



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

CB/GPC/22

22 a 25 de outubro de 2017
Curitiba - PR

GRUPO - V

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E
AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA- GPC**

SOFTWARE DE ANÁLISE DE REGISTROS E FASORES (SARF)

**André Pagani Tochetto(*)
Felipe Trevisan
ITAIPU BINACIONAL**

**Galileu G. Terada
Luiz C. V. Melo
ITAIPU BINACIONAL**

**Alanna Vanzella
Luis Eugênio Espinosa Aranha
FUNDAÇÃO PTI**

RESUMO

O Software de Análise de Registros e Fasores (SARF) foi desenvolvido por meio de uma parceria entre Itaipu e a Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (FPTI). A principal premissa para o desenvolvimento foi reunir em um único software as características e funções necessárias para análise de registros de curta duração, longa duração e de medição fasorial sincronizada, baseando-se na experiência da equipe técnica de Itaipu. O trabalho descreve as principais características e funcionalidades do software e apresenta a descrição de duas perturbações feitas com o auxílio do SARF e suas ferramentas.

PALAVRAS-CHAVE

Análise de registros, curta duração, longa duração, medição fasorial.

1.0 - INTRODUÇÃO

As empresas do setor elétrico estão passando por um processo de atualização tecnológica de seus equipamentos antigos e de expansão com a instalação de novos equipamentos, sendo que boa parte destes passarão a ter disponíveis algum tipo de oscilografia associada. Além disso, há também os Registradores de Perturbação (RP) e os Sistemas de Medição Fasorial Sincronizada (SMFS), disponíveis em um número cada vez maior de instalações.

Os registros gerados por esses equipamentos podem ser divididos basicamente em três tipos: registros de curta duração (forma de onda), registros de longa duração (dinâmico) e dados de medição fasorial sincronizada (fasores). A maioria dos softwares de análise de registros existentes no mercado foi desenvolvida com foco na visualização e análise dos registros de curta duração, tornando-os pouco amigáveis e sem as funcionalidades necessárias para análise de registros de longa duração e de medição fasorial sincronizada. Muitas vezes os usuários precisam utilizar softwares diferentes, dependendo do tipo de registro a ser analisado.

Desta forma, o objetivo do trabalho é apresentar o Software de Análise de Registros e Fasores (SARF) desenvolvido por meio de uma parceria entre Itaipu e o Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos (LASSE), administrado pela Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (FPTI). A principal premissa para o desenvolvimento foi reunir em um único software as características e funções necessárias para análise de registros de curta duração, longa duração e de medição fasorial sincronizada, baseando-se na experiência da equipe técnica de Itaipu.

2.0 - VISÃO GERAL DO SOFTWARE

Nesta seção são apresentadas informações gerais sobre a arquitetura do aplicativo e ferramentas/bibliotecas de desenvolvimento utilizadas na construção do software, bem como, uma descrição das funcionalidades básicas disponibilizadas pelo SARF.

2.1 Arquitetura da aplicação

O SARF foi implementado utilizando a plataforma de desenvolvimento .NET e linguagem de programação C# (1). Visando a escalabilidade, a arquitetura do sistema baseia-se no desenvolvimento de componentes dinâmicos (*plug-ins*), que podem ser utilizados para incrementar as funcionalidades do aplicativo conforme necessidade dos usuários. A Figura 1 apresenta a arquitetura do SARF. A aplicação principal é responsável pelas funcionalidades que envolvem a manipulação dos gráficos, já as funcionalidades de gerenciamento de registros, análises e cálculos são implementadas pelos *plug-ins*, os quais são carregados durante a inicialização da aplicação.

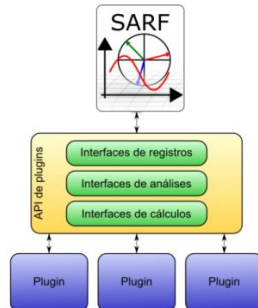


Figura 1 – Arquitetura do SARF.

Para o SARF e os *plug-ins* se comunicarem, foi elaborada uma API (*Application Programming Interface*) que contém um conjunto de interfaces que podem ser implementadas pelos *plug-ins*. As interfaces podem ser entendidas como regras que definem quais as funções que cada tipo de *plug-in* deve implementar para interagir com a aplicação principal do SARF. Os conjuntos de interfaces disponibilizados são os seguintes:

- Interfaces para importação e exportação de registros;
- Interfaces de análises a serem realizadas com base nas grandezas importadas;
- Interfaces de cálculos a serem realizados sobre as grandezas importadas.

Os *plug-ins* são gerenciados pela aplicação através do uso da biblioteca MEF (*Managed Extensibility Framework*), sendo esta uma biblioteca disponível no framework .NET 4 e permite a criação de pontos de extensões em aplicações (2). Desta forma, a adição de novos cálculos, análises e importação/exportação de novos formatos de arquivos é feita de maneira modular, sem a necessidade de modificações nas demais partes do SARF.

2.2 Funcionalidades básicas

O SARF oferece um ambiente para visualização simultânea de múltiplos registros, permitindo a comparação de partes de registros de curta duração, longa duração e de medição fasorial em um mesmo gráfico ou conjunto de gráficos. As principais áreas da interface gráfica do aplicativo são a lista de registros/canais importados e a área de gráficos, que permite a criação de múltiplas abas para análises distintas de um mesmo evento.

