



Grupo de Estudo de Desempenho de Sistemas Elétricos - GDS

**RESULTADOS DE CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE QUALIDADE DA ENERGIA EM SISTEMAS COM
COMPENSADORES ESTÁTICOS DE REATIVOS - ANÁLISE DO IMPACTO DE OUTROS AGENTES NA
AMPLIFICAÇÃO DE HARMÔNICOS EM SISTEMA DE 500 kV**

Nelson Clodoaldo de Jesus*; João Roberto Cogo; Luis Fernando Ribeiro Ferreira; Luiz Marlus Duarte

Éverson Júnior de Mendonça; Leandro Martins Fernandes; Jesus Daniel de Oliveira

GSI - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação dos resultados obtidos em campanhas de medição de qualidade da energia elétrica (QEE) na rede básica em 500 kV. Para esta análise, serão apresentados os resultados das campanhas de medição relacionadas as condições de pré e pós-operação de um Compensador Estático de Reativos (CER) com potências nominais de -100 a +200 Mvar. A análise comparativa entre as medições evidencia uma significativa mudança nos comportamentos das distorções das tensões na segunda campanha, com variações intermitentes durante toda a operação, sendo caracterizada a presença de inter-harmônicos com frequências elevadas. Adicionalmente, apresentam-se os resultados da operação do equipamento, com comportamento adequado e características normais. Destaca-se que, apenas na última campanha de medição foram registrados indicadores atípicos e não esperados para o sistema em 500 kV, cujo comportamento não está diretamente relacionado à operação do equipamento de compensação, destacando-se a possível influência da entrada de geração eólica.

PALAVRAS-CHAVE

Compensador Estático de Reativos, Qualidade da Energia Elétrica, Campanhas de Medição, Harmônicos, Geração de Energia Eólica.

1.0 - INTRODUÇÃO

A conexão de cargas elétricas não lineares ao Sistema Interligado Nacional (SIN), tais como, sistemas de geração de energia eólica e fotovoltaica, compensadores estáticos de reativos (CER), etc, tem demandado a realização de estudos e medições para verificação dos possíveis impactos no sistema, com atenção especial para a análise da propagação de harmônicos.

Este trabalho apresenta uma avaliação das medições em um sistema de 500 kV. O primeiro monitoramento foi realizado na Rede Básica do SIN, utilizando os Transformadores de Potencial Capacitivos (TPCs) instalados no "bay" de conexão em 500 kV, antes da entrada em operação do CER. As medições tiveram como objetivo verificar o comportamento dos indicadores de QEE em comparação aos valores recomendados em (1). Após a instalação, comissionamento e operação do sistema de compensação do CER, realizou-se uma segunda medição que não foi considerada, entretanto, para a análise dos indicadores de QEE. Desta forma, uma terceira medição foi realizada para a campanha pós-operação e considerada como a segunda campanha de medição. Esta última campanha foi realizada no mesmo ponto de conexão e com o mesmo medidor de QEE (Dranetz PowerXplorer PX5).

Para a análise dos indicadores de QEE são avaliados os resultados das medições nas condições sem e com a operação do CER e, para esta última condição, considerando ainda as faixas de controle de potência reativa de -100 a 200 Mvar. Somente na última medição, onde o sistema já estava operando em anel, foram verificados resultados com forte degradação e distorções das tensões medidas, induzindo a uma reflexão quanto aos resultados e o comportamento resultante, considerado anormal e inesperado.

2.0 - CAMPANHAS DE MEDIÇÃO DE QEE

Conforme estabelecem os Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), as campanhas de medição são realizadas por um período mínimo de 7 dias consecutivos. No caso em análise, foram realizadas três medições, sendo então utilizadas a primeira e a terceira como amostrais para obtenção dos indicadores de referência e consideração dos dados para composição dos resultados sob a condição de pré-operação e pós-operação do CER. Devido aos resultados anormais obtidos na terceira medição, apresentam-se também o comportamento do sistema durante a operação do CER na segunda medição, conforme (2), (3) e (4). Todas as medições foram obtidas a partir dos mesmos sinais dos transdutores de tensão (TPCs), instalados no lado de 500 kV de uma subestação no Estado da Bahia, localizada próxima a diversos complexos eólicos que atualmente se encontram em operação.

O equipamento de compensação de reativos é formado por Reatores Controlados por Tiristores (RCT), Capacitores Chaveados a Tiristores (CCT) e Filtros de Harmônicos de 5ª ordem (FH5-1 e FH5-2) e 7ª ordem (FH-7), instalados no secundário do banco de transformadores com unidades de 45/55/67 MVA, em 500/30 kV, conforme Figura 1 a seguir. Os resultados obtidos nas campanhas de medição (pré e pós-operação) foram corrigidos em função das respostas em frequência para cada fase.

