



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

EXPERIÊNCIA DE IMPLANTAÇÃO DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE ÓPTICOS EM UMA SUBESTAÇÃO DE 500KV

**CARLOS ALBERTO DUTRA(1);LUAN ZOLIN TOMINAGA(1);CELSO LUIS DE SOUZA(2);TIAGO KAORU MATSUO(2);LUCIANO MENDES DE FREITAS(3);RUBENS JOSÉ NASCIMENTO(3);MARCELO PESSOA GAIDZINSKI(3);LUIZ ANTONIO CAMPOS BORGES(3);SERGIO LUIZ ZIMATH(1);JURANDIR PAZ DE OLIVEIRA(2)
POWEROPTICKS(1);AQTECH(2);ENGIE(3)**

RESUMO

Este trabalho mostra a experiência de adaptar uma subestação para receber um conjunto de TCs ópticos em série com os TCs convencionais pré-existentes a fim de ser executado um estudo comparativo do seu comportamento e trazer conhecimento sobre a aplicação deste tipo de tecnologia. Além disto, ele descreve o cenário de aplicação, a experiência da implantação em campo e avalia o comportamento das medições após alguns anos em operação. Adicionalmente demonstra a interconexão dos dispositivos por meio do barramento de processo baseado na norma IEC 61850.

PALAVRAS-CHAVE

IEC 61850; barramento de processo; projeto piloto; TC óptico; TECO; LPIT; subestação de energia; sampled values

1.0 INTRODUÇÃO

O setor elétrico vem sofrendo uma rápida e expressiva transformação tecnológica com a aplicação dos conceitos da norma IEC 61850 [1] no sistema de automação, proteção e controle das subestações. Novas subestações já são planejadas e construídas considerando estes conceitos por conta das várias vantagens tanto de operação e manutenção quanto pela sua relação custo/benefício para a implantação.

Novas tecnologias para medição de corrente baseadas em sensores de baixa potência, os chamados LPITs (Low-Power Instrument Transformers), são alternativas para prover mais segurança e melhores características de medição. Uma das aplicações de tecnologias ópticas na medição de corrente baseia-se na utilização do efeito Faraday, onde a corrente elétrica provoca o deslocamento do ângulo de um feixe de luz polarizada. Este princípio foi a base do desenvolvimento de um transformador de corrente (TC) óptico para aplicação em subestações de energia elétrica, denominado de TECO (Transformador Eletrônico de Corrente Óptico).

Admitindo o uso do barramento de processo como uma tendência natural por conta dos vários benefícios que já são amplamente discutidos, os LPITs tornam-se opções naturais. Quando se associa os benefícios conjuntos dos LPITs ao barramento de processo, a solução torna-se economicamente ainda mais viável uma vez que os custos de infraestrutura, instalação e operação são significativamente menores comparados com instalações convencionais.

O TC óptico desenvolvido foi instalado em uma subestação da Eletrosul (Itá) para monitoramento de uma linha de 525 KV pertencente à Engie e que interliga a subestação com a Usina Hidroelétrica de Itá. A subestação foi adaptada para receber um conjunto de TCs ópticos em série com os TCs convencionais pré-existentes a fim de ser executado um estudo comparativo do seu comportamento e trazer conhecimento sobre a aplicação deste tipo de tecnologia. Este trabalho descreve o cenário de aplicação, e a experiência de implantação em campo.

Neste documento, a seção 2 trata dos transformadores ópticos de corrente e seus princípios de funcionamento e na seção 4 da integração dos LPITs ao barramento de processo. Na seção 4 é apresentado o TECO e suas características principais. Na seção 5 mostra-se os aspectos em torno da instalação dos equipamentos na subestação e na seção 6 as correntes medidas com os TCs ópticos são comparadas com as dos transformadores convencionais e os seus resultados são apresentados. A seção 7 traz as conclusões deste trabalho.

2.0 TRANSFORMADORES ÓPTICOS DE CORRENTE

Diferentemente dos transformadores de instrumentação convencionais com núcleos ferromagnéticos, novas tecnologias de medição de baixa potência, os chamados LPITs, baseados principalmente em sensores ópticos, estão se tornando uma realidade. Com aspectos construtivos e características de medição diferenciados, vem se tornando uma alternativa aos tradicionais meios de medição adotados no setor elétrico nacional.

Ainda que os princípios de funcionamento já sejam estudados a algumas décadas, a sua aplicação tem sido viabilizada recentemente por conta da intensa evolução tecnológica dos componentes que o cercam e da modernização dos sistemas de proteção, automação e controle nas subestações com a aplicação da norma IEC 61850 no setor elétrico. A norma IEC 61850 permitiu a modificação dos meios em que as medidas obtidas dos sinais ópticos são disponibilizados aos sistemas que fazem uso destas informações.