O software suporta todas as versões de arquivos Comtrade, além de permitir a importação de alguns formatos proprietários específicos e de arquivos de simulação do ANATEM (formato PLT). A Figura 2 mostra a tela principal da aplicação, cujos destaques mostram algumas das funcionalidades:

1. Registro de curta duração;
2. Registro de longa duração;
3. Funcionalidade de acesso ao conteúdo dos arquivos .hdr e .inf de cada um dos registros;
4. Visualização de várias abas contendo diferentes gráficos;
5. Setas e anotações próprias do aplicativo mostradas independentemente do zoom aplicado;
6. Barras para cálculo de diferença dx e dy; as pontas da barra são posicionadas com o mouse e valor do dx ou dy é calculado automaticamente;
7. Gráfico das grandezas digitais;
8. Campo para filtro de canais;
9. Linha do tempo ou cursor único para todos os gráficos da aba;
10. Estampa de tempo na posição atual da linha do tempo;
11. Valores das grandezas no tempo em que a posição da linha do tempo está posicionada; pode mostrar valor instantâneo, valor RMS ou fasor (módulo e ângulo).

Estão disponíveis várias formas de visualizar os registros do ponto de vista de sincronização. A forma mais comum é a de visualizar os registros sincronizados pelo tempo. Quando os registros não estão sincronizados, há opções para visualizar os registros sincronizados pelo *trigger* ou sincronizados pelo início do registro (utilização de tempo relativo). Quando nenhuma dessas opções atende as necessidades do usuário, é possível sincronizar os registros de forma manual, através de uma ferramenta descrita na seção 3.0.

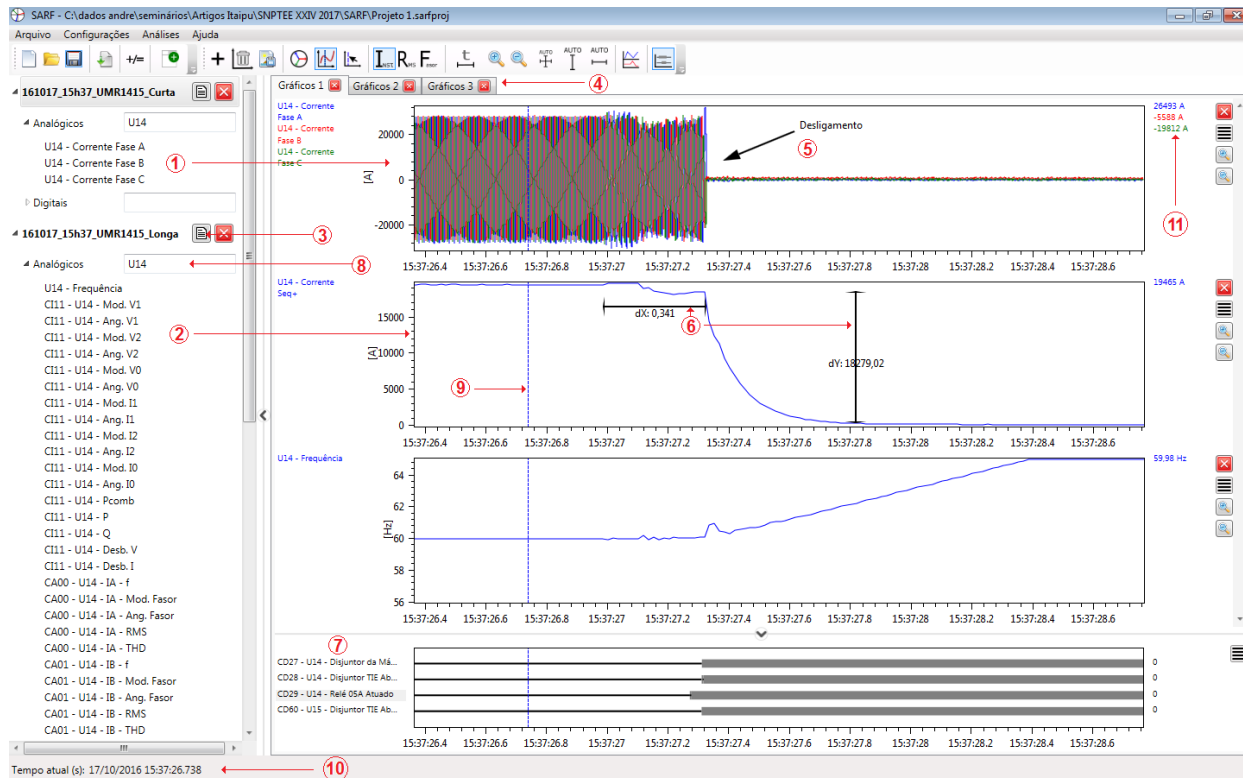


Figura 2 – Tela principal da aplicação

A área de trabalho do SARF é intuitiva e permite que um conjunto de gráficos seja salvo na forma de projeto, que pode ser recuperado posteriormente. A abstração na forma de projeto possibilita salvar o estado de todos os registros e gráficos de maneira independente, o que inclui, por exemplo, o nível de zoom, as cores, as setas, as anotações e as análises. O software oferece ainda todas as tradicionais formas de visualização: formas de onda, grandezas analógicas transdutadas, grandezas calculadas pelo registrador, canais digitais, gráfico de fasores, entre outros.

