quanto aos requisitos técnicos mínimos para a integração de aerogeradores ao Sistema Interligado Nacional visando a assegurar a sua operação segura e confiável.

2.1 Operação fora das condições nominais de frequência

Este é um dos mais importantes requisitos a serem atendidos pelos aerogeradores, particularmente em um sistema elétrico com as características do SIN, onde é usualmente praticada a transferência de grandes blocos de energia entre os subsistemas visando à exploração ótima da complementaridade de suas bacias hidrográficas. A capacidade das unidades geradoras de suportar as grandes variações de frequência que se verificam quando da abertura das interligações, até que sejam completadas as ações promovidas pelos Esquemas Regionais de Alívio de Carga (ERAC), em caso de subfrequência, e esquemas de corte de geração, em caso de sobrefrequência, reveste-se de importância vital para a sobrevivência da área ilhada. O objetivo deste requisito é garantir que os ajustes das proteções de frequência dos aerogeradores não levem à sua desconexão prematura, o que pode resultar no colapso do sistema.

Deste modo, ficaram assim definidos os requisitos mínimos para operação fora das condições nominais de frequência, conforme mostrado na figura abaixo:

- (a) Desligamento instantâneo permitido para operação abaixo de 56 Hz.
- (b) Operação abaixo de 58,5 Hz por tempo mínimo de 20 segundos.
- (c) Operação entre 58,5 e 62,5 Hz por tempo ilimitado.
- (d) Operação acima de 62,5 Hz por tempo mínimo de 10 segundos.
- (e) Desligamento instantâneo permitido para operação acima de 63 Hz.

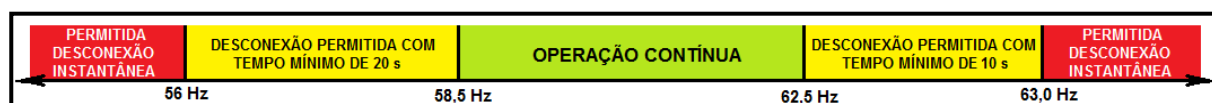


FIGURA 1 – Operação fora das condições nominais de frequência

2.2 Controle de potência reativa e tensão no Ponto de Conexão

Da pesquisa realizada junto a operadores de sistema, extraímos, a título de ilustração, os requisitos estabelecidos nos Procedimentos de Rede do Reino Unido (National Grid), França (RTE), Alemanha (50Hz) e Bélgica (Elia).

