

INTEGRAÇÃO DO PROTOCOLO GOOSE DA NORMA IEC 61850 EM UMA GIGA DE TESTES PARA AUTOMAÇÃO ELÉTRICA

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4385

Mariane de Barros Andrade - marianebarrosandrade@gmail.com
Instituto Federal de Rondônia

Artur Vitória Andrade Santos - artur.santos@ifro.edu.br
Instituto Federal de Rondônia

Wallison Ranne Barbosa Silva - wallisonranne@hotmail.com
Faculdade Católica do Tocantins

Priscila de Lima Vianna - priscila.vianna@unir.br
Universidade Federal de Rondônia

PAULO ROBERTO DOS SANTOS - paulo.roberto@ifro.edu.br
INSTITUTO FEDERAL DE RONDÔNIA

Josieudo Pereira Gaião - josieudo.gaiao@ifro.edu.br
Instituto Federal de Rondônia

José Diogo Forte de Oliveira Luna - jose.luna@ifro.edu.br
Instituto Federal de Rondonia

Kariston Dias Alves - kariston.alves@ifro.edu.br
Instituto Federal de Rondônia IFRO

Rafael Pissinati de Souza - rafael.pissinati@ifro.edu.br
IFRO

Resumo: O entendimento em sistemas de proteção, parametrização dos relés e sua interligação com os protocolos de comunicação são conhecimentos imprescindíveis para os técnicos mantenedores de subestações de energia, porém para se adquirir essas práticas é necessário simular os problemas que ocorrem para que o sistema de proteção atue, o que se torna mais complexo e com riscos em uma subestação em plena operação. Um dos padrões de redes industriais mais

utilizados neste contexto é o IEC 61850, pois permite a interoperabilidade entre os dispositivos eletrônicos inteligentes e auxilia no controle e proteção dos sistemas elétricos. Pretendendo contribuir com o aperfeiçoamento dos técnicos de subestação de energia, o presente trabalho busca aplicar o estudo de documentos, manuais de instruções e artigos na integração do protocolo GOOSE em uma giga de testes para treinamentos de sistemas de proteção conforme a norma IEC 61850 de automação de subestação. Diante disso, nos resultados obtidos, foi possível utilizar o protocolo GOOSE na giga de testes para realizar a transmissão de informações entre um relé de proteção e uma unidade de controle, por meio da simulação da proteção de falha do disjuntor.

Palavras-chave: Subestação; Sistemas de proteção; IEC 61850; GOOSE; Giga de Teste

INTEGRAÇÃO DO PROTOCOLO GOOSE DA NORMA IEC 61850 EM UMA GIGA DE TESTES PARA AUTOMAÇÃO ELÉTRICA

1 INTRODUÇÃO

A automação de subestações de energia é uma área em que os protocolos de comunicação são amplamente utilizados para solucionar problemas relacionados ao controle e proteção dos ativos. Neste contexto, destaca-se o protocolo GOOSE (do inglês, Generic Object Oriented Substation Event), que estabelece os meios e estruturas para a automação de subestações e permite a troca rápida e confiável de informações de eventos entre dispositivos físicos em uma subestação de energia. Descrito na norma IEC 61850, o protocolo GOOSE é definido como um modelo que possibilita a automação de subestações e a supervisão remota dos ativos. (IEC61850-7-2, 2003).

Ao analisarmos a literatura, nota-se uma tendência crescente na utilização do protocolo GOOSE em sistemas de proteção e automação de subestações de energia. Os estudos de Soares et al. (2020), JUNIOR et al. (2009), FREITAS (2022) e EGGERS et al. (2019) mostraram a eficiência do protocolo GOOSE na troca de informações entre relés e na verificação da integridade da comunicação entre eles, além de possibilitar a supervisão remota.

Para garantir a segurança nas atividades de manutenção em subestações, é essencial que as equipes de técnicos mantenedores estejam bem treinadas e compreendam a utilização de protocolos de comunicação como o GOOSE, que incorpora sinais de controle e proteção. Devido aos grandes riscos envolvidos nas atividades de subestação, é fundamental que as equipes sejam qualificadas para executar as tarefas com segurança.