Os cálculos realizados pelo SARF são disponibilizados na forma de novos canais calculados, que podem ser inseridos nos gráficos ou utilizados em novos cálculos. Os tipos de cálculos disponíveis atualmente são:

- Fator: calcula o fator (módulo e ângulo) de uma determinada grandeza no tempo;
- RMS: calcula o valor RMS de uma determinada grandeza no tempo;
- RMS Trifásico: calcula o valor RMS de um conjunto trifásico de grandezas no tempo; utiliza a seguinte equação:
$$V_{RMS3F} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} (\max(V_a, V_b, V_c) - \min(V_a, V_b, V_c));$$
- Média Móvel: calcula a média móvel de uma determinada grandeza no tempo utilizando o número de amostras escolhido pelo usuário;
- Potência Trifásica: calcula a potência ativa e reativa a partir de um conjunto trifásico de grandezas de tensão e corrente no tempo;
- Frequência: calcula a frequência de uma determinada grandeza no tempo utilizando a metodologia de variação do ângulo do fator;
- Frequência Trifásica: calcula a frequência de um conjunto trifásico de grandezas no tempo utilizando a metodologia de PLL (4);
- Componentes Harmônicos: calcula os componentes harmônicos de uma determinada grandeza no tempo; o usuário define quais harmônicos deseja calcular e o software gera um novo canal para cada harmônico calculado;
- Componentes Simétricas: calcula as componentes simétricas de um conjunto trifásico de grandezas no tempo; o software gera três novos canais, um para cada componente de sequência;
- Filtro de 1ª Ordem: aplica um filtro de primeira ordem em uma determinada grandeza com a constante de tempo definida pelo usuário;
- Compensar Filtro de 1ª Ordem: aplica uma compensação de filtro (inverso do filtro) de primeira ordem em uma determinada grandeza com a constante de tempo definida pelo usuário;
- Impedância: calcula a impedância trifásica (R e X) a partir de um conjunto trifásico de grandezas de tensão e corrente no tempo.

O software é utilizado pela equipe de Itaipu desde o início de 2016. Atualmente novas funcionalidades estão sendo desenvolvidas para uma nova versão do aplicativo.

3.0 - FUNCIONALIDADES ESPECIAIS

O SARF possui uma série de funcionalidades especiais, que incluem facilidades de configuração, cálculos personalizáveis e ferramentas de auxílio em análises. Na sequência são detalhadas algumas dessas funcionalidades.

3.1 Tabela de Fatores de Multiplicação

Esta tabela de configuração permite ao usuário personalizar como o software irá mostrar as unidades de medida das grandezas. Quando um registro é aberto, o SARF faz uma varedura dos canais e converte as unidades de medida conforme configurado na tabela de fatores de multiplicação, que pode ser observada na Figura 3.

Unidade inicial	Unidade final	Fator de multiplicação	Casas decimais
W	MW	1E-06	0
var	Mvar	1E-06	0
V	kV	0,001	3
Hz	Hz	1	2
A	A	1	0
degree	°	1	1
DEG	°	1	1

Figura 3 – Tabela de Fatores de Multiplicação

Com a configuração mostrada na Figura 4, por exemplo, uma grandeza de um registro que estava inicialmente expressa em Volts “V”, ao ser importada pelo SARF seria convertida para “kV” através do fator de multiplicação de 0,001 e seria mostrada ao usuário nos gráficos com três casas decimais.

3.2 Importação de dados faoriais de um PDC

O SARF permite a conexão com qualquer Concentrador de Dados Fasoriais (PDC – *Phasor Data Concentrator*) que utilize tecnologia Open PDC (3), conforme mostra a Figura 4. O usuário pode escolher os canais e o intervalo de tempo desejado para importação de dados. Depois de importados, os dados podem ser salvos em um arquivo Comtrade ou exportados para um arquivo CSV.

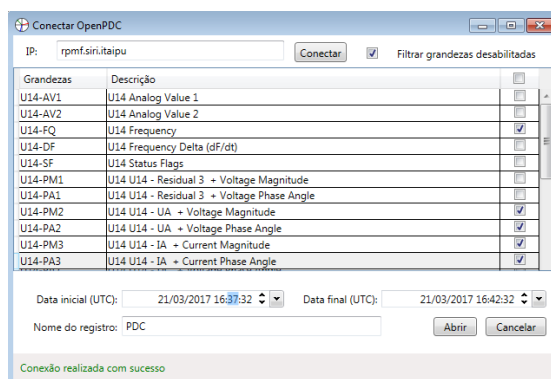


Figura 4 – Importação de dados fasoriais do Open PDC

3.3 Fórmulas

É possível realizar cálculos por meio de fórmulas criadas pelo usuário envolvendo canais de um ou mais registros. A Figura 5 mostra um exemplo de fórmula definida pelo usuário para o cálculo de uma tensão RMS trifásica, idêntica ao cálculo que é feito automaticamente pelo SARF e descrito na seção 2.0. Os canais a serem utilizados como entradas nos cálculos devem receber nomes de variáveis, as quais são referenciadas na definição da fórmula.