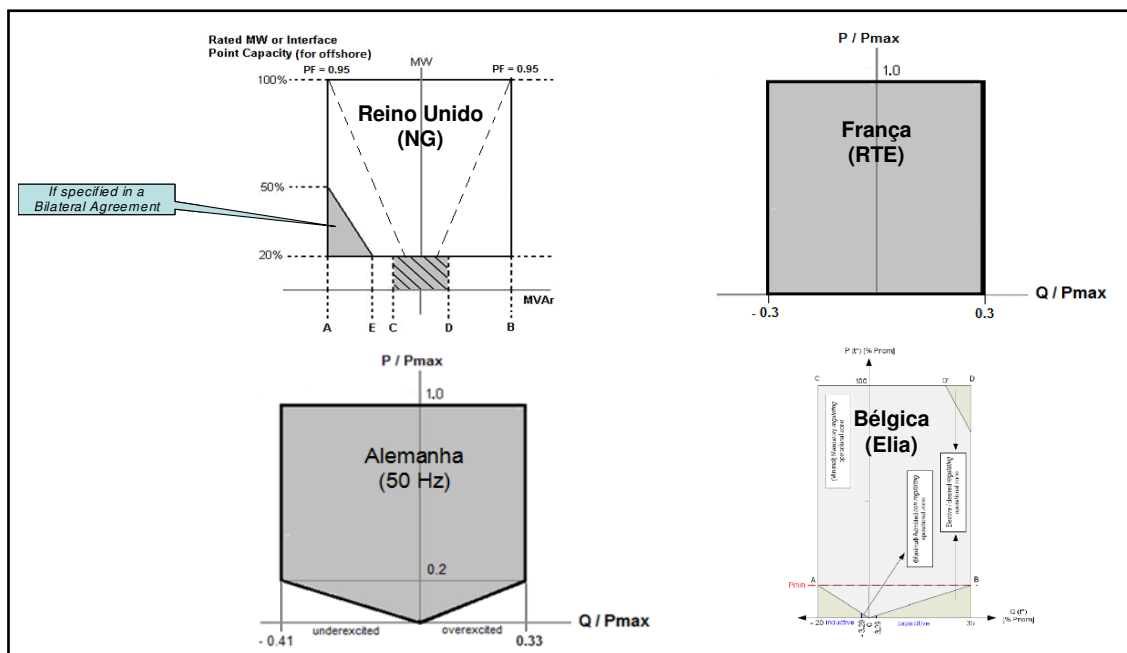


FIGURA 2 – Requisitos de controle de potência reativa e tensão no ponto de conexão

Com base nesta pesquisa e considerando as características do SIN, ficou assim definido os requisito mínimo para o SIN quanto à capacidade de geração/absorção de potência reativa:

Na conexão de suas instalações de uso restrito às instalações de transmissão, a central de geração eólica deve propiciar os recursos necessários para operar com fator de potência indutivo ou capacitivo em qualquer ponto da área indicada na figura abaixo:

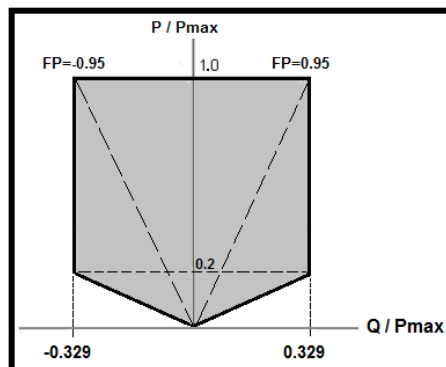


FIGURA 3 – Requisito de controle de potência reativa e tensão no ponto de conexão para o SIN

Nas condições em que os aerogeradores não estejam produzindo potência ativa, a central de geração eólica deverá ter recursos de controle para disponibilizar ao SIN sua capacidade de geração/absorção de potência reativa, observando o requisito mínimo de propiciar injeção/absorção nula no ponto de conexão, como indicado na figura acima.

Quanto aos modos de operação, ficou estabelecido que a central de geração eólica deve ser capaz de operar em 3 modos distintos de operação em regime permanente, através de controle conjunto centralizado:

- controle de tensão,
- controle de potência reativa e
- controle de fator de potência.

O modo de controle normal será o modo de controle de tensão no barramento coletor da central de geração, visando a contribuir com a manutenção do perfil de tensão do sistema dentro das faixas aceitáveis em condições normais ou de emergência.

Em função das necessidades do sistema, a central de geração poderá ser solicitada pelo ONS a operar no modo de controle de potência reativa ou no modo de controle de fator de potência na conexão de suas instalações de uso restrito, em qualquer dos pontos indicados anteriormente.

Quando operando em modo de controle de tensão, a central de geração deve ser capaz de prover um controle contínuo da tensão em seu ponto de conexão, com uma tensão de referência ajustável entre 95% e 105% da tensão nominal e um estatismo (droop) ajustável numa faixa entre 2 e 7% (com uma resolução de 0,5%).

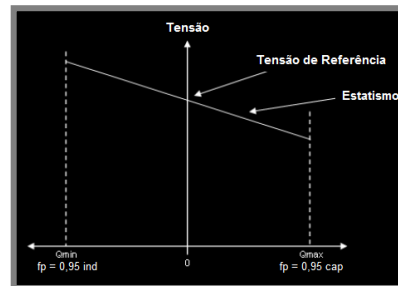


FIGURA 4 – Característica de Controle de Tensão com Estatismo

2.3 Capacidade de fornecimento/absorção de potência reativa fora das condições nominais de tensão

Da pesquisa realizada junto a operadores de sistema, extraímos, a título de ilustração, os requisitos estabelecidos nos Procedimentos de Rede do Reino Unido (National Grid), França (RTE), Alemanha (50Hz), Bélgica (Elia) e África do Sul (ESKOM).