Atualmente, os treinamentos para técnicos de subestação são realizados sob demanda, mas alguns conhecimentos só podem ser adquiridos por meio da execução prática das manutenções. Isso é particularmente verdadeiro quando se trata do sistema de proteção da subestação, que atua em caso de falha dos equipamentos de subestação, do sistema elétrico ou durante manobras. No entanto, os técnicos recém-formados frequentemente enfrentam dificuldades para aprender sobre os sistemas de proteção e controle, a parametrização dos IEDs (do inglês, Intelligent Electronic Devices) e a integração dos protocolos de comunicação.

Uma solução para esse problema é investir em equipamentos de teste que permitam a simulação do sistema de proteção e controle de uma subestação, bem como das condições de acionamento. Outra opção é fornecer treinamentos por meio de softwares que emulem os sistemas de proteção, permitindo que os técnicos possam se familiarizar com o ambiente da subestação e aprender na prática, mas em um ambiente controlado e seguro.

Em suma, é crucial que as equipes de técnicos mantenedores sejam bem treinadas e compreendam a utilização dos protocolos de comunicação para garantir a segurança das atividades de manutenção em subestações. As empresas podem investir em equipamentos de teste e em treinamentos por meio de softwares para fornecer aos técnicos as habilidades necessárias para realizar as tarefas com segurança e eficácia.

Diante do exposto, o presente trabalho visa o desenvolvimento da lógica de funcionamento, a integração do protocolo GOOSE em uma giga de testes, de acordo com

a norma IEC 61850, com o objetivo de simular o sistema de proteção de uma subestação, suas condições de acionamento de proteção e possíveis falhas do disjuntor.

1.1 IEDs (INTELLIGENT ELETRONIC DEVICES)

Atualmente os relés eletromecânicos estão sendo substituídos por dispositivos eletrônicos inteligentes, os chamados IEDs. De acordo com LACERDA e CARNEIRO (2008) os IEDs são: “unidades multifuncionais para a proteção, controle, automação, medição e monitoramento dos sistemas elétricos”. Eles permitem o desenvolvimento das lógicas de intertravamentos e bloqueio em um único dispositivo”.

Um exemplo de IED utilizado no setor elétrico para proteção de subestações é o relé SEL-751 (Figura 1), do fabricante *Schweitzer Engineering Laboratories*. Esse equipamento possui como características principais as medições de sobrecorrentes e sobretensões, funções de religamento automático e proteção térmica cabo/linha, evitando faltas causadas por condutores rompidos e riscos de incêndios SCHWEITZER (2022b).

Figura 1: Relé SEL-751



Fonte: Schweitzer Engineering Laboratories (2022)

1.2 IEC 61850

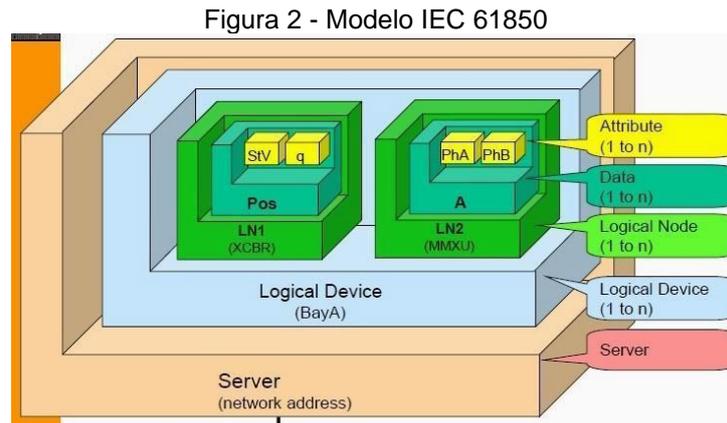
A falta de padronização na automação de subestações resultou em protocolos de comunicação exclusivos de cada fabricante de equipamentos elétricos, o que dificultou a integração dos sistemas LACERDA E CARNEIRO (2008). Para contornar essa situação, surgiu a necessidade da criação de uma norma reguladora da automação elétrica em subestações.

