



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

GPT 30
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO II

GRUPO DE ESTUDO DE PRODUÇÃO TÉRMICA E FONTES NÃO CONVENCIONAIS - GPT

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA REGULAÇÃO DE TENSÃO EM UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO COM AEROGERADORES

Ailson P. de Moura * Adriano Aron F. de Moura

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ.

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho é comparar os métodos de regulação de tensão: controle da tensão na barra secundária do transformador através da variação do tape fase, retirada de bancos de capacitores, redução da potência ativa gerada, aumento da potência reativa importada da rede elétrica e controle de carga. Desenvolveu-se um programa no Matlab para resolver fluxo de carga. Analisou-se um sistema de distribuição da Companhia Energética do Ceara, de 40 barras com uma usina eólico-elétrica interligada.

Concluiu-se que o controle de carga é um método eficiente. Mas, sua implementação depende de um contrato com o proprietário da carga.

PALAVRAS-CHAVE

Energia Eólica, Geração Eólico-Elétrica, Sistemas de Potência, Sistemas de Distribuição, Fluxo de carga.

1.0 - INTRODUÇÃO

Os sistemas de potência devem ser planejados e operados de tal forma a fornecer aos seus usuários níveis de qualidade dentro dos padrões aceitos pelas normas técnicas, sendo o nível de tensão um importante fator a ser considerado. A crescente utilização de geração eólico-elétrica em certas regiões do Brasil tem causado elevações de tensão, principalmente em sistemas elétricos com características radiais. Isto pode acontecer durante a operação normal dos aerogeradores, que têm as suas produções de energia vinculadas às intensidades dos ventos, que variam aleatoriamente.

Existem algumas técnicas que podem ser aplicadas para limitar a elevação de tensão no estado permanente. Scott, Atkinson e Morrell investigaram o uso do controle da carga consumidora como um novo e inovador método para regular a tensão de distribuição quando influenciado pela operação de um gerador eólico-elétrico conectado. Analisaram os problemas do excesso de tensão no estado permanente e os métodos de limitação de tensão que podem ser aplicados com referência à geração eólico-elétrica. [1].

Mogos e Guillaud desenvolveram um algoritmo de regulação de tensão para uma rede com geração distribuída baseado no controle de potência ativa e reativa.[2].

A proposta de Kim, J.E. e Kim, T. E. apresentou um método de coordenação da regulação de tensão de sistemas com geração distribuída usando LTC (*load tap changing*) e LDC (*line drop compensator*). [3].

O impacto técnico da Geração Distribuída (GD) na regulação de tensão quando integrada a um típico sistema de distribuição foi estudado por Kojavic. Ele também desenvolveu um modelo computacional e simulou e implementou um sistema de controle para estudar a integração da GD com os reguladores de tensão e capacitores. [4].

O objetivo principal deste trabalho é verificar a eficácia dos seguintes métodos de regulação de tensão, em um sistema de distribuição com geração eólico-elétrica: controle da tensão na barra secundária do transformador através da variação do tap fase, retirada de bancos de capacitores, redução da potência ativa gerada, aumento da potência reativa importada da rede elétrica e controle de carga. Para isto foi desenvolvido um programa computacional no software Matlab para resolver fluxo de carga baseado no método desacoplado rápido.

No item II, é discutido o cálculo de potência a partir dos ventos. No item III, são apresentadas as equações do método desacoplado rápido do fluxo de carga, juntamente com o fluxograma do programa de fluxo de carga, que foi desenvolvido na ferramenta computacional Matlab. O item IV trata dos métodos de regulação de tensão, que podem ser aplicados com referência específica à geração eólico-elétrica. O item V mostra os resultados do impacto na tensão da interligação de uma usina eólico-elétrica nos níveis de tensão em um sistema de sub-transmissão e distribuição, em regime permanente. E, finalmente, os itens VI e VII trazem as conclusões e as referências deste trabalho.