Observa-se que além das operações básicas, também podem ser utilizadas funções mais complexas como raiz quadrada, valor máximo, valor mínimo, etc. O *plug-in* de fórmulas do SARF foi desenvolvido com base em uma biblioteca de software livre chamada “muparser” (5), que disponibiliza diversas funções matemáticas e operadores, bem como funções lógicas do tipo “if-then-else”. As fórmulas podem ser salvas e depois reutilizadas pelo usuário em outras grandezas ou outros registros.

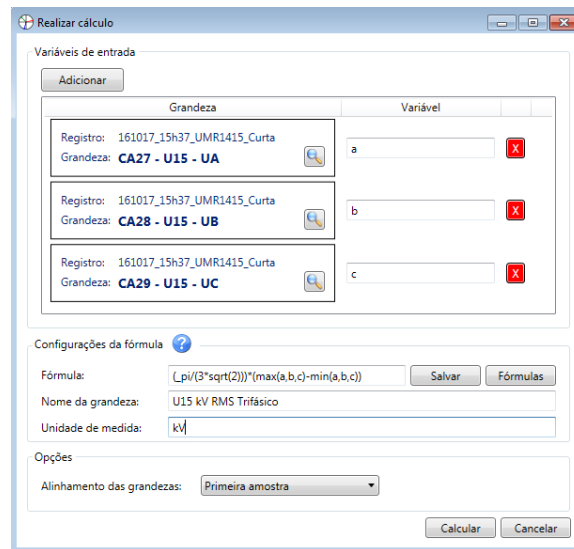


Figura 5 – Criação de fórmulas

3.4 Gráficos grandeza x grandeza

O SARF permite que sejam traçados gráficos de uma grandeza por outra grandeza. Esse tipo de gráfico é criado em uma nova aba, sem interferir nas demais abas abertas. A Figura 6 mostra um exemplo de utilização onde se observa as impedâncias vista de uma unidade geradora quando ocorrem curto-circuitos no sistema de 765kV.

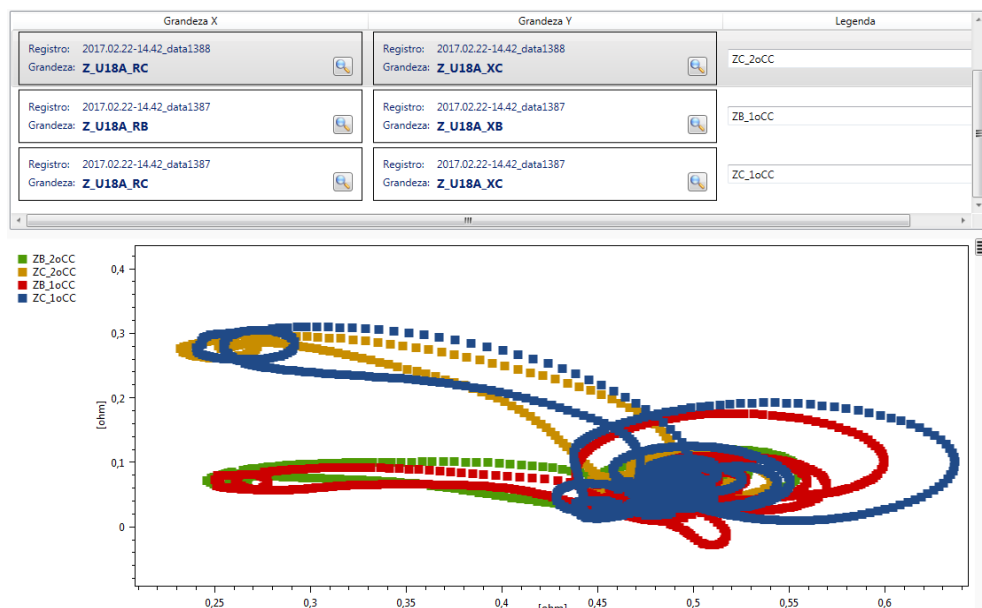


Figura 6 – Gráfico Grandeza x Grandeza

Nessa tela podem ainda ser adicionadas curvas características pré-definidas pelos usuários, como curvas características de proteções de distância, características de proteções contra perda de sincronismo, curvas de capacidade de unidades geradoras, etc. Para a definição das curvas, o usuário deve fornecer a sequência de pontos em "x" e "y", o que permite a criação de curvas de qualquer formato. Essas curvas também podem ser salvas e reutilizadas.

3.5 Aplicar deslocamento de tempo em registros

Outra ferramenta disponível é a de aplicar deslocamentos de tempo em um determinado registro, especialmente quando se trabalha com registros que não estão sincronizados no tempo e não possuem *trigger* único, muito comum em registros de equipamentos antigos ou de diferentes registradores.

A Figura 7 mostra a interface gráfica criada para que o usuário possa determinar o deslocamento de tempo a ser aplicado em um dos registros com base na comparação com uma grandeza de referência de outro registro. São observadas as correntes na fase B de uma unidade geradora (azul) e de uma linha de transmissão (vermelho) diante de um curto circuito no sistema de 765kV. Os registradores não são sincronizados e a sincronização via "trigger" não pôde ser obtida. Observa-se também a diferença na ordem de grandeza das correntes.