De acordo com Berger e Krzysztof (2015), o padrão de comunicação IEC 61850 foi criado com o objetivo de promover a interoperabilidade entre os dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs) ou relés digitais responsáveis pela proteção, controle, automação, medição e monitoramento dos sistemas elétricos de uma subestação. Além da interoperabilidade, a norma visa garantir a liberdade de configuração e estabilidade a longo prazo dos equipamentos, conforme destacado por Ferreira et al. (2019).

Subestações automatizadas conforme a arquitetura da norma IEC 61850 têm acessibilidade para implementar sistemas de supervisão e conseqüentemente facilita a

validação de dados, as manobras de equipamento e as manutenções. A comunicação prevista na norma é através de uma rede LAN (Local Area Network), reduzindo a quantidade de cabeamento de cobre, tendo em vista que são usados cabos ópticos para transmissão de informações via rede ethernet. (LACERDA; CARNEIRO, 2008)

Outro importante conceito que a norma estabelece para estruturar a automação em subestações são os modelos de estrutura básica de informação e comunicação. Essa estrutura é definida pela interface de serviço de comunicação abstrata (ASCI) apresentados na Figura 2.



Segundo Ferrari e Lima (2020), dos protocolos estabelecidos no padrão de comunicação IEC 61850, se destacam o GOOSE (do inglês, Generic Object Oriented Substation Event) e o MMS (do inglês, Manufacturing Message Specification). O protocolo GOOSE estabelece a comunicação do tipo multicast, que carrega informações entre os IEDs, o que o difere do MMS, que estabelece a comunicação do tipo unicast, geralmente utilizada para comunicar com um supervisor. Dessa forma, no protocolo GOOSE, as informações continuam no mesmo nível hierárquico e estão vinculadas a situações críticas na subestação, exigindo requisitos de tempo rigorosos. Portanto, essas mensagens são consideradas rápidas, possuindo classe de performance P1 que pela norma IEC 61850 define um tempo de transferência menor que 3 milissegundos.

1.3 GIGA DE TESTES

Em linhas gerais, giga de teste é um equipamento que realiza testes automatizados de produtos: componentes, módulos, placas em geral. Além de propriedades mecânicas, químicas e físicas, os dispositivos podem realizar também testes ópticos e geométricos, além de serem integrados a instrumentos de medição automatizados em linhas de produção.

Lucca et al. (2017), apresenta Giga de testes como uma plataforma que permite a rapidez na atividade de calibração de sensores de um sistema, possibilitando a identificação de erros no funcionamento dos equipamentos que compõem o sistema de supervisão.

Em sua pesquisa, foi montada uma giga de testes para analisar o monitoramento de unidades transformadoras e subestações através do desenvolvimento de três módulos que monitoram as tensões e correntes do secundário do transformador, as correntes do primário do transformador e as temperaturas do ambiente e do transformador.

Essas plataformas de testes podem ter capacidade de simular de três a seis equipamentos e asseguram a excitabilidade do projeto elétrico, por testes de aceitação em fábricas que executam a subida de pontos digitais e analógicos para o sistema supervisor,

realizam a execução de comandos configurados conforme o desenho funcional, testam as lógicas implementadas nos dispositivos de proteção e fazem o levantamento das curvas dos relés que definem o momento de atuação do sistema de proteção.

