EXPERIÊNCIA INÉDITA DE APLICAÇÃO DO SISTEMA DE PROTEÇÃO UTILIZANDO TCS ÓPTICOS INTEGRADOS (LPIT) NO BARRAMENTO DE PROCESSO

Carlos Dutra(*) **Luan Tominaga** **Sergio Zimath** **Vitor Woyakewicz** **Tiago Matsuo** **Jurandir Oliveira**
Power Opticks **AQTech**

Luciano Freitas **Rodrigo Souza** **Rubens Nascimento** **Denys Lellys** **Rafael Nogueira**
ENGIE **GE Vernova**

RESUMO

Este artigo investiga a aplicação de Transformadores de Corrente Ópticos (TCs Ópticos) em sistemas de proteção de linhas de transmissão de energia, com foco na integração desses dispositivos ao barramento de processo, conforme a norma IEC 61850. O uso de TCs ópticos no barramento de processo permite a digitalização direta das medições de corrente, eliminando a necessidade de conversores analógicos, o que reduz o número de componentes físicos e minimiza as fontes de erro e de falhas. A arquitetura digital do sistema também facilita a integração com relés de proteção modernos, que se beneficiam das medições precisas e rápidas fornecidas pelos TCs ópticos para a detecção e isolamento de falhas.

Essa abordagem inovadora não apenas melhora a precisão e a velocidade das respostas dos sistemas de proteção, mas também contribui para a confiabilidade geral da rede de transmissão, permitindo uma operação mais resiliente frente a condições adversas. Além disso, a integração com relés de proteção que operam com protocolos de comunicação baseados em IEC 61850, como o Sampled Values (SV) e o GOOSE, possibilita uma configuração mais flexível e uma operação mais eficiente das subestações digitais.

Essa sinergia entre os TCs ópticos e os relés de proteção no barramento de processo representa um marco na evolução das subestações digitais, destacando-se como uma solução altamente eficaz para enfrentar os desafios das redes elétricas modernas, como a necessidade de maior precisão, rapidez e confiabilidade nas medições e proteções.

PALAVRAS-CHAVE

Barramento de processo, sistemas de proteção, IEC 61850, transformadores de corrente ópticos, relés de proteção

1.0 - INTRODUÇÃO

O setor elétrico está passando por uma transformação tecnológica significativa com a implementação dos conceitos da norma IEC 61850 [1] nos sistemas de automação, proteção e controle de subestações. Este avanço se reflete na forma como novas subestações são projetadas e construídas, priorizando a aplicação destes conceitos devido às suas diversas vantagens operacionais e de manutenção, além de uma relação custo/benefício favorável para a implantação.

Entre as novas tecnologias de medição de corrente, destacam-se os sensores de baixa potência conhecidos como LPITs (Low-Power Instrument Transformers), que oferecem maior segurança e precisão nas medições. Uma das abordagens mais promissoras é o uso de tecnologias ópticas, baseadas no efeito Faraday, onde a corrente elétrica induz a rotação do plano de polarização de um feixe de luz. Este princípio foi crucial para o desenvolvimento de um transformador de corrente (TC) óptico, denominado TECO (Transformador Eletrônico de Corrente Óptico), voltado para aplicações em subestações de energia elétrica.

Considerando o barramento de processo como uma tendência crescente, os LPITs se consolidam como uma solução natural. A integração dos benefícios proporcionados pelos LPITs ao barramento de processo torna essa solução ainda mais atraente do ponto de vista econômico, uma vez que reduz significativamente os custos de infraestrutura, instalação e operação em comparação com as abordagens tradicionais.

O TC óptico desenvolvido foi instalado em uma subestação da Eletrosul (SE Ytá), monitorando uma linha de 525 kV pertencente à Engie, que interliga a subestação com a Usina Hidroelétrica de Itá. Originalmente, a subestação foi adaptada para acomodar um conjunto de TCs ópticos em série com os TCs convencionais pré-existentes, permitindo um estudo comparativo de desempenho e promovendo a aquisição de conhecimento sobre a aplicação desta tecnologia emergente.