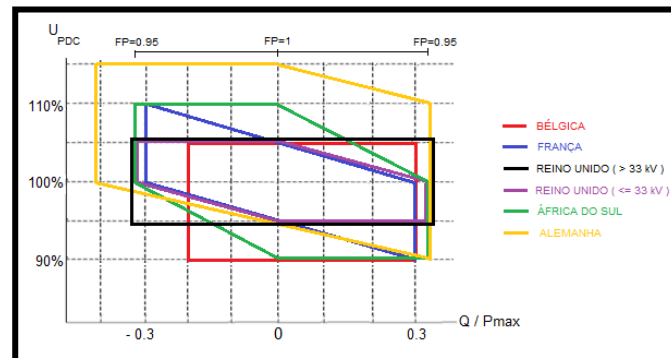


FIGURA 5 – Fornecimento/absorção de potência reativa fora das condições nominais de tensão

Com base nesta pesquisa e considerando as características do SIN, ficou assim definido o requisito mínimo quanto à capacidade de fornecimento/absorção de potência reativa fora das condições nominais para o SIN:

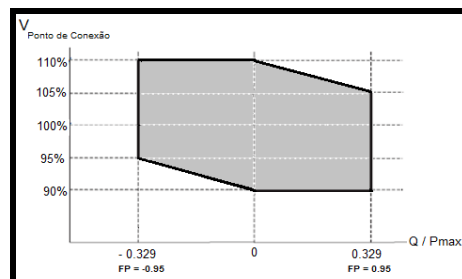


FIGURA 6 – Requisito de fornecimento/absorção de reativo fora das condições nominais de tensão para o SIN

2.4 Suportabilidade a subtensões e sobretensões dinâmicas

Da pesquisa realizada junto a operadores de sistema, extraímos, a título de ilustração, os requisitos estabelecidos nos Procedimentos de Rede do Reino Unido (National Grid), França (RTE), Alemanha (50Hz), Bélgica (Elia) e África do Sul (ESKOM).