A grande maioria dos sensores ópticos de corrente elétrica operam com base no efeito Faraday, utilizando fibras ópticas como elemento sensor. O efeito Faraday é uma propriedade de algumas substâncias translúcidas que, ao serem submetidas a um campo magnético externo, causam uma rotação do plano de polarização da luz que nela se propaga [2], como mostra a Figura 1.

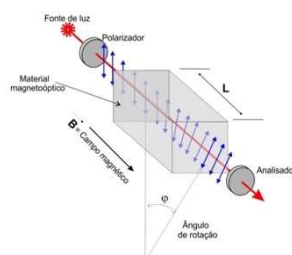


Figura 1 – Efeito Faraday.

Num sensor baseado no efeito Faraday, a corrente elétrica que passa por um condutor é calculada a partir da medição de fluxo magnético gerado em função da corrente. A forma mais simples de medir o fluxo magnético é enlaçar uma bobina de fibra óptica em torno do condutor. Nesta configuração, a sensibilidade da bobina de fibra óptica é diretamente proporcional ao número de voltas e às características físicas da fibra óptica. No modelo apresentado na Figura 2, uma luz linearmente polarizada sai do sensor Faraday com o seu ângulo de polarização modulado em função da intensidade do campo magnético rotacional ao condutor, que por sua vez é gerado pela corrente elétrica que flui nele.

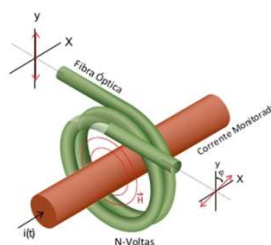


Figura 2 – Efeito Faraday aplicado à medição de corrente.

3.0 INTEGRAÇÃO DOS LPITS NO BARRAMENTO DE PROCESSO IEC 61850

Tradicionalmente, em subestações de energia elétrica, os vários equipamentos instalados são interligados entre si por meio de um conjunto extenso de cabos elétricos. Os sinais transmitidos nestes cabos são relacionados aos instrumentos de medição (TPs e TCs), chaves e disjuntores, bem como para a sinalização entre dispositivos de automação, controle e proteção. Considerando os custos e as dificuldades do uso de cabos elétricos para interligar os elementos dentro da subestação, a norma IEC 61850 trouxe os conceitos de comunicação e padronização de protocolos a fim de que os vários dispositivos (agora chamados de IEDs ou Intelligent Electronic Devices) possam ser interligados por meio de comunicação via rede. Com isto se minimiza a quantidade de cabos e abre a possibilidade de outros tipos de aplicação. Equipamentos recentes que compõem o sistema de proteção, automação e controle, como relés de proteção e registradores já vem com o suporte à IEC 61850 nativo. A norma preconiza a separação da rede de comunicação em dois tipos específicos de barramento: de estação e de processo. No barramento de estação trafegam mensagens relacionadas à intertravamentos entre dispositivos, sinalização e acessos administrativos e de configuração dos IEDs. No barramento de processo são transmitidas mensagens relacionadas aos equipamentos que fazem a interface com os elementos de campo. Uma dessas mensagens refere-se à comunicação de dados amostrados de tensão e corrente, os chamados Sampled Values (SV). Os SVs são produzidos por IEDs conhecidos como Merging Units, que recebem os sinais de tensão e corrente dos TPs e TCs, os digitalizam e os enviam para a rede no formato definido pela norma.

Os TCs ópticos necessitam de um tratamento eletrônico e um processamento adicional para a conversão dos sinais ópticos em medidas de corrente utilizáveis por outros dispositivos. Sendo assim, é natural considerar que LPITs como os TCs ópticos já nascem com o suporte às subestações voltadas para a arquitetura proposta pela IEC 61850.

Junto as Merging Units dos LPITs também são instaladas as fontes de luz necessárias para os processos de medição óptica e os receptores dos sinais provenientes dos sensores. A conversão do sinal óptico em elétrico e o devido processamento dos sinais é realizado por um processador específico que gera os pacotes de SV para o barramento de processo. Este processador também possui as funções de controle do sincronismo temporal e de monitoramento do estado de todo o equipamento, como por exemplo o recebimento dos sinais pelas fibras ópticas e os níveis de potência luminosa das fontes de luz, permitindo sinalizar qualquer anomalia na operação do equipamento.