2.0 - CÁLCULO DA POTÊNCIA EÓLIO-ELÉTRICA

2.1 Análise Estatística da Velocidade do Vento

A variabilidade da velocidade do vento é uma das principais dificuldades encontradas tanto na viabilidade financeira como operacional em projetos de geração eólico-elétrica. Por isso, que analisam-se os dados históricos como parte de um processo estocástico, considerando as diversas variações de vento. No caso de grande número de registros de velocidade de vento, o procedimento usual consiste em agrupar os dados dentro de vários intervalos, chamados de classes. Este agrupamento permite evidenciar certas propriedades da variável que não seriam possíveis identificar pela simples análise dos dados brutos. Determina-se a que classe pertence determinada velocidade. Com as classes definidas, calcula-se a velocidade média de toda a amostra. Em seguida calcula-se as frequências relativas (F_R), isto é, o número de vezes que os valores contidos na amplitude de classe ocorrem (Frequência Absoluta) em relação ao tamanho da amostra total. Assim, pode-se reescrever a velocidade média e a variância em cada classe da seguinte forma:

$$v_m = V_{Ri} \cdot u_i \quad (1)$$

sendo i a classe em questão.

2.2 Distribuição de Weibull

Neste trabalho utilizou-se a função densidade de probabilidade de Weibull, que é função de dois parâmetros, exigindo, para sua definição, o conhecimento da velocidade média e do desvio padrão. A velocidade do vento u pode ser representada pela distribuição de Weibull se a sua função densidade de probabilidade é:

$$f(u) = \frac{k}{c} \cdot \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \cdot \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right] \quad (2)$$

sendo k o parâmetro de forma e c o parâmetro de escala.

O parâmetro de forma define a forma da distribuição e está relacionado com o desvio padrão. O parâmetro de escala define a escala da distribuição e está relacionado com o valor médio. A função Gamma - Γ - relaciona os parâmetros c e k da distribuição de Weibull com as características da velocidade do vento e variância, através das relações seguintes:

$$k = \left(\frac{\sigma}{\bar{u}}\right)^{-1,086} \quad (3)$$

$$\bar{u} = c \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (4)$$

sendo Γ a função Gamma, .:

Feito o cálculo das velocidades de vento usando Weibull, estima-se a potência usando-se a curva da máquina, no caso a do gerador E-40, mostrada abaixo.

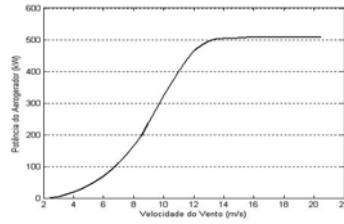


FIGURA 1 – Curva de Potência E - 40

3.0 - FLUXO DE CARGA DESACOPLADO RÁPIDO

As equações do método desacoplado rápido são:

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ V_i \end{bmatrix} = [B^*].[\Delta \theta] \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta Q \\ V_i \end{bmatrix} = [B^m].[\Delta V] \quad (6)$$

3.1 Controle do tape fase do transformador

No programa desenvolvido para o cálculo do fluxo de carga, foi inserido um algoritmo para controlar o módulo da tensão em barras PQ, através de tapes em fase de transformadores.

As equações 7 e 8 mostram como calcular o tape fase p p.u. do transformador para controlar a tensão na barra m em $V_{m(esp)}$ p.u.

$$T_p = p + jq \quad (7)$$

sendo t_p o tape do transformador, p o tape fase e q o tape quadratura do transformador.

Implementou-se somente o tape fase p , considerando um transformador em fase com terminais k e m , cuja relação de transformação p deve ser variada para controlar a magnitude V_m de uma das tensões terminais, temos:

$$p^{(j+1)} = p^{(j)} \pm \alpha(V_m^{(j)} - V_m^{(esp)}) \quad (8)$$

sendo j a iteração atual; α a sensibilidade do tape p com relação à tensão V_m ou V_k ; $V_m^{(j)}$ o valor de tensão calculado na iteração j e $V_m^{(esp)}$ o valor de tensão especificada.

A figura 2 mostra o fluxograma do programa desenvolvido no software MATLAB.