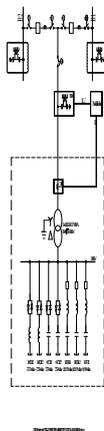


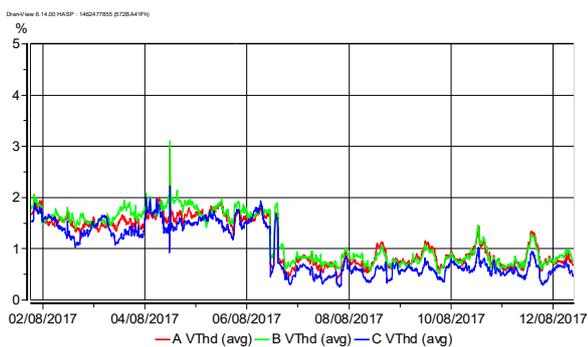
FIGURA 1 - Diagrama Unifilar do Compensador Estático de Reativos (CER).

3.0 - RESULTADOS DAS MEDIÇÕES DE HARMÔNICOS

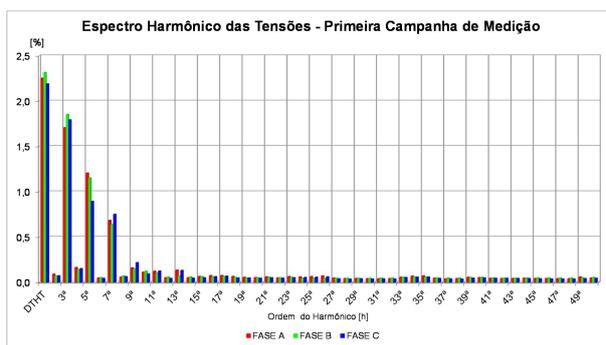
Os resultados obtidos nas três medições realizadas e as correspondentes análises são apresentadas nos itens a seguir.

3.1 Primeira Campanha de Medição

A Figura 2 (a) mostra o comportamento das distorções médias das tensões no período de 02 a 12/08/17, com valores adequados e inferiores ao limite recomendado de 3%, conforme (1). A Figura 2 (b) apresenta os resultados já corrigidos a partir dos ganhos do TPC, sem a operação do CER no sistema, onde os principais componentes observados se referem aos de 3^a, 5^a e 7^a ordens e com distorções totais próximas a 2,3%, portanto, aproximadamente 77% do limite de 3%. Os limites individuais também não foram violados nesta primeira campanha de medição.



(a)



(b)

FIGURA 2 - Primeira Campanha: Comportamento das Distorções das Tensões (a) e Indicadores das Distorções e Componentes Harmônicos (b).

3.2 Campanha de Medição Intermediária

A Figura 3 mostra o comportamento das distorções médias das tensões, no período de 18 a 27/10/17, resultando também em valores inferiores aos limites recomendados. Com a entrada em CER dos respectivos filtros,

verificou-se até mesmo uma redução das distorções neste intervalo de medição, comparando com o monitoramento realizado antes de sua entrada em operação, conforme a Figura 2 (a).

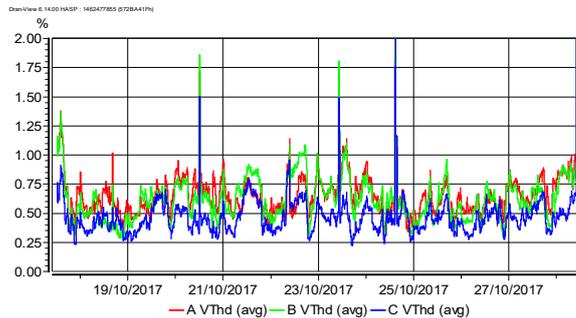
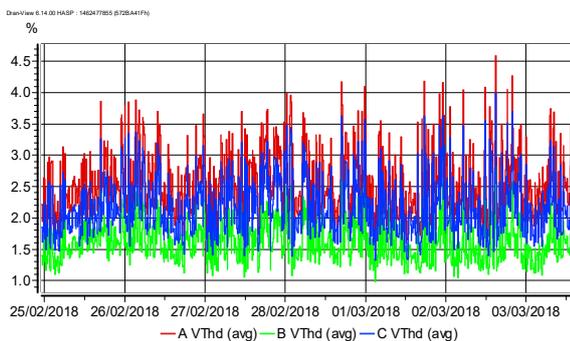


FIGURA 3 - Campanha Intermediária: Comportamento das Distorções das Tensões.

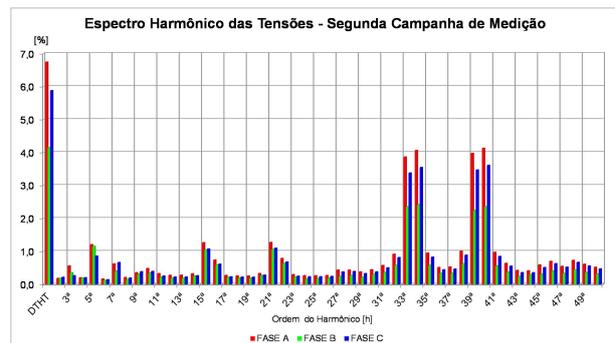
3.3 Segunda Campanha de Medição

A Figura 4 (a) mostra o resultado das distorções médias das tensões, no período de 25/02 a 03/03/18, com resultados fora dos padrões para sistemas de 500 kV e, portanto, atípicos e inesperados, além de variações repetitivas e valores superiores aos limites de referência.