4.0 TECO

O TECO (Transformador Eletrônico de Corrente Óptico) é um TC óptico desenvolvido pela empresa PowerOpticks em parceria com a AQTech e no âmbito de um projeto de P&D ANEEL com a ENGIE Brasil. Ele considera como princípio de funcionamento o efeito Faraday com a passagem de uma luz polarizada por várias espiras de fibra ótica montadas em uma estrutura que circunda o condutor em que se deseja medir a corrente. Esta bobina é montada em uma estrutura que é acoplada a um dispositivo que se interliga com a linha de alta tensão. Através da medição da variação do ângulo de polarização é possível medir indiretamente a corrente circulante, de uma maneira não intrusiva, precisa e totalmente segura.

O sensor Faraday criado por uma bobina de fibra óptica é o sensor principal para a medição de corrente. Entretanto, a medição com as fibras ópticas pode ser sensível a variações de temperatura e de potência do emissor de luz polarizada. Para compensar estas variações, o TECO utiliza uma bobina de Rogowski que simultaneamente realiza medições equivalentes da corrente monitorada. Tanto a bobina de fibra óptica quanto a de Rogowski são montadas em conjunto na estrutura como ilustrada na figura 3.



Figura 3 – Estrutura que acomoda conjuntamente os sensores de medição de corrente.

Um cabeçote segura dois conjuntos de sensores redundantes. Nele são feitas as interconexões das fibras dos sensores e os cabos de fibra óptica oriundos dos demais dispositivos que formam o circuito óptico de medição. Além disto, nele é instalada uma placa que faz a aquisição dos sinais da bobina de Rogowski e os converte em dados amostrados para serem enviados. A alimentação desta placa não pode ser realizada com cabos elétricos para não interferir na isolamento do TC. Por conta disto, usa-se uma célula fotoelétrica que recebe uma luz proveniente de um dispositivo PoF (*Power over Fiber*). Os PoFs são fornecidos em módulos denominados MOP-1000. Os dados enviados pela placa de aquisição da bobina de Rogowski também utilizam uma fibra óptica como meio de comunicação.

Este cabeçote é sustentado por um isolador polimérico apropriado para os níveis de tensão requeridos (ensaios no CEPEL) e que também serve de duto para a passagem das fibras ópticas. Na base do isolador é realizada a junção das fibras ópticas. A figura 4 ilustra as estruturas do TECO.



Figura 4 – Estruturas de sustentação do TECO.

As fontes de potência luminosa para os sensores Faraday do TECO são SLEDs que estão instalados em módulos chamados de MO-1000. O feixe de luz fornecido por este módulo é linearmente polarizado e conduzido através de uma fibra óptica até o sensor Faraday, onde passa pelo sensor e tem o seu estado de polarização afetado em função do campo magnético. Posteriormente ele é conduzido a um sistema de aquisição, onde é decomposto em suas componentes ortogonais através de um *beam-splitter*, convertendo a modulação do ângulo do estado de polarização em modulação de intensidade. A figura 5 ilustra esta arquitetura. Esta conversão é realizada em um módulo conhecido como MC-61850, que é a Merging Unit do TECO. Nele as medições do sensor Faraday e da bobina de Rogowski são processadas e eventuais correções são aplicadas para que os Sampled Values enviados para a rede estejam sempre com a exatidão esperada.

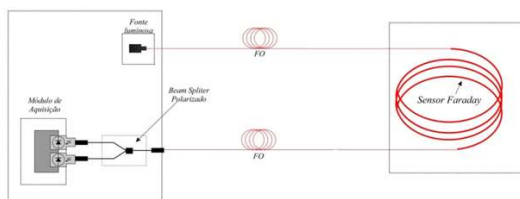


Figura 5 – Sistema óptico básico (2FO) para medição de corrente com sensor Faraday.

Do ponto de vista de instalação, apenas o conjunto sensor necessita ser instalado na estrutura do TC. Os demais dispositivos como, as fontes de potência luminosa e a Merging Unit, são instalados em um painel de comando.

5.0 INSTALAÇÃO DO TC ÓPTICO NA SUBESTAÇÃO ITÁ

Em conjunto com a equipe técnica da Engie, foi determinado que o piloto do TECO seria instalado na subestação (SE) Itá, operada pela Eletrosul e que recebe as linhas de transmissão de 525 kV da Usina Hidroelétrica (UHE) de Itá. A SE ITÁ recebe energia da UHE ITÁ por meio de duas linhas de 525kV que se conectam a quatro vãos dentro da SE. O TECO foi instalado no vão da barra B conforme apresentado na Figura 6a. A Figura 6b mostra uma vista lateral simplificada da instalação onde pode ser observado que, em cada fase, o TECO se encontra posicionado entre o TC convencional e a chave seccionadora.