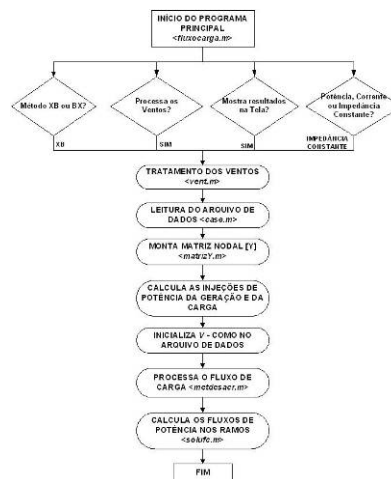


FIGURA 2 – Fluxograma do programa <fluxocarga.m>

4.0 - MÉTODOS PARA REGULAÇÃO DE TENSÃO

A maioria dos sistemas de distribuição foi projetado e construído para facilitar a distribuição da potência elétrica de uma grande central de geração para os consumidores. O último local para regular a tensão na maioria dos

alimentadores de distribuição seria no barramento secundário da última subestação de média tensão. Além disto, o sistema utilizaria toda a gama de variações de tensão permitidas para cobrir as quedas de tensão causadas pelo carregamento normal do alimentador, mantendo assim as médias e baixas tensões dentro dos limites legais.

A conexão da geração eólico-elétrica altera o fluxo de potência e pode resultar em tensões maiores do que as tensões normais, as quais podem estar acima dos limites legais. De acordo com a Resolução nº 505 da ANEEL, de 26 de Novembro de 2001, a faixa de variação da tensão contratada com a concessionária deve variar entre 95% e 105% da tensão nominal de operação do sistema.

A figura 3 ilustra um típico gerador eólico conectado a uma linha de média tensão e, por consequência, à subestação local de alta/média tensão.

As potências ativa e reativa do gerador eólico-elétrico são P_g e Q_g e as cargas ativa e reativa do consumidor são P_c e Q_c . A corrente I_R circula através da impedância da linha $Z=R+jX$. A tensão da subestação e a tensão do ponto de conexão são V_s e V_g , respectivamente. Desse modo, tem-se:

$$S_R = P_G - jQ_G - P_C - jQ_C \quad (9)$$

sendo $S_R = V_g \cdot I_R^*$ a potência aparente que o gerador eólico-elétrico injeta na rede, obtendo o valor de I_R e considerando o diagrama fasorial na figura 4, com o ângulo da tensão δ muito pequeno tem-se a equação (10) a seguir:

$$\Delta V = \frac{(P_g - P_c) \cdot R - (Q_g + Q_c) \cdot X}{V_g^*} \quad (10)$$

4.1 Metodologia Aplicada

A conexão de novos esquemas de geração eólico-elétrica é comprometida pelos efeitos no sistema local de distribuição. As principais limitações na capacidade instalada dos novos geradores estão relacionadas com a tensão e a mais comum é a elevação de tensão no estado permanente, principalmente nos horários de ventos mais fortes e carga mais leve.

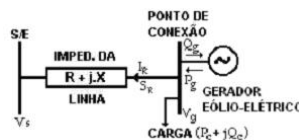


FIGURA 3 – Gerador eólico-elétrico conectado a uma linha de média tensão

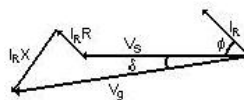


FIGURA 4 – Diagrama fasorial

O enfoque deste trabalho é o estudo de algumas técnicas aplicadas para verificar a eficiência destas na regulação de tensão no estado permanente, descritas a seguir: controle da tensão na barra secundária do transformador: há o controle da tensão na barra secundária através do tap do transformador da subestação; retirada de bancos de capacitores: são retirados alguns bancos de capacitores da barra da subestação; redução da potência ativa gerada: são retirados alguns aerogeradores durante o período de elevação de tensão; aumento da potência reativa importada da rede elétrica: também é injetada na usina eólico-elétrica potência reativa e controle de carga: uma carga é inserida na rede, quando for necessário o controle da tensão.