São apresentados ainda, na Figura 4 (b), os resultados dos indicadores, também corrigidos com as respostas em frequência dos TPCs, apresentando valores superiores aos limites e, sobretudo, características atípicas, pois os componentes preponderantes estão nas faixas próximas a 33ª, 34ª, 39ª e 40ª ordens, mostrando claramente duas bandas predominantes. Ressalta-se que tais componentes não tem relação direta com a operação e características de compensadores estáticos convencionais, pois seu princípio de funcionamento é a base de tiristores.



(a)



(b)

FIGURA 4 - Segunda Campanha: Comportamento das Distorções das Tensões (a) e Indicadores das Distorções e Componentes Harmônicos (b).

4.0 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS MEDIÇÕES

Este item apresenta uma análise comparativa entre os resultados obtidos nas medições de QEE em termos dos indicadores quanto às distorções devido aos componentes harmônicos, considerando a primeira campanha de medição, sem a operação do CER, e mais duas condições do sistema interligado, já com a conexão do CER, atuando no controle de potência reativa e nas faixas limites do equipamento.

4.1 Resultados dos Indicadores das Campanhas de Medição

A comparação entre os indicadores das distorções e componentes individuais da tensão da fase A, para as duas campanhas de medição, está apresentada na Figura 5 com notável e significativa mudança de comportamento. Este fato deve servir como exemplo, pois, não necessariamente, campanhas de medição refletem os comportamentos e efeitos de um único equipamento, especialmente quando ocorre ampliações dos valores de distorções e aumento de outras fontes intermitentes próximas ao sistema elétrico em análise.

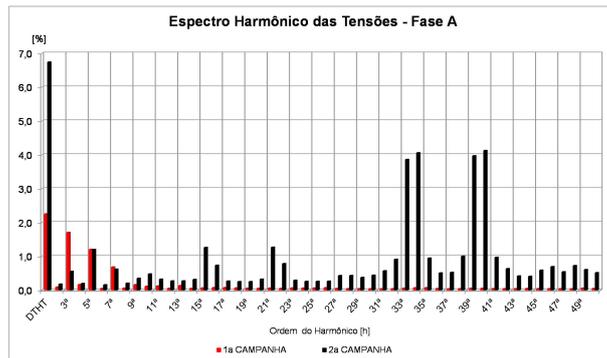


FIGURA 5 - Comparação entre os Indicadores de Harmônicos da Fase A.

4.2 Formas de Onda e Componentes Harmônicos sem o CER na Primeira Campanha de Medição

As formas de onda típicas verificadas durante a primeira campanha de medição estão mostradas na Figura 6, sendo o perfil harmônico composto por componentes de baixa ordem, como os harmônicos de 3ª, 7ª e 5ª ordens, respectivamente.