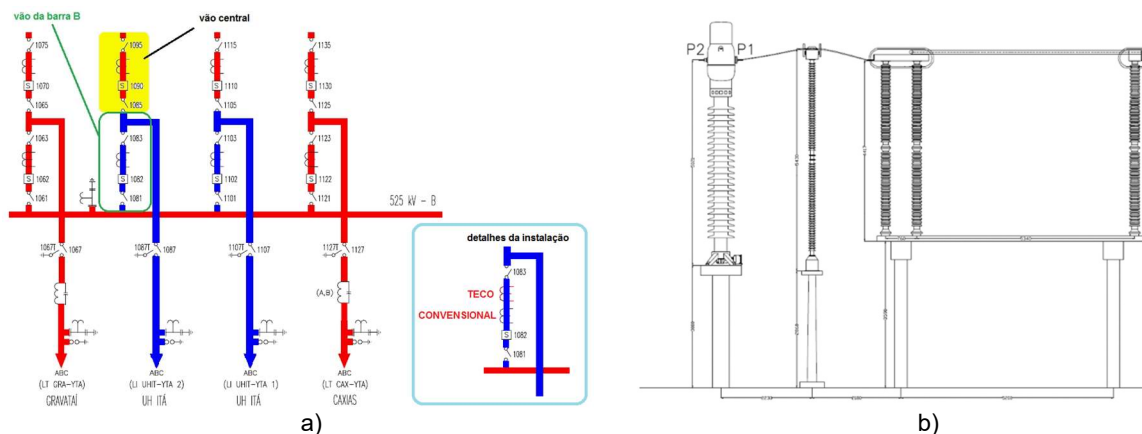


Figura 6 – a) Diagrama unifilar resumido do vão onde o TECO foi instalado. b) Vista lateral do vão da barra B

Como mostrado na seção anterior, o TECO permite que sejam instalados dois sensores redundantes para a medição da corrente em um único cabeçote. Para avaliar o comportamento dos sistemas em diferentes situações, foi estabelecida a instalação de dois painéis contendo fontes de luz e receptores independentes, um na sala de controle e outro no pátio da subestação. A Figura 7 apresenta uma foto aérea da SE ITÁ onde os TECO foram instalados. Nela são ressaltados os pontos onde os sensores ópticos e os painéis foram posicionados, e o local de passagem dos cabos de fibra-óptica para a interligação entre o pátio e a sala de controle.

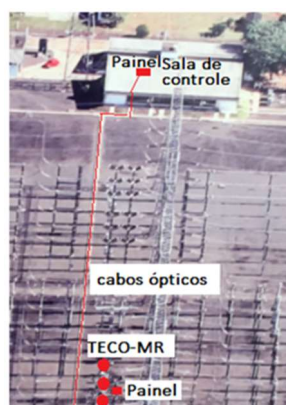


Figura 7 – Foto aérea indicando os principais elementos do conjunto TECO.

5.1 AS OBRAS NO PÁTIO

Os trabalhos desde a preparação da infraestrutura civil até o efetivo funcionamento do sistema demoraram 45 dias e atenderam as necessidades operacionais do Sistema Elétrico sob controle do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Como os TECO foram posicionados em um local intermediário entre os TCs convencionais e as chaves seccionadoras, toda obra civil precisou ser preparada com a premissa básica de se evitar riscos às estruturas pré-existentes. Novas infraestruturas necessitaram ser incluídas para realizar a interconexão das fibras dos elementos sensores ao painel de comando do pátio, bem como para interligar este painel à canaleta (pré-existente) que leva os cabos para a sala de controle.

Além das obras no pátio (que incluem a instalação das bases de concreto e a fixação do TECO, dutos, aterramentos e caixas de passagem) também foram consideradas as instalações dos dois painéis (painel principal instalado no pátio e painel redundante instalado na sala de comando), antenas para os relógios GNSS, cabos ópticos, cabos de medição, de corrente e cabos de alimentação. O sistema passou a operar em 29/03/2017. A Figura 8 mostra os equipamentos instalados no pátio da subestação.



Figura 8 – Foto dos TECO instalado.

5.2 DIAGRAMA LÓGICO DE INTERCONEXÕES

Para avaliar o comportamento do TECO e realizar comparações das medições, tanto o TECO quanto os TCs e TP's convencionais foram conectados à equipamentos de medições que disponibilizavam os valores na rede. Os TECO possuem sua própria Merging Unit. Para a conversão dos demais sinais foram utilizadas Stand Alone Merging Units (SAMU) comerciais. Foi criado um barramento de processo utilizando switches Ethernet para que os SVs com as medições fossem disponibilizados para outros equipamentos. Um Registrador de Perturbações (RDP) recebe os diferentes SVs das Merging Units além dos sinais de seu sistema de aquisição próprio. Quando disparado, cria registros de oscilografia com as diferentes medições. O projeto piloto contemplou infraestrutura para a instalação futura de até dois relés de proteção com capacidade para receber pacotes de SVs mas que não foram instalados. Todos os equipamentos são sincronizados por meio de relógios baseados em satélites que fornecem sinais de IRIG-B e PTP.