O sistema a ser analisado é um sistema de distribuição real de 40 barras com uma usina eólico-elétrica interligada. A figura 5 mostra o esquema do sistema. De acordo com esta barras com linhas mais escuras são as barras na qual a tensão nominal é de 69kV e as barras com linhas mais finas são as barras onde a tensão nominal é de 13,8kV. A subestação na qual a usina eólico-elétrica está conectada encontra-se localizada na barra 09 (lado de 69 kV) e na barra 25 (lado de 13.8 kV). Os dados do transformador são descritos a seguir: nº de fases: 3; frequência: 60 Hz; tensão Nominal: 69kV/13.8 kV; potência Nominal: 10/12,5/15MVA e comutador de derivações em carga de alta tensão: 22 posições, entre 58575 V e 71775 V. O transformador é equipado com um regulador do tipo LTC, ou seja, permite a comutação sob carga. A usina eólico-elétrica real que está sendo estudado possui 10MW, sendo composto de 20 aerogeradores modelo E-40 da Wobben WindPower. A Potência nominal de cada aerogerador é de 500kW. Existem dois alimentadores conectando a usina eólico-elétrica com a rede elétrica. Metade dos aerogeradores estão conectados à barra 32 e a outra metade à barra 36, ou seja, em cada uma das duas barras pode ser injetado até 5MW de potência.

4.2 Estudo de Casos

Para realizar o estudo dos métodos para regulação de tensão, foram considerados vários casos, sendo que neste artigo mostra-se apenas o caso base, e o pior caso, chamado de caso 01, onde foi conectada a usina eólio-elétrica em carga leve, ou seja, horário compreendido entre 00:00 e 05:00h, no segundo semestre do ano, fazendo a análise estatística do vento e injetando a potência de Weibull obtida. Este caso foi a motivação para a análise das técnicas de regulação e cujos resultados estão descritos no item 5.

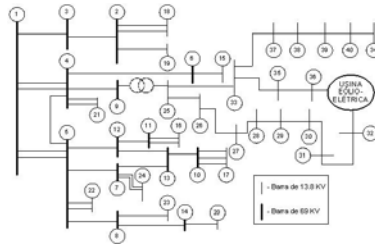


FIGURA 5 – Sistema real de 40 barras com usina eólio-elétrica interligada

4.2.1 Caso Base

No caso base, trabalha-se com o sistema de distribuição real de 40 barras sem injeção de potência proveniente da usina eólio-elétrica. Este caso tem como objetivo mostrar o comportamento do sistema sem a injeção proveniente da usina eólio-elétrica. Na figura 6 abaixo é mostrado o gráfico de tensões em cada barra do sistema.

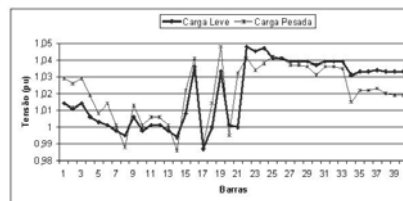


FIGURA 6 – Tensões nas barras - Caso Base

Pode-se observar que as tensões nas barras estão dentro dos limites aceitáveis na legislação: $0.95 \leq V \leq 1.05$ p.u.. Portanto, conclui-se que o sistema de distribuição funciona normalmente antes da interligação da usina eólio-elétrica à rede elétrica.

4.2.2 Caso 01

No caso 01 foi conectada a usina eólio-elétrica ao sistema de distribuição. Foi calculada a potência injetada pela usina eólio-elétrica através da distribuição de Weibull com dados de ventos obtidos de medições anemométricas reais. O objetivo do caso 01 é a análise do comportamento da tensão nas barras do sistema. Mostra-se, especialmente, o comportamento das tensões na barra 25, barra da subestação onde a usina eólio-elétrica está interligada, e nas barras 32 e 36, onde a usina eólio-elétrica está diretamente conectada.

Este caso foi a motivação para a análise das técnicas de regulação, cujos resultados estão descritos no item V. A seguir, seguem os gráficos dos perfis de tensões.

Na Figura 7 é mostrado o gráfico das tensões no período de carga leve no 2º semestre, nas barras 25, 32 e 36, conforme a legenda. Nesta situação, a injeção de potência da usina eólio-elétrica é grande, fazendo os níveis de tensão aumentarem a níveis muito elevados, sendo necessário a utilização de métodos para reduzir a elevação de tensão.

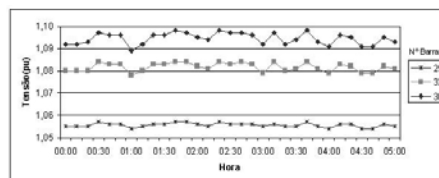


FIGURA 7 – Caso 01 - Carga Leve - 2º semestre

Observando os gráficos anteriores, vê-se que a tendência das tensões nas barras analisadas é elevar-se na medida em que os ventos aumentam ou de acordo com a carga.