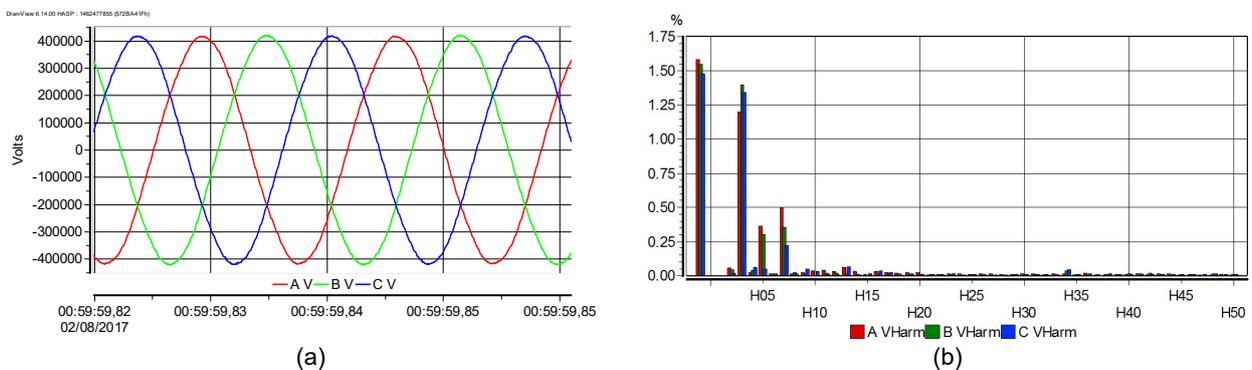


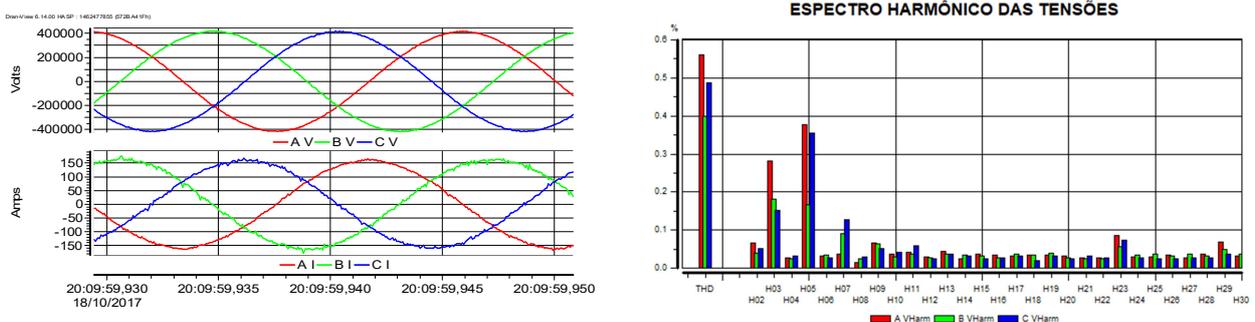
FIGURA 6 - Formas de Onda das Tensões (a) e correspondentes espectros harmônicos (b) na Medição Pré-Operacional do CER.

4.3 Formas de Onda e Componentes Harmônicos com o CER em Operação na Medição Intermediária

Este item apresenta os resultados das medições quando não foram caracterizadas variações significativas nos indicadores, sendo que as características típicas para operação nos valores limites de potência reativa podem ser comparadas a seguir.

4.3.1 Operação do CER com -100 Mvar

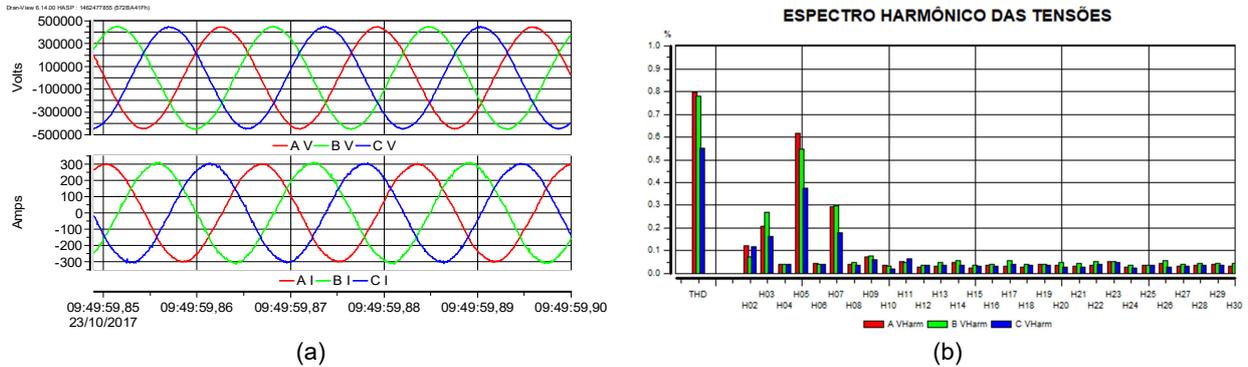
A Figura 7 (a) apresenta as formas de onda das tensões e correntes obtidas durante o teste com controle no modo de potência reativa, para um ajuste de referência em -100 Mvar. Na Figura 7 (b) é apresentado o espectro harmônico das tensões do sistema nesta condição operacional, resultando em uma distorção total em torno de 0,6% e componentes individuais de 5ª, 3ª e 7ª ordens como os mais preponderantes.



(a) (b)
 FIGURA 7 - Operação do CER com -100 Mvar: Formas de Onda das Tensões e Correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b).

4.3.2 Operação do CER com +200 Mvar

A Figura 8 (a) apresenta o resultado obtido durante o teste com controle no modo de potência reativa, para um ajuste de referência em + 200 Mvar e, com base na Figura 8 (b), pode-se inferir que também nesta operação do CER, os indicadores de QEE foram plenamente adequados com uma distorção total em torno de 0,8%.



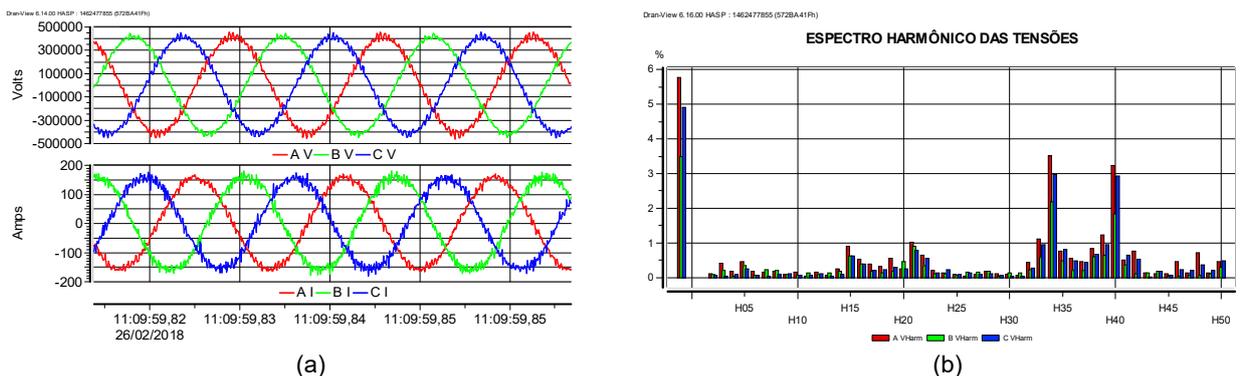
(a) (b)
 FIGURA 8 - Operação do CER com +200 Mvar: Formas de Onda das Tensões e Correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b).