A Figura 9 apresenta o diagrama geral do sistema de monitoramento.

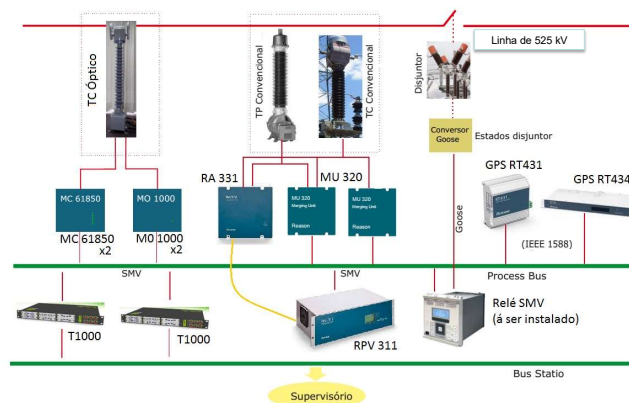


Figura 9 – Diagrama Geral da monitoração realizada na SE YTÀ.

Estes equipamentos foram alojados em dois painéis distintos, sendo um deles instalado no pátio e o outro na sala de controle. No painel do pátio, chamado de principal, está instalado um MO-1000 que contém as fontes de luz SLEDs para um conjunto de sensores Faraday. Também contém o módulo MC-61850 que é a Merging Unit do TECO e que recebe os sinais óticos, os converte em SV e os envia para a rede. Neste painel também estão os PoFs que alimentam os circuitos que captam os sinais das bobinas de Rogowski e uma das SAMU comerciais para fazer a conversão das medidas de corrente dos TCs convencionais para SVs. No painel da sala de controle, chamado de redundante, estão instaladas as fontes de luz SLED para o segundo conjunto de sensores Faraday e o seu módulo MC-61850. Também estão incluídos todos os demais equipamentos que compõe o sistema de monitoramento. A figura 10 ilustra de forma simplificada a conexão dos módulos sensores e a Figura 11 mostra os painéis montados. Os dois sensores redundantes estão instalados em série na barra. Desta forma a mesma corrente é medida e processada por dois sistemas de medição independentes. A presença de sensores e Merging Units redundantes trazem uma maior disponibilidade e confiabilidade ao sistema como um todo uma vez que os efeitos de degradação dos componentes e falhas eventuais em um dos sistemas de medição podem ser contornados. Os equipamentos que fazem uso destas medidas podem tratar as informações e desconsiderar as medidas de um dos conjuntos

quando julgarem inválidas, bem como no caso da perda de um dos sistemas de medição, existir um conjunto alternativo que possa prover as medidas de corrente e manter o sistema de proteção operativo.

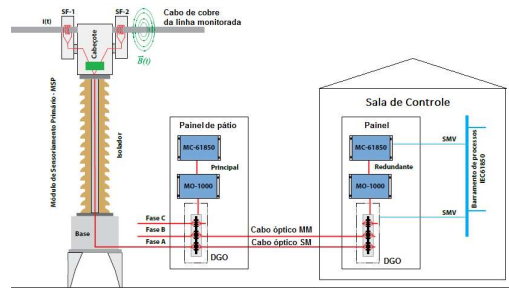


Figura 10 – Diagramas simplificado da interligação dos TECO.



Figura 11 – Painéis elétricos instalados no pátio e na sala de controle.

6.0 MEDIÇÕES DE CORRENTE EM CAMPO

Após finalizada a instalação total do sistema nas 3 fases, foi realizada a configuração dos equipamentos para comunicação no barramento de processo. Como o sistema era completamente isolado dos demais sistemas de proteção e monitoramento da subestação, todos os parâmetros foram pré-ajustados em fábrica, facilitando o startup em campo. Em campo não foram utilizados equipamentos de geração de altas correntes para a realização da calibração. Foram realizadas apenas alguns ajustes dos coeficientes de calibração para compensar perdas de potência luminosa na conexão dos cabos de fibra óptica. Com todo o sistema de monitoramento em operação, contava-se com 5 equipamentos fornecendo medições de corrente para cada fase. A figura 12 apresenta uma oscilografia extraída do RDP com a linha já energizada. Os sinais MU_P e TECO_P correspondem respectivamente a SAMU e a Merging Unit do TECO instaladas no painel do pátio enquanto os MU_R e TECO_R correspondem aos instalados na sala de controle. Os sinais RA331 são os associados à medição dos TCs convencionais pelo módulo de aquisição do RDP. Nela é possível comparar as medidas dos TCs convencionais com as do TC óptico.