(*) Avenida Luiz Boiteux Piazza, 1302, sala 06, Sapiens Parque, CEP 88.054-700, Florianópolis, SC, Brasil,
Tel: (+55 48) 98405-4972, E-mail: carlos@poweropticks.com.br

Para ampliar as funcionalidades e avaliar de perto a confiabilidade do sistema, foi realizado um upgrade na instalação inicial, que incluiu a adição de um relé de proteção para o monitoramento da linha de transmissão. Este relé foi integrado ao barramento de processo, completando os elementos básicos do sistema de proteção associados com esta aplicação.

Neste documento, a seção 2 trata dos transformadores ópticos de corrente e como eles se integram no barramento de processo IEC 61850. Na seção 3 é tratado do projeto piloto, sendo apresentado o TECO e o barramento de processo originalmente criado na subestação. A seção 4 trata da inclusão do relé de proteção no barramento de processo, os testes prévios e a experiência de campo na implementação do upgrade realizado, consolidando a aplicação dos TCs ópticos e da tecnologia de barramento de processo em sistemas de proteção de linhas de transmissão de energia. A seção 5 traz as considerações finais deste trabalho.

2.0 - TRANSFORMADORES DE CORRENTE ÓPTICOS E A INTEGRAÇÃO COM O BARRAMENTO DE PROCESSO

Os Transformadores de Corrente (TCs) são componentes essenciais no monitoramento e proteção dos sistemas elétricos, convertendo a corrente primária em níveis adequados para medição e proteção, garantindo segurança e eficiência. Tradicionalmente, os TCs convencionais, baseados em núcleos ferromagnéticos, têm sido amplamente utilizados, mas enfrentam desafios como a saturação do núcleo, especialmente em situações de curto-circuito. Isso pode comprometer a precisão das medições e a confiabilidade dos sistemas de proteção.

Com os avanços tecnológicos e a crescente digitalização das subestações, os TCs Ópticos surgem como uma solução inovadora. 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. 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 1 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.

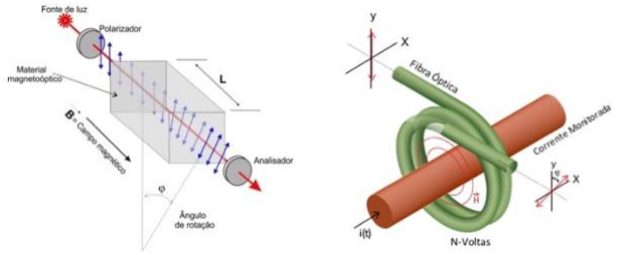


FIGURA 1 – Efeito Faraday aplicado à medição de corrente.

Por conta das características construtivas das fibras ópticas, o comportamento da luz pode sofrer alguma variação em função da variação da temperatura. Assim, mecanismos de compensação necessitam ser adicionados para que a relação entre a corrente no condutor e o sinal luminoso permaneçam inalterados e mantenham o seu elevado grau de precisão na medição de corrente.

Com os TCs ópticos são eliminados os problemas de saturação, além de oferecerem benefícios adicionais como a segurança aprimorada e a facilidade de integração com sistemas digitais.

No entanto, o verdadeiro potencial dos TCs Ópticos é revelado quando considerados dentro da arquitetura do barramento de processo IEC 61850. A norma IEC 61850 foi desenvolvida para padronizar a comunicação e a integração dos dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs) nas subestações elétricas. Ela define um modelo de dados comum e protocolos de comunicação que permitem a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes fabricantes, promovendo a automação e a eficiência das subestações.

Dentro da norma IEC 61850, o barramento de processo desempenha um papel crucial. Ele é responsável pela comunicação de dados de medição e proteção entre os equipamentos de campo (como TCs, TPs e sensores) e os IEDs, utilizando mensagens digitais conhecidas como Sampled Values (SVs). Essas mensagens são transmitidas em tempo real e contêm informações críticas sobre as condições operacionais da subestação, permitindo respostas rápidas e precisas dos sistemas de proteção e automação.