4.4 Formas de Onda e Componentes Harmônicos com o CER em Operação na Segunda Campanha de Medição

Nesta medição, as formas de onda das tensões e correntes apresentam características bem distintas das obtidas anteriormente com a operação do CER, induzindo ao entendimento de um possível efeito externo devido à entrada em operação de agentes de geração eólica no sistema eletricamente próximo.

4.4.1 Operação do CER com -100 Mvar

A Figura 9 (a) apresenta o resultado obtido durante o teste com operação no modo de controle de potência reativa, para um ajuste de referência em -100 Mvar. Os espectros harmônicos das tensões para esta condição de operação estão mostrados a seguir, destacando-se componentes harmônicos preponderantes de altas frequências, conforme registro da Figura 9 (b).



(a) (b)
 FIGURA 9 - Operação do CER com -100 Mvar: Formas de Onda das Tensões e Correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b).

4.4.2 Operação do CER com +200 Mvar

A Figura 10 apresenta o resultado obtido durante o teste com controle no modo de potência reativa, para um ajuste de referência em +200 Mvar. Os perfis harmônicos registrados para as tensões estão apresentados em seguida, indicando os mesmos componentes atípicos, ou seja, 32ª e 38ª ordens.

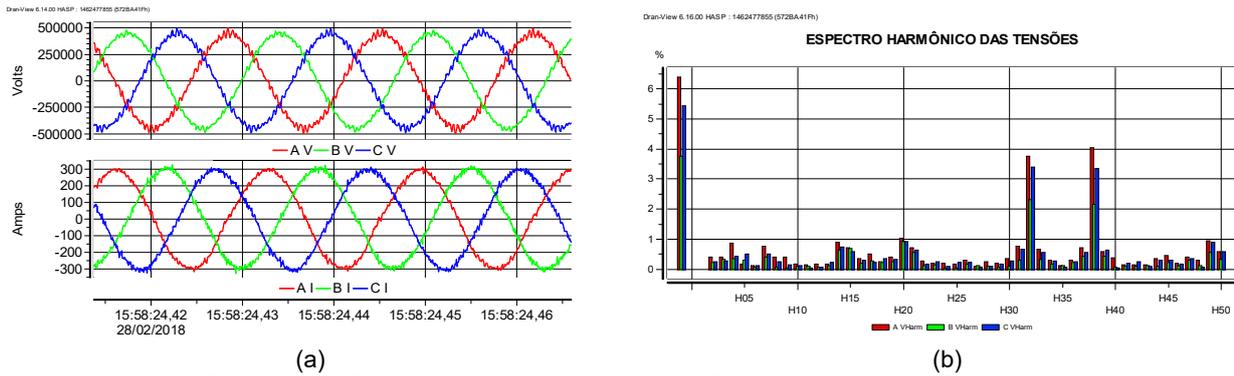


FIGURA 10 - Operação do CER com +200 Mvar: Formas de Onda das Tensões e Correntes (a) e espectro harmônico das tensões (b).

5.0 - REGISTROS DE OSCILAÇÕES, AMPLIFICAÇÕES E PRESENÇA DE INTER-HARMÔNICOS NAS MEDIÇÕES DE QEE

Este item apresenta uma descrição do comportamento intermitente, com identificação de variações nas distorções das tensões devido à presença de inter-harmônicos durante as medições realizadas especificamente na segunda campanha de medição. Além das variações e elevadas distorções nas formas de onda das tensões, foram também registradas oscilações de harmônicos e a presença de componentes do tipo inter-harmônicos, próximos aos harmônicos preponderantes registrados e representativos para esse período de monitoramento. Quando o medidor de QEE utilizado foi programado e instalado para o teste mínimo de verificação das tensões (uma fase em todos os canais), já foram observadas variações significativas das distorções. Os valores mínimos, médios e instantâneos das distorções da fase A estão apresentados na Figura 11, onde se percebe claramente variações periódicas nas distorções das tensões medidas durante o início e realização da última campanha de medição de QEE no sistema em 500 kV.

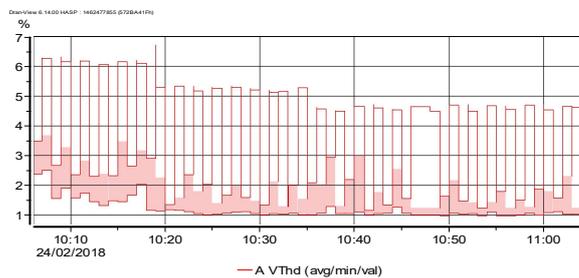


FIGURA 11 - Comportamento das distorções mínimas, médias e instantâneas.