Se nota que mesmo em uma corrente baixa há uma equalização das medidas entre os vários equipamentos de medição e que as pequenas diferenças de medição podem ser atribuídas a falta de uma calibração apurada ou a erros de medição inerentes aos próprios TCs convencionais. Avaliando-se os gráficos de medição fasorial mostrados na Figura 13, se verifica que há uma diferença de fase na ordem de 1 grau elétrico entre as medidas do TC óptico e o convencional que é fruto das impedâncias naturais dos TCs ferromagnéticos.

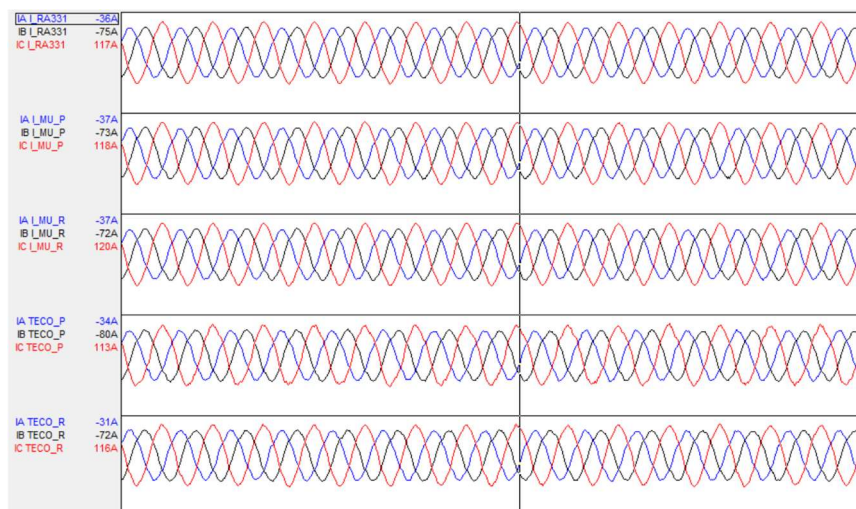


Figura 12 – Oscilografia apresentando as três correntes sendo monitoradas de 5 formas distintas.

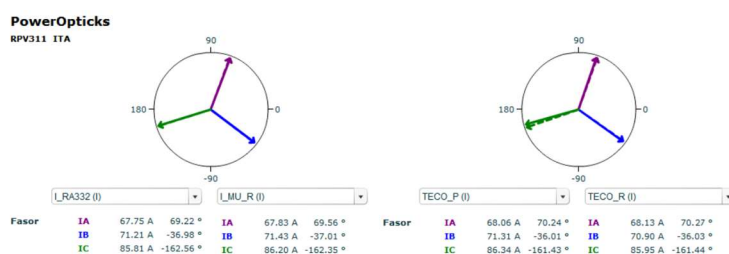


Figura 13: Tela de monitoração fasorial.

6.1 ESTADO DO SISTEMA APÓS 4 ANOS DE OPERAÇÃO

Todo o sistema permaneceu em monitoramento por um ciclo de 4 anos. Durante este tempo, apesar de ter havido alguns eventos de mal funcionamento do RDP e a necessidade de reparos, não houve impedimento para que o sistema óptico pudesse ser avaliado. Verificou-se que com o passar do tempo, as fontes de luz SLED instaladas no painel do pátio da subestação, responsáveis por prover a potência luminosa para os sinais recebidos na Merging Unit do TECO deste painel, tiveram uma degeneração acentuada a ponto de duas das fases estarem desabilitadas. O terceiro SLED também apresenta redução da potência luminosa, porém ainda opera em condições de realizar a monitoração. Por outro lado, os SLED instalados no painel da sala de controle encontram-se em funcionamento normal e sem perda de potência luminosa. Este comportamento comprova que essas fontes, como é o caso dos SLED ou Lasers, são realmente muito sensíveis aos efeitos da temperatura ambiente. Fica evidente que há uma degradação dos seus elementos de forma acentuada e imprevisível ao serem submetidos a temperaturas mais elevadas, como é o caso das do pátio da subestação, e isto reduz drasticamente a sua vida útil e diminui severamente a sua potência. Com o equipamento na sala de controle onde a temperatura sofre pouca variação, a vida útil destes elementos não foi comprometida.