Figura 7 – Deslocamento de tempo em registros

A ferramenta permite a sincronização visual entre as grandezas de forma a se determinar o tempo de diferença entre os registros. Após o alinhamento, o SARF irá aplicar o mesmo deslocamento de tempo em todas as grandezas do registro, gerando um novo registro deslocado no tempo.

3.6 Cálculo de modos de oscilação pelo método dos picos consecutivos

Esta ferramenta permite o cálculo da frequência de oscilação e amortecimento médio via método dos picos consecutivos, conforme descrito em (6). A Figura 8 mostra a interface gráfica criada para o usuário, que deve selecionar manualmente os pontos máximos e mínimos da oscilação que deseja analisar. Com base nesses pontos o SARF irá calcular a frequência da oscilação e a média dos amortecimentos.

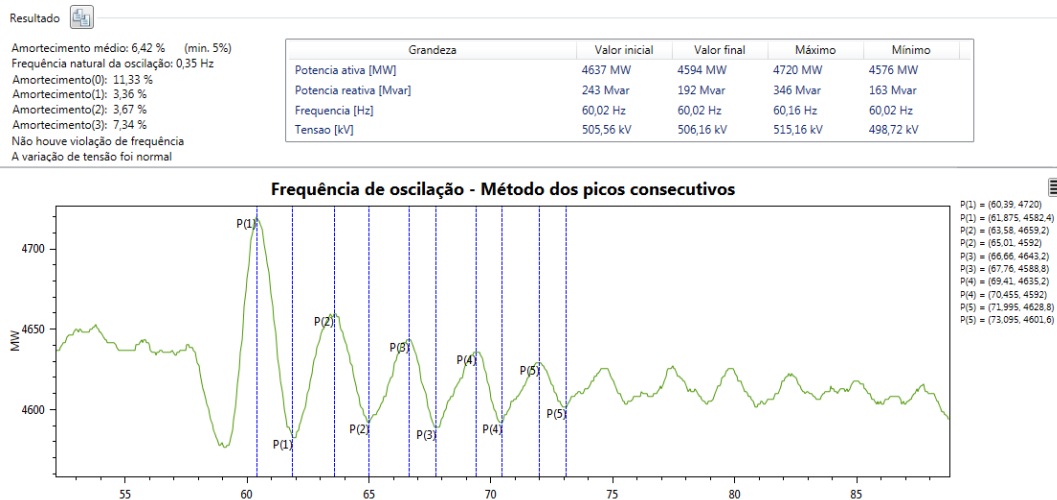


Figura 8 – Frequência de Oscilação – Método de Prony

Também é possível selecionar grandezas como potência, frequência e tensão, para que sejam analisadas automaticamente. Nessa análise, o SARF calcula os valores inicial, final, máximo e mínimo de cada grandeza em um determinado intervalo de tempo e ainda verifica se houve violações a critérios pré-estabelecidos, por exemplo, se houve variação de tensão superior a um limite por um tempo superior a um valor definido.

3.7 Cálculo de modos de oscilação pelo método de prony

Também é possível realizar a identificação e avaliação de modos de oscilação em determinados sinais utilizando o método de Prony, conforme descrito em (7). A utilização dessa metodologia consiste em reconstruir o sinal analisado pela combinação linear de vários termos exponenciais. Os cálculos permitem identificar os vários modos de oscilação que compõe o sinal e consequentemente caracterizar as oscilações.

A Figura 9 mostra a interface gráfica dessa funcionalidade, que ainda está em desenvolvimento, no SARF. É possível observar o sinal reconstituído com o método de Prony, além de uma lista com os modos de oscilação obtidos e os valores calculados para a frequência de oscilação e amortecimento.