A Figura 12 (a) ilustra as formas de onda obtidas durante um determinado instante no período inicial desta campanha de medição da QEE, enquanto na Figura 12 (b) é apresentado o espectro harmônico da tensão, resultando em uma distorção total de 6%, ou seja, o dobro do valor considerado como limite para esse sistema.

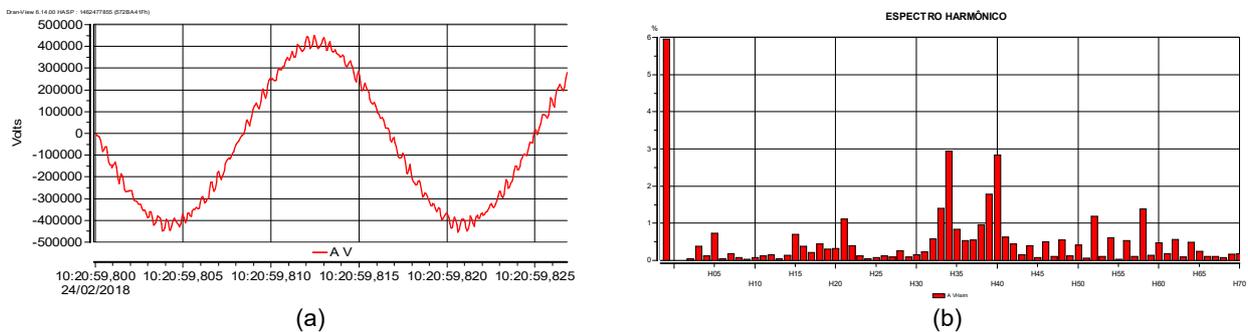


FIGURA 12 - Formas de Onda da Tensão da Fase A (a) e o Correspondente Espectro Harmônico (b) durante a Segunda Campanha.

A Figura 13 ilustra outro exemplo da análise para um determinado instante no período inicial desta campanha de medição da QEE, destacando-se o espectro harmônico total registrado nas tensões (“fullspectra”).

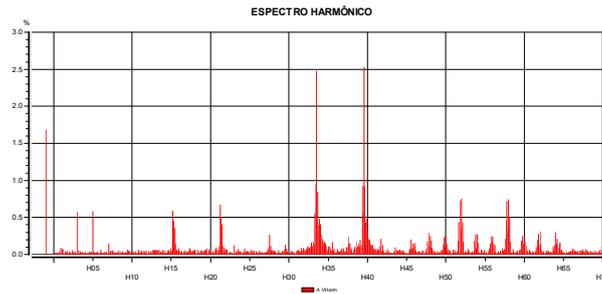


FIGURA 13 - Espectro Harmônico da Tensão da Fase A durante a Segunda Campanha.

Na análise das formas de onda foram observadas frequências próximas às mostradas anteriormente, evidenciando a presença de componentes não múltiplos da fundamental (inter-harmônicos), com valores significativos na decomposição dos componentes individuais. Destaca-se que a presença de harmônicos não característicos e também de inter-harmônicos, normalmente não estão relacionadas a operação e a injeção de correntes pelo sistema do CER. De forma repetitiva, foram observadas variações nas distorções e tais características permaneceram durante todo o período dessa campanha de medição, ou seja, comprovou-se que o sistema atualmente em operação apresenta comportamento intermitente, bem como componentes de altas frequências registradas nas tensões medidas no ponto de conexão com a rede básica, como destacado na Figura 14 (a) e no respectivo espectro harmônico total ilustrado na Figura 14 (b).

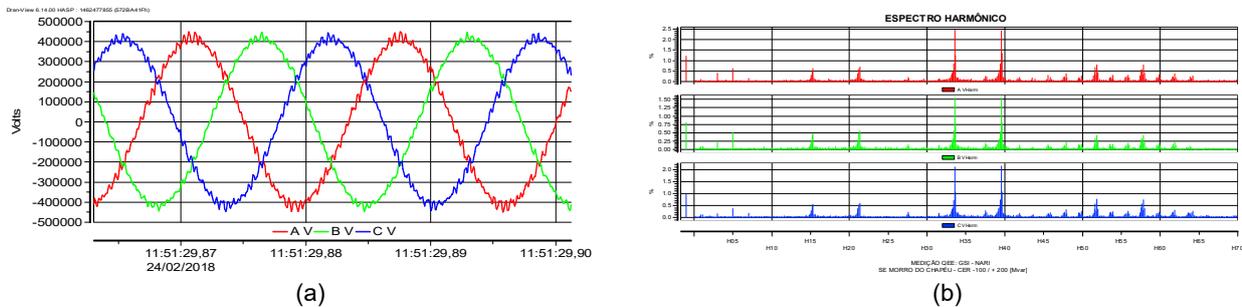


FIGURA 14 - Formas de Onda (a) e Espectro Harmônico das Tensões (b) durante a Segunda Campanha.