A integração dos dispositivos de medição com o barramento de processo é um dos principais aspectos que distingue as subestações digitais das tradicionais. Ao contrário das subestações convencionais, onde os sinais analógicos dos TCs e TPs são enviados diretamente para os relés de proteção por meio de cabos de cobre, nas subestações digitais esses sinais são convertidos em dados digitais logo na fonte e transmitidos pela rede do barramento de processo. Isso não só reduz a quantidade de cabos necessários, mas também melhora a qualidade e a precisão das medições, eliminando problemas de interferência e atenuação que podem ocorrer em cabos longos.

Os TCs Ópticos, quando integrados ao barramento de processo IEC 61850, oferecem vantagens significativas em comparação com os TCs convencionais. A integração se dá por meio de unidades conhecidas como Merging Units, que desempenham um papel vital na arquitetura digital da subestação.

As Merging Units são dispositivos responsáveis por converter os sinais analógicos (ou ópticos, no caso dos TCs Ópticos) em sinais digitais, que são então transmitidos na forma de SVs pelo barramento de processo. No caso dos TCs Ópticos, a Merging Unit não é apenas um conversor de sinais, mas uma parte intrínseca do sistema de medição óptica. Ela contém as fontes de luz necessárias para a operação dos sensores ópticos, bem como os receptores que captam os sinais luminosos modulados pelo efeito Faraday.

Dentro da Merging Unit, ocorre a digitalização dos sinais de corrente e a compensação de possíveis variações de temperatura que possam afetar a precisão das medições. O processador da Merging Unit é responsável por garantir que os dados convertidos sejam precisos e sincronizados com os demais dispositivos da rede, utilizando protocolos de sincronismo temporal definidos pela IEC 61850.

Os SVs gerados pela Merging Unit contêm informações detalhadas sobre a corrente medida pelo TC Óptico. Esses dados são transmitidos em tempo real para os IEDs conectados ao barramento de processo, que utilizam essas informações para realizar funções de proteção, controle e monitoramento.

A comunicação baseada em SVs permite que os IEDs recebam dados de múltiplos TCs e TPs simultaneamente, possibilitando uma visão abrangente das condições da subestação. Isso melhora a coordenação dos sistemas de proteção, reduzindo o tempo de resposta em caso de falhas e aumentando a confiabilidade do sistema elétrico.

Além disso, a transmissão digital elimina a necessidade de conversores adicionais e interfaces analógicas, simplificando a arquitetura da subestação e reduzindo o número de pontos de falha potenciais. Isso também facilita a implementação de redundâncias e a manutenção do sistema, uma vez que os diagnósticos podem ser realizados remotamente, e eventuais problemas podem ser detectados e corrigidos antes que causem interrupções.

A integração dos TCs Ópticos com o barramento de processo IEC 61850 traz inúmeros benefícios para as subestações digitais, destacando-se entre eles:

- Redução de Infraestrutura Física: A utilização de fibras ópticas em vez de cabos de cobre tradicionais reduz significativamente a necessidade de infraestrutura física, como canaletas e suportes. As fibras ópticas são mais leves, menos volumosas e menos suscetíveis a interferências eletromagnéticas, o que simplifica a instalação e a manutenção dos sistemas de medição.

- Melhoria na Precisão das Medições: Os TCs Ópticos não sofrem com problemas de saturação, comuns nos TCs convencionais, o que garante medições mais precisas e confiáveis, mesmo em condições de alta corrente. Isso é particularmente importante para os sistemas de proteção, que dependem de dados precisos para operar corretamente.