2 ARQUITETURA E ESTRUTURA DA APLICAÇÃO

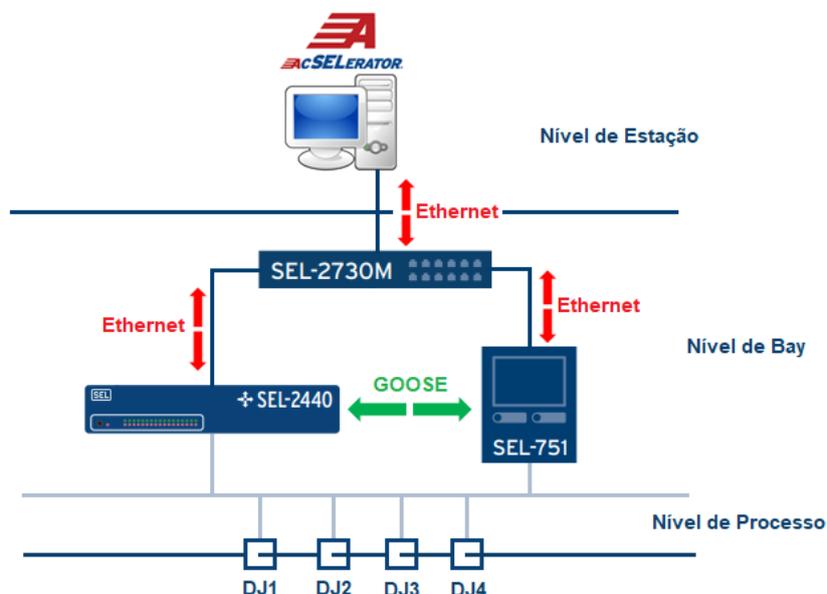
Conforme mencionado anteriormente, o objeto deste trabalho consiste na integração do protocolo GOOSE em uma giga de testes, seguindo a norma IEC 61850. Por sua vez, esta giga de testes de automação é idealizada para os treinamentos de técnicos de manutenção de subestações.

Desta forma, conforme ilustrado na Figura 3, foi definida uma arquitetura de comunicação entre os componentes da giga de testes. Os disjuntores DJ1, DJ2, DJ3 e DJ4, correspondem ao nível de processo, estarão sendo supervisionados no nível de Bay pela unidade de proteção SEL 751, que irá trocar informações via protocolo GOOSE com a unidade de controle DPAC SEL 2440.

Na ocorrência de uma sobrecorrente, o SEL 751 atuará enviando um sinal de trip para o DPAC SEL 2440 realizar a abertura do DJ1. Porém, o disjuntor DJ1 irá se manter na posição de fechamento, o que ativará a proteção de falha do disjuntor (50BF).

Deste modo, o IED SEL 751 envia que houve a falha na abertura do disjuntor para o DPAC SEL 2440 que enviará um comando de abertura para os disjuntores DJ2, DJ3 e DJ4 que são adjacentes ao DJ1 e dessa forma a falta será extinta, evitando que o sistema continue operando com sobrecorrente. No nível de estação estarão sendo simulados através do software acSELErator QuickSet os comandos de abertura, fechamento, BF e trip.

Figura 3 – Arquitetura da aplicação



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

Por sua vez, a estrutura física da giga de teste contempla os equipamentos: um relé SEL-751, um controlador de automação programável com entradas e saídas digitais DPAC SEL-2440, um Switch Ethernet Gerenciável SEL-2730M. Além disso, a giga possui um monitor da Bematech e um computador da DELL, conforme Figura 4.

Figura 4: Equipamentos da giga de testes.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os itens enumerados na figura 5 indicam os equipamentos que constituem a giga de testes, os quais:

Item 1: Switch Ethernet gerenciável SEL-2730M. Permite conectar dispositivos para o compartilhamento de dados em uma rede ethernet. O Switch será utilizado para concentrar e gerenciar as informações geradas através do IED da giga de testes, trafegando o protocolo.

Item 2: Monitor que possibilita uma interface para visualização da aplicação nos softwares utilizados.

Item 3: IED que será utilizado para fazer o monitoramento de sobrecorrente e sobretensão em uma simulação de alimentador de subestação.

Item 4: Encontram-se os bornes de conexão do relé, que possibilitam realização de testes de pick-up e levantamento da curva de tempo inverso do relé.