Felizmente, por contarem com sistemas microprocessados inerentes ao processo de medição, os TCs ópticos podem avaliar continuamente a intensidade de potência luminosa fornecida identificando tendências de redução e alertando de forma preventiva sobre a necessidade de alguma ação corretiva.

A figura 14 mostra uma oscilografia atualizada do conjunto de medidores obtida do RDP onde se constata a falta de sinais de corrente do TECO do pátio da subestação. Por outro lado, se nota que as demais medidas seguem coerentes.

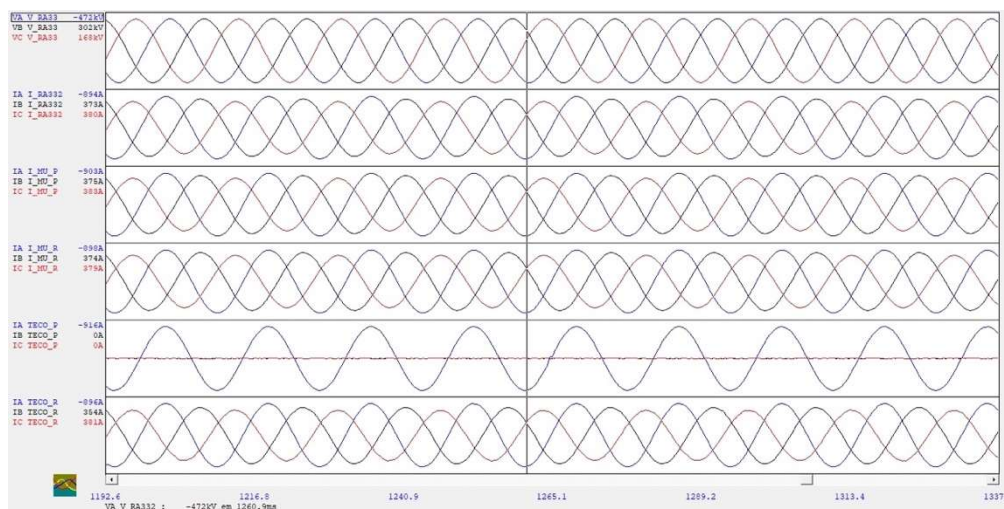


Figura 14 – Oscilografia atualizada com os 5 medidores de corrente.

7.0 CONCLUSÕES

Este projeto piloto, um dos pioneiros no país na avaliação da tecnologia empregada nos TCs ópticos, pode trazer subsídios importantes sobre a sua viabilidade técnica e qualidade das medidas fornecidas. Fica evidente que os sistemas de medição de corrente óptico são totalmente compatíveis com os convencionais e que trazem consigo um benefício intrínseco de prover isolamento elétrico entre os pontos de alta tensão e os demais equipamentos.

Do ponto de vista de confiabilidade, se constatou na prática que as fontes de potência luminosa são extremamente sensíveis quando expostas às temperaturas do pátio da subestação, alertando que em novos empreendimentos estes dispositivos devem permanecer dentro dos painéis da sala de controle e, desta forma, trazerem maior confiabilidade a cadeia de medição.

Quanto a instalação em campo, todo o processo se mostrou facilitado e simplificado pelo fato de apenas poucos cabos de fibra óptica serem necessários para realizar toda a interconexão entre os dispositivos do pátio e os da sala de controle. Entretanto, em subestações em operação, as obras civis necessitaram cuidado adicional para preservar as estruturas pré-existentes.

Os equipamentos instalados neste primeiro projeto deram base para a evolução do produto e melhorias estão sendo realizadas como parte da etapa de cabeça de série do P&D Aneel em que este projeto é desenvolvido. No decorrer de 2021, está programada a instalação de uma segunda versão do TECO contendo todo o aprendizado das fases anteriores.

A aplicação dos conceitos da norma IEC 61850 está cada vez mais difundida e a tendência é que se torne o padrão em novos empreendimentos. Os TCs ópticos além de trazerem todos os aspectos de segurança e de medição intrínsecos a tecnologia óptica, fornecem também a conectividade de forma nativa, o que abre espaço para uma supervisão mais apurada de todos os elementos que o compõem, e assim deixar todo o sistema de proteção, automação e controle mais robusto.

O TECO é desenvolvido com tecnologia brasileira. O trabalho é realizado como parte do projeto PD-00403-0047/2019 do programa P&D ANEEL, intitulado “Cabeça de Série do Transformador Eletrônico de Corrente Óptico – TECO-MR”. no âmbito do programa de P&D da ENGIE Brasil regulado pela ANEEL.