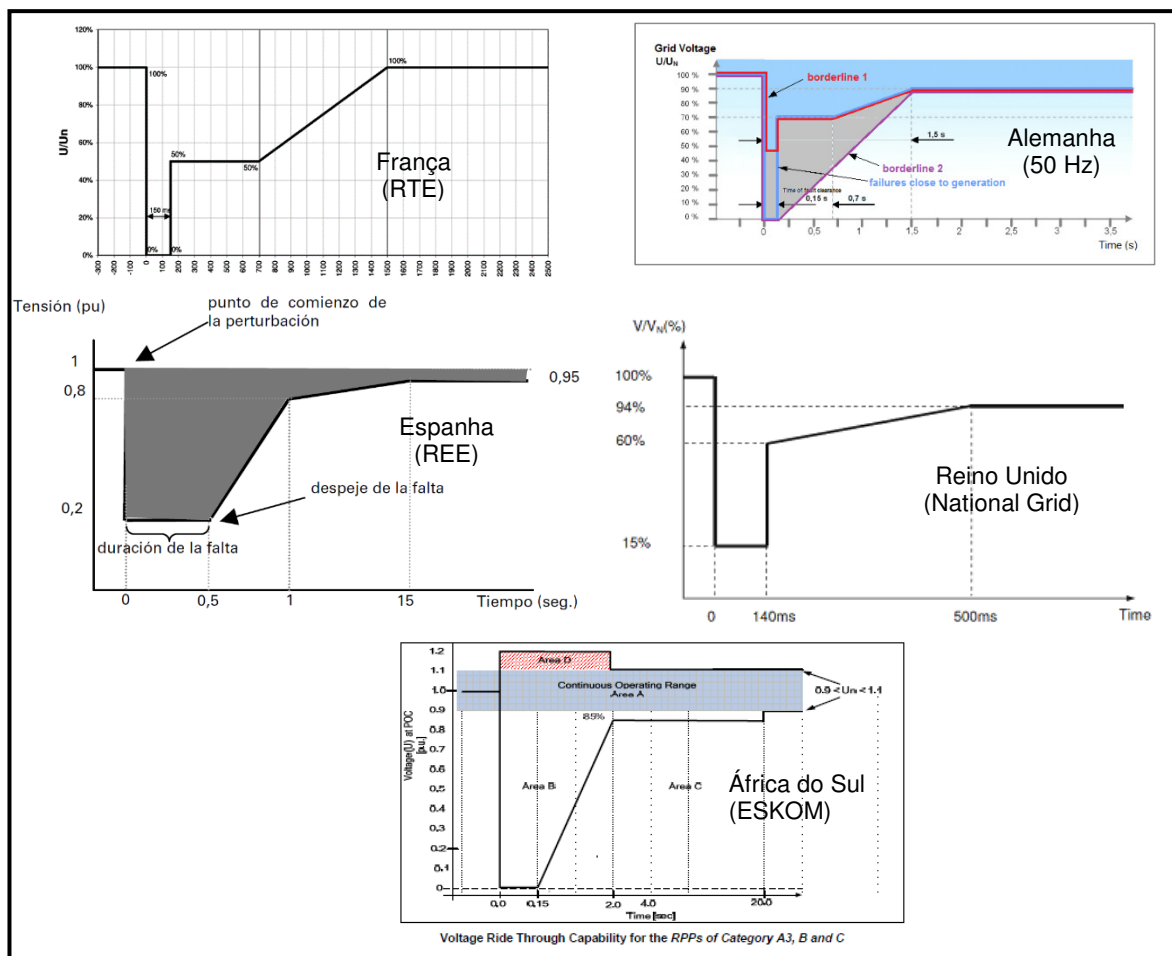


FIGURA 7 – Requisitos de suportabilidade a subtensões e sobretensões dinâmicas

Com base nesta pesquisa e considerando as características do SIN, ficou assim definido o requisito mínimo para os aerogeradores quanto à suportabilidade a subtensões e sobretensões no SIN:

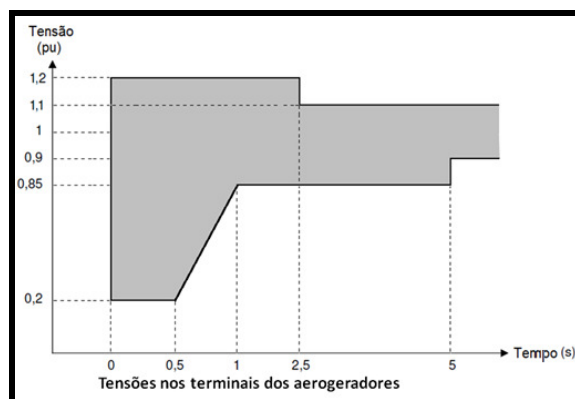


FIGURA 8 – Requisito de suportabilidade a subtensões e sobretensões dinâmicas para o SIN

2.5 Injeção de corrente reativa durante defeitos

Atualmente, além do requisito de suportabilidade a subtensões durante defeitos (fault ride-through) sem desconexão da rede, os aerogeradores estão sendo solicitados a contribuir com a injeção de corrente reativa para a melhoria da recuperação da tensão.

Da pesquisa realizada junto a operadores de sistema, extraímos, a título de ilustração, os requisitos estabelecidos nos Procedimentos de Rede da Espanha (REE), Alemanha (50Hz) e África do Sul (ESKOM).