No item V, são descritos métodos para solucionar a problemática da elevação de tensão no estado permanente e ajustá-las para dentro do patamar aceitável na legislação que é: $0.95 \leq V \leq 1.05$ p.u..

5.0 - RESULTADOS

Este item enfoca o estudo de algumas técnicas, que são descritas em cinco casos, aplicadas para verificar a eficiência destas na regulação de tensão no estado permanente. Cada caso mostra gráficos com os níveis de tensão nas barras em que a usina eólico-elétrica foi interligada (barras 32 e 36). Os casos são relacionados a seguir: Caso 5.1 - Controle da tensão na barra secundária do transformador através do seu tape em fase; Caso 5.2 - Retirada de bancos de capacitores; Caso 5.3 - Redução da potência ativa gerada; Caso 5.4 – Aumento da potência reativa importada da rede elétrica e Caso 5.5 - Controle de carga.

5.1 Caso 5.1

Os transformadores com controle automático de tape podem ser utilizados na regulação de magnitudes de tensões nodais. No caso 5.1 é controlada a tensão na barra secundária do transformador da Subestação (barra 25) através da variação do seu tape em fase para verificar se é possível obter uma tensão nas barras da usina eólico-elétrica dentro do limite aceitável.

Na figura 8, apresentam-se os gráficos dos perfis de tensões na barra 25, onde está instalado o LTC, e nas barras 32 e 36, onde está conectada a usina eólico-elétrica.

Na Figura 8 pode-se observar que todas as tensões nas barras do sistema de distribuição estão dentro da faixa permitida pela resolução da ANEEL.

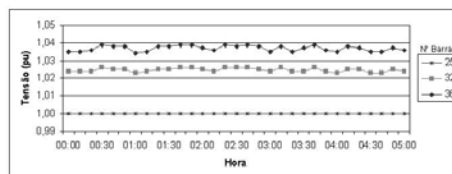


FIGURA 8 – Caso 5.1 – carga leve 2º semestre

5.2 Caso 5.2

No caso 5.2, os bancos de capacitores da barra 25 são retirados para verificar se é possível reduzir a tensão nas barras da usina eólico-elétrica até o limite aceitável na legislação.

Abaixo, seguem os gráficos dos perfis de tensões nas barras 32 e 36, onde está conectada a usina eólico-elétrica.

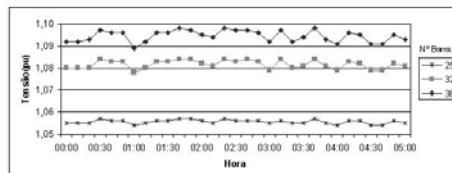


FIGURA 9 – Caso 5.2 – carga leve 2º semestre

A figura 9 mostra a curva das tensões nas barras 32 e 36 na situação de carga leve e durante o 2º semestre do ano. Nota-se que, apesar da retirada dos bancos de capacitores, não foi possível reduzir a tensão na barra 36 para dentro do limite aceitável na legislação. No entanto, na barra 32 foi reduzida e está dentro dos limites aceitáveis. A variação da redução da tensão para o pior caso, que ocorreu às 02:20h, na barra 32 foi de 3,23% e na barra 36 foi de 3,28%.

5.3 Caso 5.3

No caso 5.3, a potência ativa de saída do gerador foi reduzida para verificar se é possível a redução dos níveis de tensão. Esta é uma solução dinâmica, onde a saída da geração é reduzida somente em horas críticas para manter os níveis de tensões satisfatórios. Pode ser obtido ajustando o ponto de operação de controle dos geradores eólico-elétricos ou desconectando-os individualmente, dependendo da estratégia de controle. Esta pode ser uma opção relativamente atrativa desde que os custos adicionais sejam mantidos baixos e a potência gerada perdida não seja considerável em relação à potência total gerada pela usina.