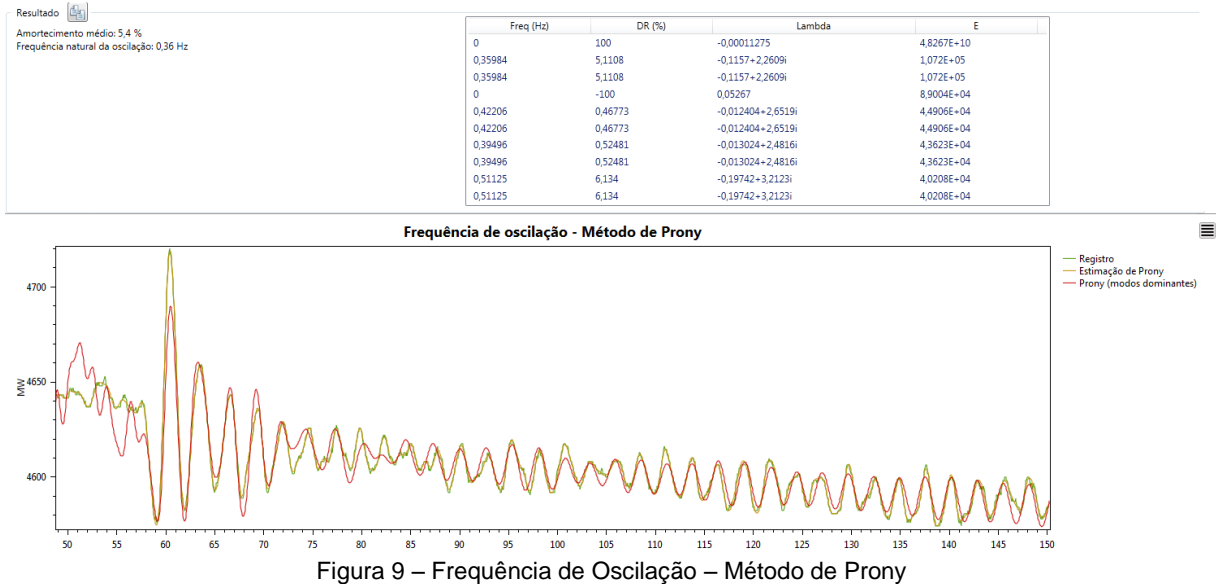


Figura 9 – Frequência de Oscilação – Método de Prony

4.0 - ANÁLISE DE PERTURBAÇÕES

Nesta seção são descritas duas perturbações com foco na utilização das ferramentas disponíveis no SARF.

4.1 Desligamento de unidade geradora pela proteção diferencial de neutro do transformador elevador

No dia 30.8.2014 o setor de 50Hz de Itaipu operava com oito unidades sincronizadas, gerando 4635MW e 289Mvar e com tensão na subestação de alta tensão igual à 500kV (1pu). Por volta das 16h47min, uma outra unidade geradora estava em processo de sincronização, sendo que quando seu disjuntor foi fechado ocorreu a atuação da proteção diferencial de neutro do transformador elevador. A Figura 10 mostra as tensões e correntes da unidade geradora que estava sendo sincronizada. Também mostra a tensão de outra unidade geradora que já estava sincronizada ao sistema.

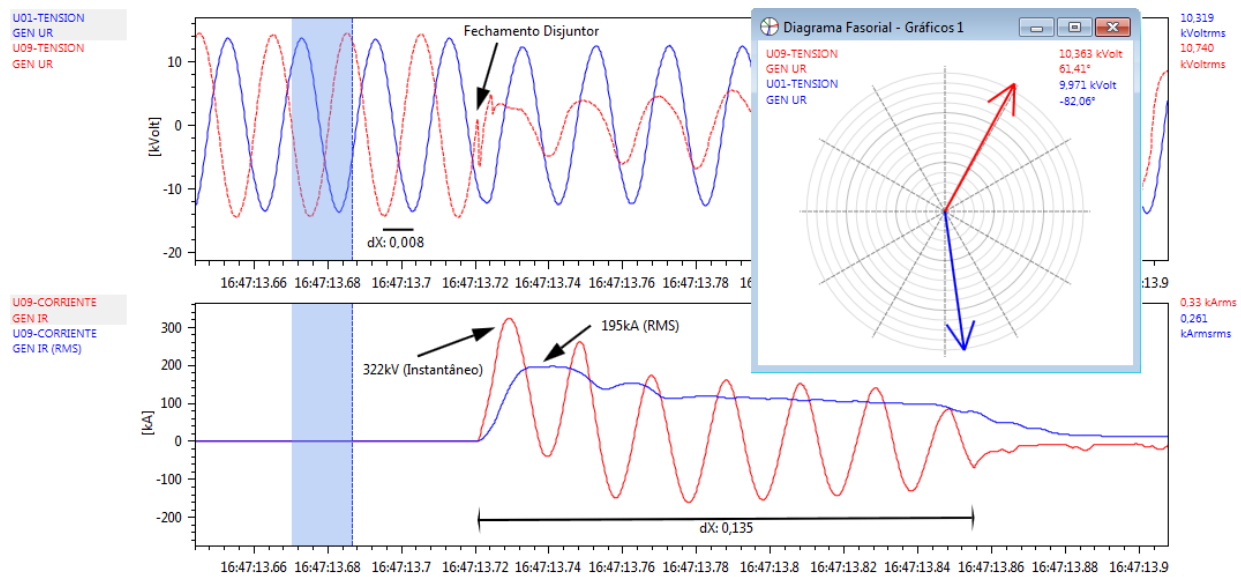


Figura 10 – Fechamento do disjuntor da unidade geradora

É possível observar que o fechamento do disjuntor da unidade que estava sendo sincronizada ocorreu sob condições fora de sincronismo, com uma diferença angular entre as tensões de aproximadamente 144 graus ou diferença de tempo de 8ms, conforme pode ser observado na figura.

Com o fechamento do paralelo fora de condições de sincronismo, verificou-se o surgimento de correntes na unidade geradora de $322kA_{PICO}$ e $195kA_{RMS}$ equivalentes a sete vezes a corrente nominal e cerca de duas vezes a corrente de curto circuito.

Foi verificado que o problema ocorreu por uma falha no relé de check de sincronismo, que permitiu o fechamento nessas condições. Verificações de manutenção na unidade geradora mostraram que deformação dos barramentos do enrolamento amortecedor, quebra de calços de fixação e vazamento em conexões hidráulicas.