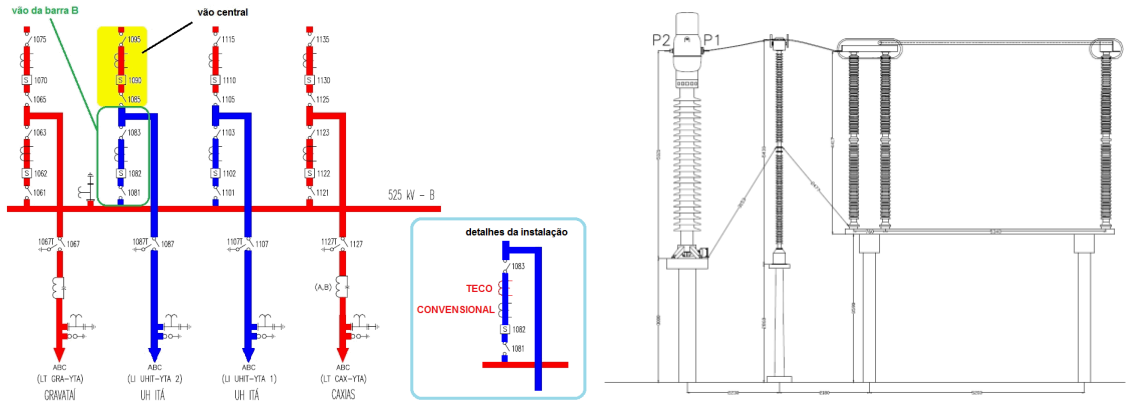
- Aumento da Segurança Operacional: A ausência de núcleos ferromagnéticos e dielétricos em óleo nos TCs Ópticos elimina o risco de explosões e falhas catastróficas, melhorando a segurança das subestações. Além disso, a transmissão digital dos dados reduz o risco de erros humanos durante a instalação e manutenção, uma vez que a fiação é simplificada e as conexões são padronizadas.

- Flexibilidade e Escalabilidade: A norma IEC 61850 permite que novos dispositivos sejam facilmente integrados à rede existente, sem a necessidade de grandes alterações na infraestrutura física. Isso facilita a expansão das subestações e a modernização dos sistemas, à medida que novas tecnologias e necessidades surgem.

- Monitoramento e Diagnóstico em Tempo Real: A integração dos TCs Ópticos com o barramento de processo permite o monitoramento contínuo do estado dos equipamentos, incluindo a qualidade do sinal óptico e os níveis de potência das fontes de luz. Qualquer anomalia pode ser detectada e corrigida em tempo real, garantindo a operação contínua e confiável da subestação.

3.0 - PROJETO PILOTO SE YTA

Para demonstrar a viabilidade de aplicação do TC óptico em uma subestação de energia elétrica de alta tensão, foi realizada a instalação de um conjunto trifásico do TECO (Transformador Eletrônico de Corrente Óptico), TC óptico desenvolvido pela empresa PowerOpticks em parceria com a AQTech no âmbito de um projeto de P&D ANEEL com a ENGIE Brasil. A subestação escolhida foi a SE Yta, operada pela Eletrosul. e que recebe duas linhas de transmissão de 525 kV da Usina Hidroelétrica (UHE) de Itá. As linhas se conectam a quatro vãos dentro da subestação. O TECO foi instalado no vão da barra B conforme apresentado na Figura 2a. A Figura 2b 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. A figura 3 mostra os equipamentos instalados na subestação.



a) b)

FIGURA 2 – a) Diagrama unifilar resumido do vão onde o TECO foi instalado. b) Vista lateral do vão da barra B



FIGURA 3 – Sistema trifásico do TECO instalado na subestação

As fibras ópticas das unidades de campo (sensores) se interligam com a Merging Unit instalada na sala de controle, onde, juntamente com os demais IEDs, se comunicam em um barramento de processo especialmente criado para o projeto piloto de forma a inicialmente comparar as medidas de corrente entre os TCs convencionais e os TCs ópticos.

3.1 O TECO

O TECO considera como princípio de funcionamento o efeito Faraday, com a passagem de uma luz polarizada por várias espiras de fibra óptica 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 e é o sensor principal para a medição de corrente. Entretanto, a medição com as fibras ópticas pode ser sensível a variações de temperatura. Para compensar estas variações, o TECO adicionalmente utiliza uma bobina de Rogowski que simultaneamente realiza medições equivalentes da corrente monitorada.

Um cabeçote permite sustentar 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, no cabeçote é instalada uma placa que faz a aquisição dos sinais da bobina de Rogowski e os converte em dados amostrados para serem enviados para a Merging Unit utilizar nos algoritmos de compensação. A alimentação desta placa

não pode ser realizada com cabos elétricos para não interferir na isolação do TC. Por conta disto, no cabeçote é instalada uma célula fotoelétrica que recebe uma luz proveniente de um dispositivo PoF (*Power over Fiber*). 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 e que também serve de duto para a passagem das fibras ópticas. Na base do isolador é realizada a junção das fibras ópticas.