A figura 10 mostra a curva das tensões nas barras 32 e 36 na situação de carga leve e durante o 2º semestre do ano. Para se obter o perfil de tensões que está dentro do limite aceitável na legislação, retirou-se 60% dos aerogeradores da usina eólico-elétrica, ou seja, somente oito aerogeradores estariam funcionando durante este período. A variação da redução da tensão para o pior caso, que ocorreu às 02:20h, na barra 32 foi de 3,14% e na barra 36 foi de 4,37%.

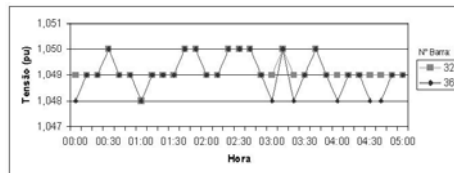


FIGURA 10 – Caso 5.3 – carga leve 2º semestre

Observa-se que, em alguns casos, é necessária uma grande redução na potência ativa gerada para poder reduzir a tensão aos níveis aceitáveis. Sendo assim, esta nem sempre é uma solução viável para a empresa que administra o parque eólico, devendo, nestes casos em que é necessário retirar uma grande quantidade de geração, ser utilizada juntamente com outra solução.

5.4 Caso 5.4

No caso 5.4, verifica-se que, ao aumentar o consumo de potência reativa na geração eólica, a elevação da tensão nas barras da usina eólio-elétrica é reduzida. De acordo com a Eq. (17), pode-se verificar que, matematicamente, isso é possível, pois ao incrementar Q_g , o valor de ΔV diminuirá.

A figura 11 mostra a curva das tensões nas barras 32 e 36 na situação de carga leve e durante o 2º semestre do ano. Para se obter o perfil de tensões dentro do limite aceitável na legislação, a barra 32 deveria consumir 1.3 MVar e a barra 36 1.8 MVar. A variação da redução da tensão para o pior caso, que ocorreu às 02:20h, na barra 32 foi de 2,12% e na barra 36 foi de 4,46 %.

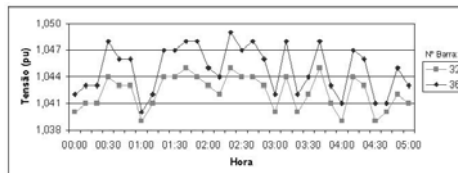


FIGURA 11 – Caso 5.4 – carga leve 2º semestre

Conclui-se que aumentar o consumo de potência reativa da usina é um método bastante eficaz, obtendo resultados positivos em 100% das situações testadas. Isto pode ser obtido via compensadores reativos, chaveamento de bancos de capacitores (no caso de máquina de Indução com fator de potência indutivo) ou via inversores existentes, no caso de aerogeradores com velocidade variável, tornando, assim, bastante atrativa financeiramente. Como desvantagem, esta solução requer equipamentos de índices térmicos maiores, aumenta as sobrecargas nas fontes reativas da rede e aumenta as perdas no sistema.

5.5 Caso 5.5

No caso 5.5 foi usado o controle de carga para regular a tensão nas barras da usina eólio-elétrica. Este controle é usado durante os períodos de alta geração, para limitar a elevação de tensão. O aumento da potência da carga P_c e, conseqüentemente Q_c , na redução de ΔV , pode ser observado na equação (17). Desta forma, quando a tensão nos alimentadores estiverem no seu limite, cargas adicionais são conectadas para reduzir a tensão. Foi inserida em cada barra uma carga fictícia, baseada em uma carga real, com as seguintes características: potência: $P_c = 2,48\text{MW}$; fator de Potência: 0,82; Tensão de Alimentação: 194V. A partir dessas características, pode-se obter a Potência Reativa que é dada como $Q_c = 1,713\text{MVar}$. A figura 12 mostra a curva das tensões nas barras 32 e 36 na situação de carga leve e durante o 2º semestre do ano. Nota-se que a tensão está dentro do patamar de $\pm 5\%$.