4.2 Desligamento da interligação Norte-Sudeste

No dia 13.3.2017 o setor de 50Hz operava com X unidades geradoras sincronizadas gerando 5356MW e 479Mvar e o setor de 60Hz operava com nove unidades geradoras sincronizadas gerando 6245MW e 525Mvar. Por volta das 23h43min foram percebidas variações de tensão, potência e frequência em Itaipu 50Hz e Itaipu 60Hz decorrentes de desligamentos da LT 345kV Anhanguera –Guarulhos C2 causados por curto-circuitos.

A Figura 11 mostra as variações de potência ativa percebidas em Itaipu 50Hz e em Itaipu 60Hz para as ocorrências. Os registradores de perturbação de longa duração partiram duas vezes, com um intervalo de aproximadamente 11min39s (699s), como pode ser observado nas diferentes cores dos dois primeiros gráficos e no espaço de tempo sem dados. O terceiro gráfico mostra o registro de frequência de uma PMU, instalada na baixa tensão no Parque Tecnológico de Itaipu, obtido com a funcionalidade do SARF de acesso às informações do PDC.

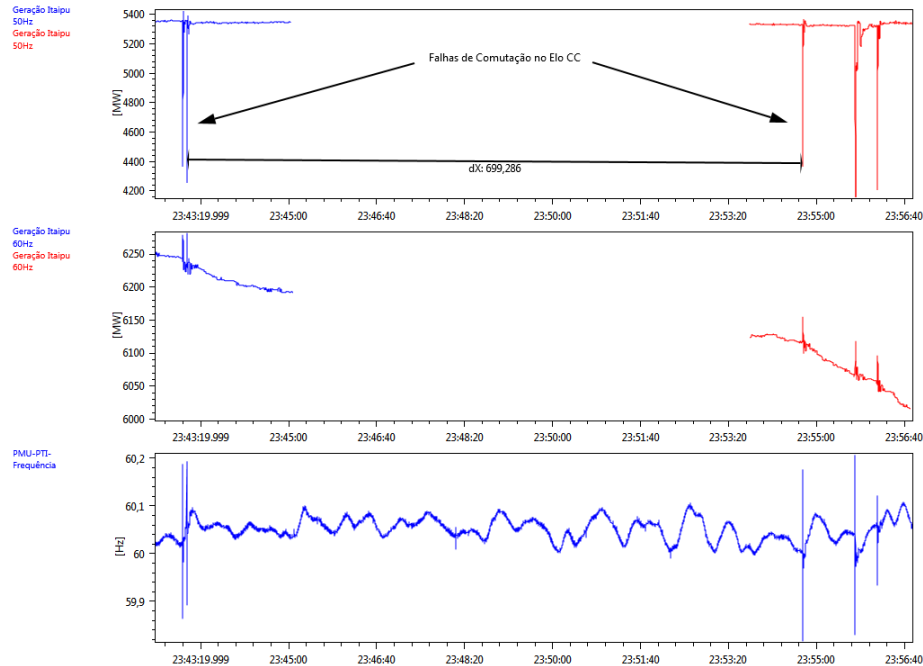


Figura 11 – Falhas na região de 345kV dae São Paulo

A Figura 12 mostra o detalhe da geração de Itaipu em uma das ocorrências com o cálculo da frequência de oscilação.

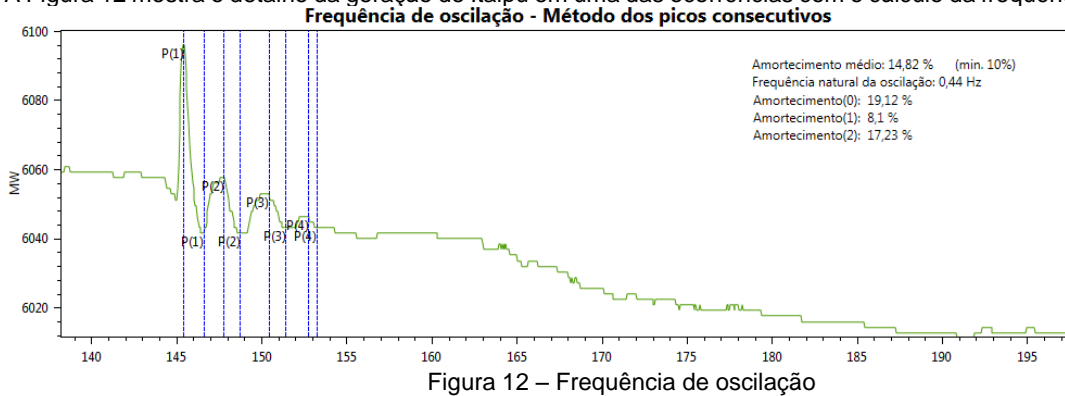


Figura 12 – Frequência de oscilação

5.0 - CONCLUSÃO

O aumento na quantidade de registros disponíveis e suas diferentes características tem demandado maiores esforços por parte das equipes de pós-operação no sentido de utilizar diferentes softwares com diferentes características e funcionalidades.