As fontes de potência luminosa para os sensores Faraday do TECO são SLEDs que estão instalados internamente ao gabinete da Merging Unit. 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. Esta conversão é realizada na Merging Unit do TECO. Nela 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.

A Figura 4 ilustra as estruturas do TECO.



FIGURA 4 – Estruturas do TECO

3.2 Barramento de processo inicial

Para avaliar o comportamento do TECO e realizar comparações das medições, tanto o TECO quanto os TCs e TPs 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. Todos os equipamentos são sincronizados por meio de relógios baseados em satélites que fornecem sinais de IRIG-b e PTP.

A Figura 5 apresenta o diagrama geral do sistema de monitoramento.

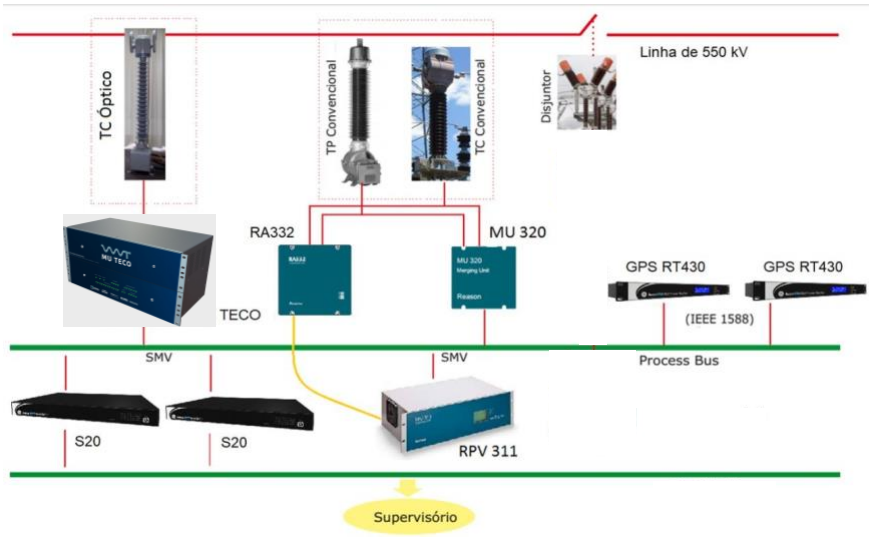


FIGURA 5 – Diagrama Geral da monitoração realizada na SE Yta.

Todos os equipamentos foram alojados em um painel dentro da sala de controle. A Merging Unit TECO é a unidade que possui as fontes de luz e que recebe os sinais ópticos dos sensores, os converte em SV e os envia para a rede. Nela também estão os PoFs que alimentam os circuitos que captam os sinais das bobinas de Rogowski. A figura 6 ilustra de forma simplificada a conexão dos módulos sensores com a Merging Unit e a Figura 7 mostra os painéis montados na sala de controle.

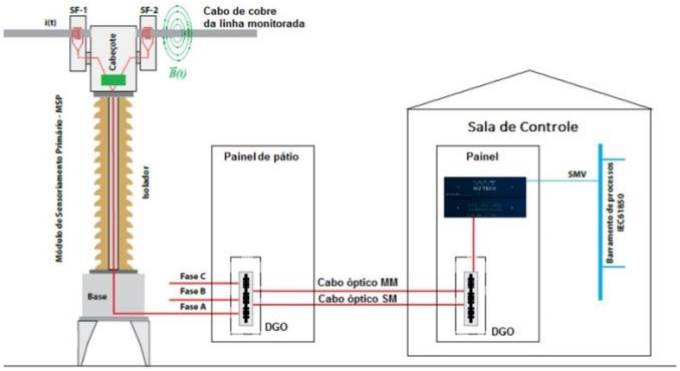


FIGURA 6 – Diagramas simplificado da interligação dos TECO.



FIGURA 7 – Painéis elétricos instalados na sala de controle.