6.0 - RESULTADOS DE MEDIÇÕES COM OUTROS INSTRUMENTOS

Diante da constatação de comportamento inesperado e completamente atípico para esta classe de tensão, incluindo também a observação pelo “display” do equipamento do tipo classe A, utilizado nas respectivas campanhas de medição de QEE, foram obtidas algumas amostras no painel do registrador de perturbações (RDP), indicando também a presença de componentes não característicos. Além do procedimento anterior de registro e verificação das formas de onda das tensões pelo RDP, conforme a Figura 15, foi realizada ainda uma avaliação através do osciloscópio localizado na subestação, sendo também comprovada a sobreposição de componentes de altas frequências. Portanto, três distintos tipos de equipamentos de medição mostraram que os sinais derivados dos TPCs apresentavam elevadas distorções nas formas de onda utilizadas para verificação dos indicadores de QEE no sistema elétrico em análise com a operação do CER.

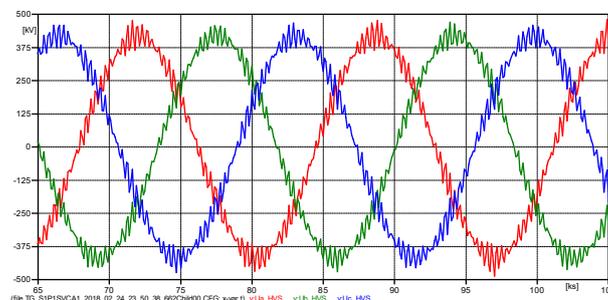


FIGURA 15 - Formas de onda das tensões obtidas pelo registro do RDP.

7.0 - CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou os comportamentos e os indicadores de qualidade das tensões no referido sistema durante a realização de campanhas de medição. Com base nesta análise pode-se inferir que as distorções observadas nas tensões para a condição atual de operação não apresentam correlação direta com a entrada do CER. Do ponto de vista da operação do CER, destaca-se que os principais componentes harmônicos das correntes injetadas normalmente seriam os de 5ª e 7ª ordens, sendo este o motivo pelo qual existem os filtros de harmônicos, sintonizados próximos a estas frequências. As distorções registradas não têm como origem os chaveamentos dos tiristores utilizados no controle e operação do CER, pois conforme resultados obtidos na medição intermediária, os principais componentes harmônicos das tensões não são os injetados pelo equipamento de compensação estática instalado em 500 kV.

Para comprovação categórica do comportamento do sistema, foi sugerido realizar medições adicionais, sem a operação do CER, bem como identificar as possíveis interferências no sistema. Considerando as divergências entre os resultados obtidos na primeira e segunda campanha oficial de medição da QEE, configurações do sistema estabelecidas entre ambos os períodos e as condições de geração dos parques eólicos da região, a comparação para verificar possíveis impactos da operação do CER ficou prejudicada, com os resultados que indicaram forte degradação das tensões no referido ponto de conexão ao SIN em 500 kV.

Um ponto a ser explorado nesta análise sob o aspecto de injeção e amplificação de harmônicos e variações intermitentes devido à presença de inter-harmônicos nos sinais das tensões medidas se refere às possíveis influências de outros agentes conectados ao mesmo sistema. A combinação entre a rede e a injeção de harmônicos pelos sistemas de geração intermitentes, pode resultar em um aumento das distorções das tensões devido às possíveis amplificações, sendo este um exemplo da complexidade envolvida com sistemas elétricos, pois não se pode afirmar categoricamente sobre distorções que dependem de vários agentes conectados ao mesmo tempo e do comportamento dinâmico do sistema de potência. Como verificado também nas referências internacionais, oscilações dinâmicas estão ocorrendo em outras instalações com amplificações das distorções das tensões (5).

Diante do exposto e dos resultados apresentados, entende-se como necessário refinar os estudos de harmônicos, de forma que se considerem os reais efeitos de chaveamentos de fontes renováveis e seu impacto nos sistemas elétricos, como no caso apresentado nesta análise, baseada em todos os procedimentos e diretrizes para a realização de campanhas de medição de QEE, relacionadas à conexão de cargas não lineares à rede básica do SIN.

Conclui-se que campanhas de medição podem não retratar o efeito exato e o comportamento de um único equipamento no sistema, especialmente quando da presença de amplificações, bem como do aumento expressivo de parques eólicos conectados ao sistema onde foram realizadas as medições. Destaca-se que o tipo de comportamento registrado provavelmente esteja relacionado ao aumento do número de máquinas e das potências injetadas pelos parques eólicos circunvizinhos ao sistema em análise, devido a sua característica de funcionamento intermitente e operação através de controle do sistema com inversores de frequência do tipo Modulação por Largura de Pulsos (PWM). Aliás, as distorções e características verificadas nas tensões do sistema apresentam comportamento similar, coincidindo com a injeção de componentes de altas frequências em outras instalações de parques eólicos, sobretudo em função das frequências de chaveamentos dos inversores utilizados nos sistemas de controles dos aerogeradores e possíveis amplificações ou ressonâncias em altas frequências (HFR) (5) e (6).