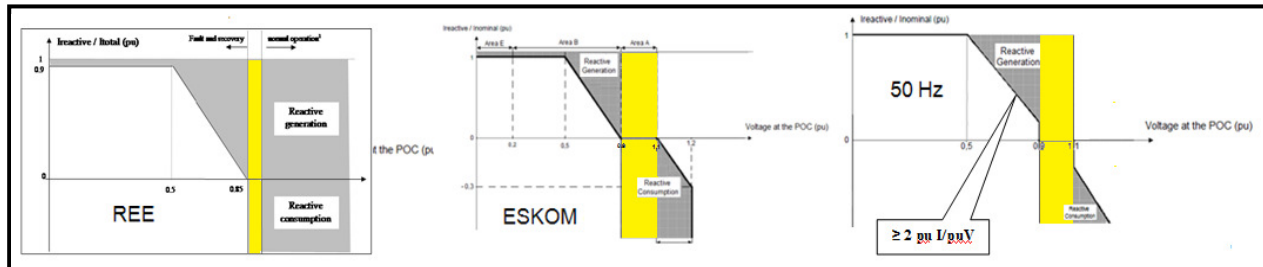


FIGURA 9 – Requisitos de Injeção de corrente reativa durante defeitos

Com base nesta pesquisa e considerando as características do SIN, ficou assim definido o requisito mínimo para os aerogeradores quanto à suportabilidade a subtensões e sobretensões no SIN:

Quando de variações transitórias de tensão, além de cumprir os requisitos de manter-se conectadas pelo período descrito anteriormente, as centrais de geração devem ser capazes de dar suporte de tensão à rede elétrica através da injeção de corrente reativa adicional, para tensões inferiores a 85%, e de absorção de corrente reativa adicional, para tensões acima de 110%, conforme a Figura. A instalação deve ser capaz de iniciar o suprimento de corrente reativa em não mais de 30 ms após a detecção de falta.

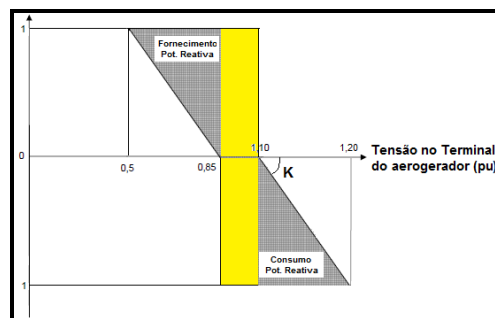


FIGURA 10 – Requisito de Injeção de corrente reativa durante defeitos para o SIN

Caberá ao ONS a responsabilidade de instruir a ativação deste recurso e de definir o valor de K (inclinação da reta) a ser utilizado em função das características do sistema onde as centrais serão inseridas.

2.6 Potência de saída durante distúrbios

Com base na pesquisa internacional realizada e considerando as características do SIN, ficou assim definido o requisito mínimo para os aerogeradores quanto à sua potência de saída durante distúrbios:

- A potência de saída da central geradora deve recuperar-se a 85% do valor pré-falta em não mais de 4 segundos após a recuperação da tensão a 85% da tensão nominal.
- Caberá ao ONS a responsabilidade de definir a rampa de recuperação da potência em função das características do sistema onde as centrais serão inseridas.
- Para tensões no correspondente ponto de conexão das instalações de uso restrito da central geradora eólica entre 0,90 e 1,10 pu não será admitida redução na potência de saída na faixa de frequências entre 58,5 e 60,0 Hz.
- Para frequências na faixa entre 57 e 58,5 Hz é admitida redução na potência de saída de até 10%.

2.7 Capacidade de resposta inercial (inércia sintética)

A introdução da eletrônica de potência nos aerogeradores, apesar das grandes vantagens que propicia, traz como prejuízo a redução da inércia global do sistema. No subsistema Nordeste e no subsistema Sul, mais particularmente no estado do Rio Grande do Sul, onde está prevista uma elevada penetração das centrais eólicas, esta característica representa uma grande ameaça à segurança do sistema quando de distúrbios que provoquem acentuadas subfrequências, resultando certamente num aumento da possibilidade de atuações do Esquema Regional de Alívio de Carga.