4.0 - INSTALAÇÃO DO RELÉ DE PROTEÇÃO

Apesar de originalmente o relé de proteção ter sido cogitado para o projeto piloto, este IED não havia sido instalado e o projeto ficou focado na avaliação do comportamento das medidas entre as diferentes fontes de medição quando comparadas em um Registrador de Perturbações. Durante a etapa de cabeça de série do projeto de P&D do TECO as medições do TC óptico foram validadas. Sendo assim, se considerou a instalação de um relé de proteção apropriado para aplicações no barramento de processo para que fosse completada toda a cadeia de proteção e ser possível observar o comportamento do sistema de proteção utilizando os TCs ópticos como fonte de medidas de corrente em uma aplicação inédita no sistema elétrico brasileiro. Em parceria com a empresa GE, foi disponibilizado um relé de proteção da linha P40, com capacidade para utilização em subestações digitais baseadas na norma IEC 61850 e com suporte para as funções de proteção equivalentes ao do relé de proteção que monitora e atua na linha.

O sistema de proteção da linha de transmissão que interliga a SE Yta à UHE Itá considera funções diferenciais e de sobre-corrente para proteger a linha. Como não há um barramento de processo na outra extremidade da linha (lado da UHE Ita), neste projeto piloto não foi possível implementar a função diferencial. Para a função de sobre-corrente, considerando a topologia de disjuntor e meio utilizada na subestação e que apenas um dos vãos é monitorado pelo TC óptico, o valor de corrente considerado na configuração do relé foi a metade da corrente parametrizada no sistema de proteção original.

O relé de proteção não está conectado fisicamente/logicamente ao sistema de abertura dos disjuntores, entretanto, registros oscilográficos internos são gerados para que possa ser avaliado o seu comportamento em campo. Além disso, uma vez que um evento é detectado pelo relé, uma mensagem GOOSE com o TRIP é encaminhada para a rede. O RDP está configurado para subscrever esta mensagem e ativar o seu registro interno. Desta forma, com o RDP também é possível avaliar o comportamento da proteção juntamente com as medidas das correntes.

4.1 Testes de laboratório

Com o objetivo do minimizar o tempo de comissionamento na subestação, e considerando que basicamente as interligações de campo seriam relacionadas com a comunicação de rede, foi criado um cenário equivalente ao da subestação para que os testes de interoperabilidade entre o relé, o TC óptico e o barramento de processo fossem executados de forma prévia. A Figura 8 mostra o setup de testes.



FIGURA 8 – Cenário de testes.

O relé de proteção foi configurado com os parâmetros equivalentes ao do relé que protege a linha (embora tenha sido considerada a metade da corrente por conta da topologia adotada na subestação). Uma mensagem GOOSE associada com a saída de TRIP do relé foi configurada para que sinalizasse ao RDP o envio de comando de abertura de linha em função da detecção de um evento na linha protegida. Os demais IEDs também receberam configurações equivalentes à de campo. As configurações de VLAN associadas às mensagens de SV e de GOOSE de acordo com as utilizadas na subestação também foram ajustadas no relé de proteção.

Com uma mala de testes foram produzidas correntes que eram multiplicadas por meio de múltiplas voltas dos condutores em torno dos sensores dos TCs ópticos a fim de simular uma corrente de primário. Assim, eram observadas as medidas no relé de proteção e no RDP, bem como se avaliava os registros de forma de onda. Eventos de faltas eram reproduzidos pela mala de testes e verificadas as formas de ondas registradas pelo relé de proteção.

A figura 9 mostra um registro de forma de onda obtido do relé de proteção durante os testes em laboratório para validar a sua configuração e funcionamento.