8.0 REFERÊNCIAS

- [1] IEC 61850-SER Series, “Communication networks and systems for power utility automation – All Parts”, 2021
- [2] Coelho, Vinicius A., “O efeito Faraday: exposição teórica didática e experimento de baixo custo”, dissertação de mestrado; UFRJ; RJ; 2017.

DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Alberto Dutra nasceu em Florianópolis/SC (1974). Engenheiro de Controle e Automação graduado pela UFSC (1999), MBA em Administração Global pela SOCIESC/UNICA (2007) e especialização em Mecatrônica pelo IFSC (2017). Mais de 20 anos de experiência em desenvolvimento de produtos, incluindo registradores de perturbação, localizadores de faltas por ondas viajantes, relógios baseados em satélites e equipamentos baseados em IEC 61850. Desde 2020 trabalha na PowerOpticks no desenvolvimento de um TC óptico.

(2) LUAN ZOLIN TOMINAGA

Engenheiro eletricitista pela Universidade Estadual De Londrina turma 2009, e pós-graduação em Gestão Industrial e Lean Manufacturing (SENAI). Atualmente é responsável pelo desenvolvimento de sistemas ópticos e gerenciamento de projetos de P&D.

(3) CELSO LUIS DE SOUZA

Celso Luis de Souza é engenheiro eletrônico formado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, com mestrado em Sistemas de Comunicação pela University of Southern California. Atuou em empresas nacionais e multinacionais no Brasil e Estados Unidos, sempre focado no desenvolvimento de hardware. A área de especialidade é board level design e desenvolvimento utilizando FPGA. Hoje é engenheiro de desenvolvimento de hardware sênior na empresa AQTech Instrumentação e Controle em Florianópolis, SC

(4) TIAGO KAORU MATSUO

Tiago Kaoru Matsuo nasceu em Florianópolis/SC em 1986. É mestre em Mecatrônica pelo IFSC (2017), formado em Engenharia elétrica pela UFSC (2010) e técnico em eletrônica (CEFET-SC, 2005). Trabalha desde 2006 no desenvolvimento de tecnologias para monitoramento e diagnóstico de máquinas rotativas, principalmente no setor elétrico. Atualmente é Diretor de Técnico na AQTech Power Prognostics, sediada em Florianópolis.

(5) LUCIANO MENDES DE FREITAS

Graduado em Tecnologia em Eletrônica pelo CEFET em 2003, Engenharia de Controle e Automação pela FAG em 2007, Engenharia Elétrica pela SATC em 2014 e Especialista em Gerenciamento de Projetos pelo SENAI em 2016. Atualmente é Engenheiro de Manutenção de Ativos de Sistemas na Usina Hidrelétrica de Itá.

(6) RUBENS JOSÉ NASCIMENTO

Engenheiro eletricitista, pela Universidade Federal de Santa Catarina turma 1986, pós-graduação em Produtividade e Qualidade (Universidade do Sul de Santa Catarina) e MBA Gestão Empresarial - FGV. Atualmente exerce a função de Gerente da Unidade Organizacional Engenharia de Manutenção de Ativos de Sistemas da ENGIE Brasil Energia, com passagens pela CELESC, ELETROSUL, GERASUL e TRACTEBEL ENERGIA. Profissional no mercado desde 1986, além de possuir atividade docente na Área de Sistemas de Potência e trabalhos publicados em revistas especializadas.

(7) MARCELO PESSOA GAIDZINSKI

Engenheiro eletricitista formado pela Universidade Satc. Atualmente é engenheiro de operação e manutenção da transmissão de energia da Engie Brasil Energia.

(8) JURANDIR PAZ DE OLIVEIRA

Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – 1996, Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – 1998, Diretor de Marketing na Reason Tecnologia - Alstom/GE- Florianópolis, SC - janeiro de 2014 a junho de 2016, Sócio Diretor da Reason Tecnologia S.A.- Florianópolis, SC - dezembro de 1994 a janeiro de 2014, Sócio e membro de conselhos de administração de empresas de inovação e tecnologia na região de Florianópolis desde 2013.

(9) LUIZ ANTONIO CAMPOS BORGES

Graduado em Mecatrônica pelo Colégio de Itajubá em 2001, Engenharia Elétrica pela UNISUL FAG em 2018. Atualmente trabalho com Técnico em Manutenção de Ativos de Sistemas na Usina Hidrelétrica de Itá.

(10) SERGIO LUIZ ZIMATH

Formado em engenharia de controle e automação pela universidade federal de Santa Catarina, trabalhou por 20 anos na área de desenvolvimento de produtos onde foi responsável por diversos produtos que atualmente fazem parte da linha Reason da GE. Atualmente dedica-se as empresas AQTech e Poweropticks contribuindo no desenvolvimento e administração das empresas.