Por outro lado, a nova geração de aerogeradores já permite a introdução de controle sensível às variações de frequência comandando a mudança da ordem de potência do conversor eletrônico no sentido de fazer com que a central eólica participe da regulação primária do sistema (inércia sintética). Desta forma, parte da energia cinética do rotor do aerogerador é convertido em potência ativa, fazendo com que o mesmo varie sua velocidade transitoriamente, de forma a contribuir com o controle da frequência.

A resposta inercial já vem sendo introduzida como requisito em Procedimentos de Rede como na Hydro-Quebec (Canadá) que estabelece sua obrigatoriedade para centrais geradoras eólicas com potência acima de 10 MW, devendo ser mantido em serviço continuamente, atuando, porém, apenas para grandes excursões de frequência decorrentes de perturbações sistêmicas. Deste modo, ficou assim definido o requisito mínimo para a resposta inercial (inércia sintética) dos aerogeradores a serem integrados ao SIN:

As centrais de geração eólica deverão dispor de controladores sensíveis às variações de frequência, de modo a emular a inércia (inércia sintética) através de modulação transitória da potência de saída, contribuindo com pelo menos 10% de sua potência nominal, por um período mínimo de 5 segundos, para desvios de frequência superiores a 0,15 s, quando em regime de subfrequência e sobrefrequência. A provisão de inércia sintética deverá ser habilitada sempre que a potência ativa do aerogerador seja de pelo menos 10% de sua potência nominal, observando-se que caberá ao ONS a responsabilidade de instruir a ativação deste recurso, bem como definir através de estudos os ganhos dos controladores em função das características do sistema onde as centrais serão inseridas.

3.0 - CONCLUSÃO

O expressivo aumento na penetração da geração eólica no SIN que se verificará nos próximos anos, representa um grande desafio para a operação do Sistema Interligado Nacional. Os requisitos de conexão desta fonte de geração devem assegurar o controle da frequência e da tensão de todo o sistema, bem como a capacidade dos geradores eólicos de resistirem a impactos verificados na rede dentro dos padrões e limites estabelecidos, razão pela qual faz-se necessária a permanente revisão, atualização e complementação dos Procedimentos de Rede. Neste artigo foram apresentados os aprimoramentos introduzidos nos Procedimentos de Rede, que estão sendo encaminhados à ANEEL, os quais estão em consonância com as inovações oferecidas pelos fabricantes nos modernos projetos de aerogeradores e com a crescente evolução dos requisitos estabelecidos pelos operadores de sistema em todo o mundo.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CIGRÉ JWG C2/C5-05, Intermittent Generation – Operationally Acceptable Levels and the Impact on System and Market, (Cigré International Symposium, Guilin, China, 2009).
- (2) Gomes, P., Martins, A.C.B., Zani, C.R., Sardinha, S.L.D.A., “Integration of Wide-Scale Renewable Resources into the Power Delivery”, (Cigré IEEE PES Symposium, Calgary, Canada, 2009)
- (3) Gomes, P., Sardinha, S.L.D.A., Peres Jr, RG, Zani, C.R., Ferreira, L.E.S, Ribeiro, C., “Balancing Generation Considering Transmission Constraints and Distributed Generation in Brazil”, (Cigré International Symposium, Recife, Brasil, 2011).
- (4) IEA Report “Design and Operation of Power Systems with large amounts of Wind Power” - Final report, Phase One, 2006.
- (5) Wang, L., Singh, C., Kusiak, A., “Wind Power Systems - Applications of Computational Intelligence”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- (6) Wu, B., Lang, Y., Zargari, N., Kouro, S., “Power Conversion and Control of Wind Energy Systems”, IEEE Press series on power engineering, John Wiley & Sons, 2011.
- (7) Leuven EMTP Center, “ATP - Alternative Transient Program - Rule Book”, Herverlee, Belgium, 1987.
- (8) EWEA Report “Large Scale Integration of Wind Energy in the European Power Supply: analysis, issues and recommendations”, 2005.
- (9) GO 15 – Reliable and Sustainable Power Grids “Joint Activity: WG #3b - System Security Aspects Associated to Wind Generation Penetration – Terms of Reference, 2013”.
- (10) Transmission Code 2007 - Network and System Rules of the German Transmission System Operators