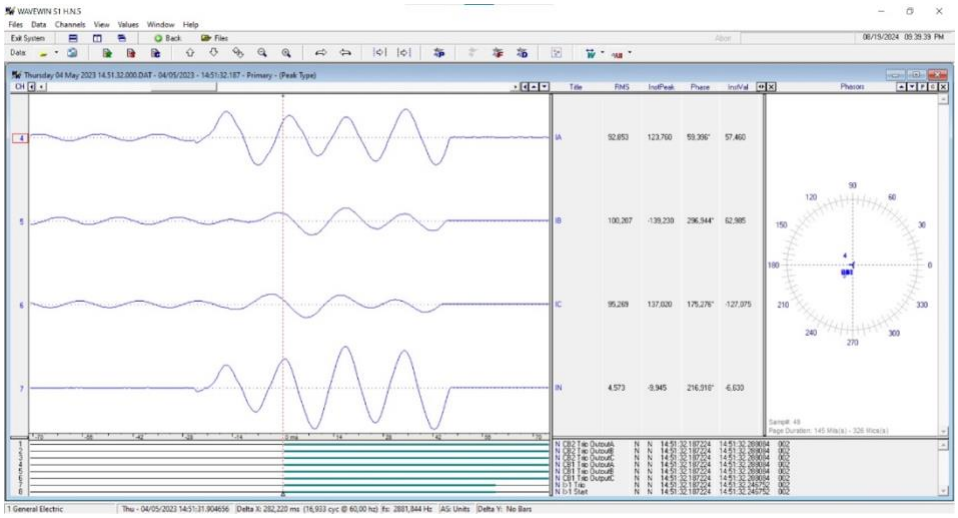


FIGURA 9 – Registro de forma de onda de simulação de evento

4.2 Instalação em campo

O relé foi instalado no painel originalmente utilizado no projeto piloto da SE Yta e que já contava com espaço de espera para instalar um relé de proteção. Foi realizada a ligação dos cabos de alimentação e as fibras ópticas de rede. Com a configuração previamente realizada, o relé estava pronto para ser iniciado. As únicas configurações necessárias em campo foram a habilitação das respectivas portas de rede do switch do barramento de processo na qual o relé estava conectado para operar na mesma VLAN das mensagens de SVs e GOOSE, e a configuração do RDP para receber as mensagens GOOSE do relé de proteção e associá-la aos triggers para registros.

Após testes comparativos das medições e de envio de mensagens GOOSE, foram realizados registros oscilográficos para finalizar o processo de verificação em campo. A Figura 10 apresenta um registro com as medições realizadas e a Figura 11 mostra o relé instalado no painel do projeto pilodo na subestação.

A facilidade de instalação se reflete em grande benefício da aplicação do barramento de processo nas subestações de energia elétrica. Como as ações se deslocam do meio físico (cabos elétricos) para o meio digital (mensagens de rede), há uma economia importante de tempo, e por consequência do custo, na realização dos trabalhos em campo. Boa parte do esforço se concentra na elaboração de documentações apropriadas e de preparação e testes fora do ambiente da subestação, o que permite flexibilizar e agilizar os trabalhos de campo.

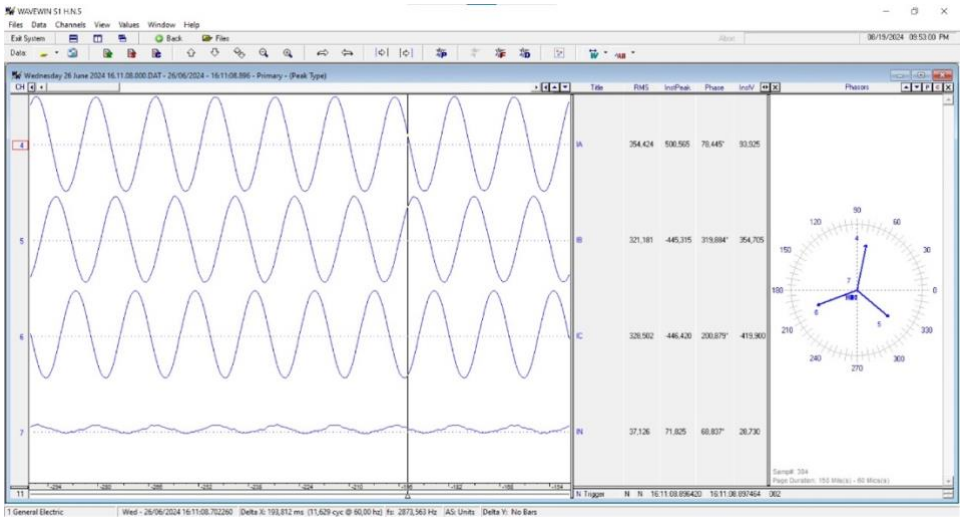


FIGURA 10 – Registro de oscilografia do relé de proteção ao final do comissionamento



FIGURA 11 – Relé de proteção instalado no painel da subestação

5.0 - CONCLUSÃO

A integração dos Transformadores de Corrente Ópticos com o barramento de processo IEC 61850 representa um avanço significativo na digitalização e modernização das subestações elétricas. A capacidade de transmitir dados de medição em tempo real, combinada com a simplificação da infraestrutura e a melhoria na precisão das medições, torna os TCs Ópticos uma escolha cada vez mais atraente para o setor elétrico.