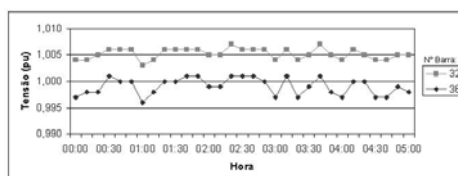


FIGURA 12 – Caso 5.5 – carga leve 2º semestre

Conclui-se que o controle de carga é um método bastante eficiente, obtendo resultados positivos em 100% das simulações. Mas, para ser implementado, depende de um acordo contratual com o proprietário da carga. Isto pode ser facilitado se a concessionária oferecer ao cliente o preço do kWh mais viável do que a própria geração do cliente, por exemplo, um preço mais acessível do que o gasto com diesel, no caso de a fonte primária deste cliente ser um gerador diesel.

5.6 Comparação dos Métodos

Este tópico realiza um comparativo entre os métodos de regulação de tensão utilizados neste estudo. Para cada caso foi utilizada a pior situação, ou seja, aquela que ocorreu o maior valor do nível de tensão.

TABELA I
Comparação dos Métodos – Barra 32 – Carga Leve

Método Utilizado	2º Semestre	
	% redução	Tensão obtida (V)
Controle da tensão através da variação do tape	5,35%	1.026
Retirada de bancos de capacitores	3,23%	1,049
Retirada de bancos de capacitores+Controle da tensão através da variação do tape	4,43%	1,036
Redução da potência ativa gerada	3,14%	1,050
Aumento da potência reativa importada da rede elétrica	2,12%	1,045
Controle de Carga	7,10%	1,007

De acordo com a Tabela 1, para a barra 32, período de carga leve, os métodos de controle de carga e controle da tensão através do tape foram os mais eficazes e conseguiram regular a tensão na barra 32 dentro dos limites aceitáveis.

6.0 - CONCLUSÕES

O programa computacional desenvolvido, baseado no método desacoplado rápido, é uma ferramenta poderosa para cálculos de fluxo de carga num sistema com uma usina eólica conectada; Os métodos de regulação de tensão estudados permitem algumas opções para realizar a regulação de tensão no estado permanente; Alguns métodos são mais eficazes, como o controle da tensão no secundário do transformador através da variação do tape, aumento da potência reativa importada da rede elétrica e controle de carga, e conseguem resolver com o problema da elevação de tensão; O caso onde se obteve maior eficiência foi o caso 2.5, onde se realiza a redução da tensão através do controle de carga. Porém, esta conclusão foi obtida exclusivamente para este sistema, podendo em outra situação de carga ou em outro sistema, esta solução não se mostrar tão eficiente. Só uma análise detalhada de cada sistema a ser controlado poderá identificar qual o melhor método para ser aplicado, ou seja, menor custo e maior eficiência.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) C. N. Scott., D. J. Atkinson, J. E. Morrel,, Use of Load Control to regulate Voltage on Distribution Networks with Embedded Generation, Proceedings of the IEEE Transactions on Power Applications and Systems, vol. 17, nº 2, pp. 510-515, 2002.
- (2) Mogos, E. F., Guillaud, X., "A voltage regulation system for distributed generation", in 2004 IEEE Power Systems Conference and Exposition, vol. 2, pp. 787 – 794.
- (3) Kim, T. E., Kim, J. E., "A method for determining the introduction limit of distributed generation system in distribution system", in 2001 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting,, vol. 1, pp. 480 – 484.
- (4) Kojovic, L., "Impact of DG on Voltage Regulation", in 2002 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, , vol. 1, pp. 97-102.
- (5) S. Peixoto Lima, "Métodos para regulação de tensão em sistemas de distribuição com geração eólio-elétrica," Dissertação de mestrado, Dept. Eng. Elétrica, Universidade Federal do Ceara, Fortaleza, 2006.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Ailson Pereira de Moura

Nasceu em Mossoró – RN – Brasil em 31 de agosto de 1955 Graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará - CE, em 1979. Em 1983 diplomou-se como Especialista em Sistemas de Potência pela Universidade Federal de Itajubá – MG. Em 1986 e 1996 recebeu, respectivamente, os graus de Mestre em Ciências e de Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande - PB. Desde 1981, é professor do Depto de Eng. Elétrica da Universidade Federal do Ceará.

Adriano Aron Freitas de Moura

Nasceu em Mossoró – RN – Brasil em 28 de dezembro de 1983. Graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará - CE, em 2006. Atualmente é aluno do Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica da UFC.