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - Gerenciamento dos Indicadores de Qualidade da Energia Elétrica da Rede Básica - Submódulo 2.8 - Revisão 2016.12 - Data de Vigência 01/01/17.

(2) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - Instruções para Realização de Estudos e Medições de QEE Relacionados aos Novos Acessos à Rede Básica para Parques Eólicos, Solares e Consumidores Livres - ONS NT 009/2016 - Revisão 01, de abril de 2016.

(3) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) - Definição das Metodologias e Procedimentos Necessários às Campanhas de Medição dos Indicadores de Desempenho - ONS RE 2.1 028/2005 - Revisão 4, 14/12/07.

(4) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Requisitos Técnicos Mínimos para a Conexão às Instalações de Transmissão. Submódulo 3.6, Revisão 2016.12, Data de Vigência 01/01/2017.

(5) Bollen, M.; Yang, K.L.; "Another Aspect of the Interaction Between Wind Power Installations and the Grid", CIREN 22nd - International Conference on Electricity Distribution, Stockholm, 10-13 June 2013.

(6) Song, Y., Wang, X., Blaabjerg, F.; "High Frequency Resonance Damping of DFIG based Wind Power System under Weak Network". IEEE Transactions on Power Electronics, 32 (3), 1927-1940, 2017.

DADOS BIOGRÁFICOS



Nelson Clodoaldo de Jesus

Nasceu em Pindamonhangaba (SP) em 1970. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Taubaté (UNITAU) em 1992 e grau de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 1995. Trabalhou como professor e pesquisador na Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ) e como Coordenador de Engenharia da AES Sul. Desde 2009, atua como sócio consultor na empresa GSI - Engenharia e Consultoria Ltda. É sócio fundador da Sociedade Brasileira de Qualidade da Energia Elétrica (SBQEE). Possui mais de 150 artigos técnicos, publicados em revistas, conferências e congressos nacionais e internacionais. As principais áreas de interesse referem-se à Qualidade da Energia Elétrica, Sistemas Elétricos Industriais, Sistemas de Geração de Energias Renováveis e Transitórios Eletromagnéticos.



João Roberto Cogo

Nasceu em Dois Córregos (SP) em 1951. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 1974, grau de Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em 1977, Doutor em Engenharia Elétrica na Área de Automação pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em 1987, e Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) em 1998. Trabalhou como Professor da EFEI e na Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL). É sócio fundador e Diretor da empresa GSI - Engenharia e Consultoria Ltda. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Automação Eletrônica de Potência, Sistemas Elétricos Industriais, atuando principalmente nos temas de Proteção, Estabilidade, Rejeição de Cargas, Transitórios Eletromagnéticos e Fluxo Harmônico.



Luiz Marlus Duarte

Nasceu em Taubaté (SP) em 1983. Possui graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica pela Universidade de Taubaté (UNITAU) em 2009. Atualmente trabalha como sócio consultor na empresa GSI - Engenharia e Consultoria Ltda. Áreas de interesse: Análise e Simulações de Sistemas Elétricos para Avaliação de Transitórios Eletromagnéticos, Curto-Circuito, Fluxo de Potência, Proteção e Seletividade.



Luis Fernando Ribeiro Ferreira

Nasceu em Jacutinga (MG) em 1991. Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 2014. Foi bolsista pelo Programa Ciências sem Fronteiras na University of British Columbia (UBC). Atualmente trabalha como sócio consultor na empresa GSI - Engenharia e Consultoria Ltda, no desenvolvimento de estudos elétricos, com interesse nas áreas de Simulações de Estabilidade Eletromecânica e Transitórios Eletromagnéticos.



Éverson Júnior de Mendonça

Nasceu em Itajubá (MG) em 1995. Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 2018, onde participou como aluno bolsista do Programa de Educação Tutorial de Engenharia Elétrica - PET. Atualmente trabalha na área de estudos elétricos na empresa GSI - Engenharia e Consultoria Ltda. Áreas de interesse: Estudos de Transitórios Eletromagnéticos, Qualidade de Energia, Proteção e Análise de Sistemas Elétricos.



Leandro Martins Fernandes

Nasceu em Pedralva (MG) em 1990. Possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) em 2019. Atualmente trabalha na área de estudos elétricos na empresa GSI - Engenharia e Consultoria Ltda. Áreas de interesse: Estudos de Sistemas Elétricos, Qualidade de Energia, Proteção e Transitórios Eletromagnéticos.



Jesus Daniel de Oliveira

Nasceu em Taubaté (SP) em 1996. Atualmente cursa a graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica pela Universidade de Taubaté (UNITAU) e trabalha na área de estudos elétricos na empresa GSI - Engenharia e Consultoria Ltda. As principais áreas de interesse referem-se a Estudos de Transitórios Eletromagnéticos, Qualidade de Energia e Energias Renováveis.