À medida que as subestações digitais se tornam mais comuns, a adoção de tecnologias como os TCs Ópticos, integrados ao barramento de processo, será essencial para garantir a confiabilidade, segurança e eficiência dos sistemas elétricos modernos. Com a evolução contínua da norma IEC 61850 e o avanço das tecnologias de medição, espera-se que os TCs Ópticos desempenhem um papel central na próxima geração de subestações, contribuindo para a construção de redes elétricas mais inteligentes e resilientes.

A integração de TCs ópticos, barramento de processo IEC 61850 e relé de proteção no projeto piloto da SE Yta é um marco importante no processo de digitalização das subestações no Brasil. Trata-se de uma experiência inédita e que permite trazer um maior conhecimento sobre o uso da tecnologia óptica em campo.

A facilidade e agilidade na implantação do relé em campo é um ponto de destaque. Fica evidente que a aplicação de subestações digitais permite que grande parte do trabalho seja realizado fora da subestação, havendo assim um incremento da eficiência que se reflete nos custos de mão de obra e na redução dos riscos durante o processo de comissionamento.

Pelas características da linha monitorada e por ser de curta distância, ela tem apresentado um histórico de poucas ocorrências nos últimos meses. Desde que o sistema ficou ativo no fim de 2023, não houve eventos que levaram a atuação da proteção. Entretanto, há o acompanhamento contínuo do sistema de monitoramento a fim de se identificar a presença de registros oscilográficos que possam trazer mais evidências do comportamento da proteção.

O TECO é desenvolvido com tecnologia brasileira. O trabalho é realizado como parte do projeto PD-00403-0060/2024 do programa P&D ANEEL, intitulado “Lote Pioneiro e Inserção no Mercado do Transformador Eletrônico de Corrente Óptico – TECO-MR”. no âmbito do programa de P&D da ENGIE Brasil regulado pela ANEEL

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(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.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Alberto Dutra nasceu em Florianópolis/SC (1974). É Engenheiro de Controle e Automação graduado pela UFSC (1999), possui MBA em Administração Global pela SOCIESC/UNICA (2007) e especialização em Mecatrônica pelo IFSC (2017). Tem mais de 25 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 Transformador de Corrente Óptico.

Luan Zolin Tominaga é engenheiro eletricista pela Universidade Estadual De Londrina turma 2009, e pós-graduado em Gestão Industrial e Lean Manufacturing (SENAI). Atualmente é responsável pelo desenvolvimento de sistemas ópticos e gerenciamento de projetos de P&D.

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.

Jurandir Paz de Oliveira é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – 1998 e é mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina – 1996. Foi Sócio Diretor da Reason Tecnologia S.A de 1994 a 2014 e diretor de marketing na Alstom/GE de 2014 a 2016. Desde 2013 é sócio e membro de conselhos de administração de empresas de inovação e tecnologia na região de Florianópolis.

Sérgio Luiz Zimath é 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.

Luciano Mendes de Freitas é 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.

Rodrigo da Silva Souza é graduado em Tecnologia em Eletroeletrônica pela Unisul em 2006, Engenharia Elétrica pela Faculdade SATC em 2016 e está cursando pós-graduação em Proteção de Sistemas Elétricos de Potência pela PUC-MG. Atualmente é Engenheiro de Manutenção de Ativos de Sistemas na Usina Hidrelétrica de Itá.

Rubens José Nascimento é engenheiro eletricista pela Universidade Federal de Santa Catarina turma 1986, pós-graduado em Produtividade e Qualidade (Universidade do Sul de Santa Catarina) e possui MBA em 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.