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Sergio Luiz de Azevedo Sardinha - Graduiu-se em engenharia elétrica em 1974 na Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Completou curso de pós-graduação em Sistemas Elétricos de Potência na Universidade Federal de Santa Catarina em 1981. Em 1975 ingressou na ELETROBRAS como engenheiro na área de Estudos de Planejamento da Operação permanecendo até 1992. Ingressou no ONS no ano 2000 onde até hoje presta serviços como engenheiro especialista na Gerência de Estudos Especiais de Proteção e Controle.

Saulo José Nascimento Cisneiros - Graduado em engenharia elétrica em 1973 pela Escola de Engenharia da UFPE e pós-graduado em 1978 em nível de mestrado em engenharia de sistemas de potência pela Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Iniciou sua carreira na CHESF em 1972 onde exerceu várias funções e cargos e desligou-se em 1998, como Superintendente de Operação e Comercialização de Energia. Na ELETROBRAS foi Gerente do Centro Nacional de Operação de Sistemas e Diretor de Projetos Especiais. Foi membro do Conselho de Administração de diversas empresas do setor elétrico. No ONS foi Gerente Executivo de três áreas, esteve como Assistente Executivo da Diretoria de Planejamento e Programação da Operação e está hoje como Gerente Executivo do Núcleo Regional Norte/Nordeste em Recife. É "Distinguished Member" do Cigré, foi "Special Reporter" na Sessão Bienal de 2006 em Paris, recebeu o "Technical Committee Award" neste mesmo ano e está como Vice-Presidente do Cigré-Brasil desde 2011. Publicou mais de 50 artigos em seminários e revistas nacionais e mundiais.

Manoel de Jesus Botelho - Formado em eletrotécnico em 1967 na Escola Federal de Eletrotécnica do Rio de Janeiro. Graduiu-se em engenharia elétrica em 1974 na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Especializou-se em Sistemas Elétricos de Potência na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI-MG) em 1977. Em 2004/2005 participou do MBA na escola de Negócios da PUC-Rio - IAG Master em Desenvolvimento Gerencial - ONS. Ingressou na Light em 1968 no Centro de Operação como eletrotécnico. Ingressou na Eletrosul em 1974 como engenheiro na área de Estudos e Proteção permanecendo até 1997. No ano de 1998 prestou serviços a Eletrobras no projeto da elaboração dos livros do Grupo Coordenador da Operação Interligada - CGOI. Ingressou no ONS no final de 1998 prestou serviços no Centro Regional de Operação Sul e atualmente atua com Gerente Executivo no Núcleo Sul do ONS, em Florianópolis.

Paulo Gomes - graduado em Engenharia Elétrica pela UERJ (1973), mestrado pela EFEI (1976), doutorado - UNIFEI (2001). Pós-doutorado em Engenharia Elétrica em andamento (COPPE). Em 1995 concluiu o MBA em Administração pela FGV -RJ e, em 2008 o MBA Capacitação em Aspectos Institucionais do Setor Elétrico Brasileiro pela - PUC/RJ. Iniciou sua carreira em 1972 na ELECTRA - ELETROTÉCNICA CONSULTORIA E PROJETOS. Na ELETROBRAS (1974-1996) exerceu diversos funções e cargos. Participou e coordenou diversos Grupos de Trabalho do GCOI. Em 1996 fundou a POWER SYSTEM SECURITY & QUALITY - PSQ, tendo prestado serviços de consultoria a diversas empresas nacionais e internacionais. Em 1999 ingressou no ONS. Atualmente é Assessor da Diretoria de Planejamento e Programação da Operação. Foi representante brasileiro do SC-C2 (Operation & Control) da CIGRÉ e coordenador do Comitê de Estudos C2 (Operação e Controle) da CIGRÉ-Brasil (2006 - 2014). Foi "Special Reporter" nas Sessões Bienais de 2008 e 2014, em Paris. Recebeu o "Technical Committee Award", em 2012 e o prêmio de "Distinguished Member" do CIGRÉ em 2014. Tem participado em atividades do IEEE, tendo recebido os seguintes prêmios: PSDP Committee Technical Award 'IEEE Special Publication 07TP190, IEEE PES e o PES Prize Working Group Award - IEEE Publication 07TP190, IEEE PES. É professor associado da UERJ. No âmbito do Very Large Power Grid Operators – no qual participam os maiores Operadores de Sistemas Elétricos no mundo, é coordenador do Comitê # 2 (Strong Power Grid). Publicou mais de 170 artigos em seminários e revistas nacionais e internacionais.