Diante dessa demanda, surgiu o Software de Análise de Registros e Fasores (SARF), desenvolvido por meio de uma parceria entre Itaipu e a Fundação Parque Tecnológico de Itaipu (FPTI). O principal objetivo do desenvolvimento foi reunir em um único software as características e funções necessárias para análise de registros de curta duração, longa duração e de medição fasorial sincronizada, baseando-se na experiência da equipe técnica da área de estudos elétricos de Itaipu.

O SARF tem sido utilizado pela equipe de Itaipu desde o início de 2016, o que trouxe facilidades no sentido de poder trabalhar com um volume maior de informações de diferentes fontes no mesmo aplicativo. O software também possui

uma interface prática e amigável, com várias funcionalidades de visualização e análise, o que tem facilitando a realização de análises dos eventos.

Do ponto de vista de desenvolvimento, a arquitetura modular, utilizando *plug-ins*, tem permitido a implementação incremental de novas funcionalidades, tornando a ferramenta bastante completa e fácil de ser melhorada.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Microsoft. Introduction to the C# Language and the .NET Framework. Disponível em: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/z1zx9t92.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- (2) Microsoft. MEF (ManagedExtensibility Framework). Disponível em: [https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/dd460648\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/pt-br/library/dd460648(v=vs.110).aspx). Acesso em: 22 mar. 2017.
- (3) Grid Protection Alliance. Open Source Phasor Data Concentrator. Disponível em: <https://github.com/GridProtectionAlliance/openPDC>. Acesso em: 23 mar. 2017.
- (4) ZHAN, C.; FITZER, C.; RAMACHANDARAMURTHY, V. K.; ARULAMPALAM, A.; BARNES, M.; JENKINS, N.; Software Phase-Locked Loop Applied to Dynamic Voltage Restorer (DVR). IEEE-PES Winter Meeting, 2001, pp. 1033-1038.
- (5) Muparser - Fast Math Parser Library. Disponível em: <http://muparser.beltoforion.de/>. Acesso em 23 mar. 2017.
- (6) SILVA, R. J. G. C.; OLIVEIRA, R. A.; ALMEIDA, M. P.; et all; Verificação do desempenho dinâmico da usina de Itaipu através de indicadores; X SEPOPE – Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica, 2006.
- (7) RÍOS, M. L. S.; Identificación de los modos de oscilación de Itaipu utilizando el método de prony; XII SESEP – Seminario del Sector Eléctrico Paraguayo, 2016.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



André Pagani Tochetto (pagani@itaipu.gov.br). Possui graduação em engenharia elétrica pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2005) e diploma de pós-graduação (2011) e mestrado (2014) em Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Itajubá. Está cursando, desde 2016, o programa de doutorado na área de Sistemas Elétricos de Potência, também na Universidade Federal de Itajubá. Trabalha na Itaipu Binacional desde 2006, inicialmente na área de operação do sistema em tempo real. Em 2009 passou a trabalhar na área de estudos elétricos e normas, envolvido com análise de perturbações, realização estudos elétricos e elaboração de procedimentos operativos.

Felipe Trevisan (felipet@itaipu.gov.br) possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007), especialização em Automação, Controle e Supervisão do Processo Elétrico baseado na Norma IEC 61850 pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2010) e mestrado em Sistemas de Energia pela UFSC (2011). Atualmente trabalha na usina hidrelétrica de Itaipu Binacional no desenvolvimento de sistemas de suporte à operação em tempo real (Scada/EMS) e ferramentas de apoio às atividades de pré e pós-operação.

Galileu Godoy Terada (galileu@itaipu.gov.br) possui graduação em Engenharia Elétrica com Ênfase em Eletrônica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2005), especialização em Redes de Computadores e Teleinformática (2007) e mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial (2010). Está cursando desde 2014 MBA em Gerenciamento de Projetos pelo Centro Universitário Dinâmica das Cataratas (UDC/FGV). Obteve a certificação Project Management Professional – PMP em 2015. Trabalha na Itaipu Binacional desde 2010, inicialmente na área de desenvolvimento de sistemas (TI). Em 2014 passou a trabalhar na área de engenharia eletrônica e sistemas de controle, envolvido vários projetos de sistemas e automação.

Luiz Carlos Viana Melo (lcvmelo@itaipu.gov.br) possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2010) e mestrado em Computação Aplicada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2016). Atuou como Analista de Sistemas no Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI) e, posteriormente, na Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI). Participou no desenvolvimento de projetos de pesquisa na área de automação pelo Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos (LASSE). Desde 2016 é Analista de Sistemas na Itaipu Binacional.

Alanna Vanzella (alanna.vanzella@pti.org.br) possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2013). Atuou como Analista de Sistemas no Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação (ITAI) até 2015, onde participou de projetos de pesquisa e desenvolvimento na área de automação. Atualmente é Analista de Sistemas na Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), no Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos (LASSE) e cursa o Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação na Unioeste desde 2016.

Luís Eugênio Espinosa Aranha (luis.aranha@pti.org.br) possui graduação em Ciência da Computação pelo Centro de Ensino Superior de Foz do Iguaçu (2011). Atuou como Analista de Sistemas na Lexsom Consultoria e Informática até 2016, onde participou no desenvolvimento e manutenção de ERPs para gestão pública. Atualmente é Analista de Sistemas na Fundação Parque Tecnológico Itaipu (FPTI), no Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos (LASSE).