Dalton de Oliveira Camponês do Brasil - Obteve o grau de engenheiro eletricitista pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1972 e o grau de mestre em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco em 1996. Atualmente trabalha no Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) como assessor da Diretoria de Administração dos Serviços de Transmissão.

Fábio da Costa Medeiros - Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (atual Universidade Federal de Campina Grande - UFCG), em 1983. Pós-graduado pela UFPB, 1984. MBA em Desenvolvimento Gerencial pelo IAG/PUC-Rio, em 2009. Engenheiro da CHESF de 1985 a 2000, em Recife. Desde 2000 é engenheiro do ONS, trabalhando no Nucleo Norte Nordeste, em Recife.

André Della Rocca Medeiros - Possui Graduação (1991), Mestrado (1993) e Doutorado (2003) em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina e especialização em Administração CAISE/MBA pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2009). Desde 2000 trabalha no Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS onde atualmente atua como Gerente da Gerência de Planejamento da Operação Elétrica do Subsistema Sul e Mato Grosso do Sul do Núcleo Sul do ONS, em Florianópolis.

André Bianco - Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Gama Filho em 1990, Mestre em Ciências pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio em 1994 e MBA em Desenvolvimento

Gerencial pelo IAG/PUC-Rio, em 2010. De 1994 a 2003 atuou como pesquisador no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica com participação em projetos de pesquisa nas áreas de estabilidade de tensão, transmissão CCAT e sistemas de transmissão flexíveis FACTS. De 2004 a julho de 2005 ocupou a Coordenação do Núcleo de Estudos Elétricos e Energéticos na Andrade & Canellas Consultoria e Engenharia Ltda. Desde agosto de 2005 é Engenheiro Sênior do Operador Nacional do Sistema Elétrico, onde participa da elaboração do Plano de Ampliações e Reforços – PAR e também atua como representante no grupo de trabalho para integração de fontes renováveis do GO-15. É membro sênior do IEEE e ex-Secretário do IEEE Seção Rio de Janeiro.

Adriano de Andrade Barbosa - nasceu em Juiz de Fora, em 1973. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela UFJF, em 1995, e obteve o título de mestre em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ, em 1999. Em 2011 concluiu o MBA em Gestão de Energia Elétrica, pela PUC/RJ. Desde 2001, atua como engenheiro no Operador Nacional do Sistema Elétrico, onde coordena e desenvolve estudos pré-operacionais de instalações de geração e transmissão do Sistema Interligado Nacional, com foco na análise de desempenho dinâmico e estabilidade eletromecânica.

Paulo Eduardo Martins Quintão - engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 1993, pós-graduado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1999. Trabalhou no CEPEL no período de março de 1994 a junho de 2008. Trabalha no ONS desde julho de 2008 na Gerência de Estudos Especiais, Proteção e Controle - GPE. Participa em projetos de estabilização de sistemas através de reajustes nos controladores de unidades geradoras, além de estudos pré-operacionais de novos empreendimentos que integrarão o SIN. Atualmente sua principal atividade é o projeto do HVDC do Rio Madeira.