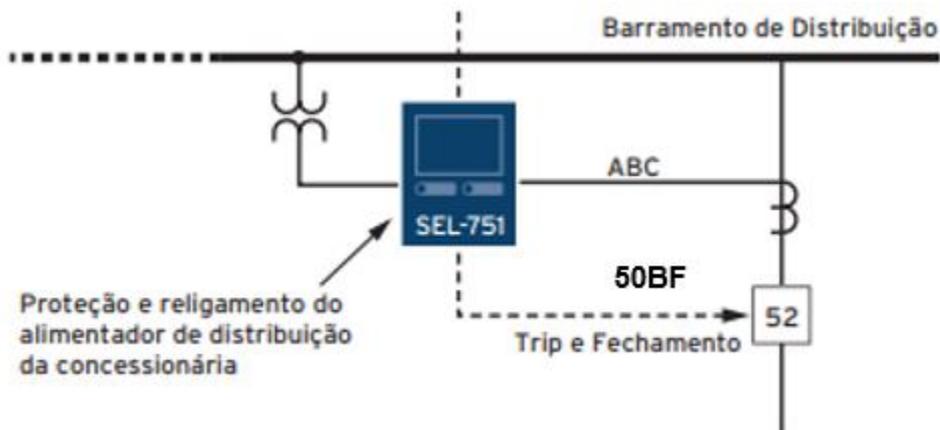
Item 5: DPAC SEL 2440 que é um controlador programável possuindo entradas e saídas digitais para realizar controle, automação, proteção e monitoramento de equipamentos de subestações.

Item 6: CPU DELL que pode executar os softwares utilizados para controlar o IED.

2.1 Parametrização do IED

Segundo o manual do relé SEL 751 SCHWEITZER (2022b), tem-se o exemplo de configuração para a proteção de um alimentador conforme o esquema da Figura 5.

Figura 5. Aplicação do relé



Fonte: Fonte:Schweitzer Engineering Laboratories (2022)

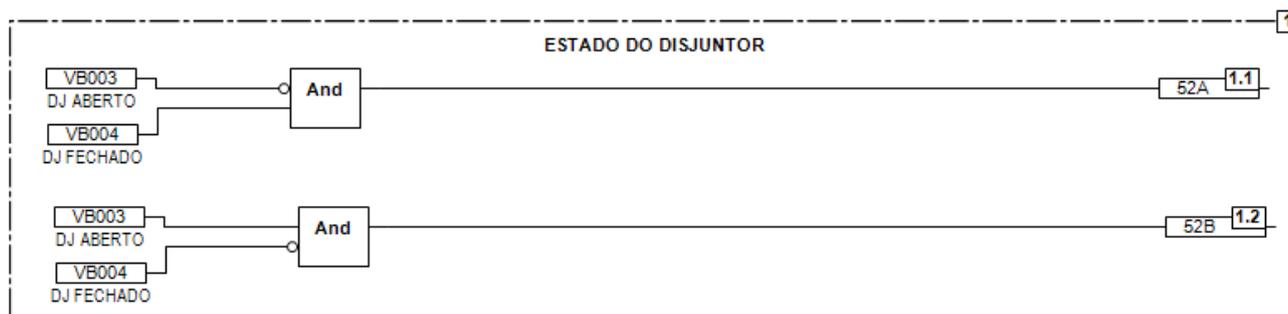
Conforme a tabela ANSI de códigos de funções de proteções, o número 52 é a nomenclatura para um disjuntor de corrente alternada. O 50BF, onde a sigla BF significa Breaker Failure, simboliza uma proteção ativada quando há falha no disjuntor, que pode ocorrer devido a uma anomalia no cabeamento, falha na comunicação ou defeito interno no próprio disjuntor.

Através do manual do relé que define as características de corrente e tempo para atuação foi definido um tempo de atuação Time Dial de 3 segundos. De acordo com SCHWEITZER (2022b, também foi configurada a sobrecorrente instantânea (IOC) e a sobrecorrente temporizada (TOC).

Na parametrização do relé, é necessário estipular um tempo mínimo para o desligamento (TDURD), a duração máxima de fechamento do disjuntor antes de indicar uma falha (CFD) e as funções que ativam o trip (TR), que foi realizado através de uma variável de armazenamento do tipo Lacht que são dispositivos de armazenamento temporário, formados por circuitos com portas lógicas. Por sua vez, o estado do disjuntor DJ1 fechado (50A) e o estado do DJ1 aberto (50B) foi realizado utilizando as virtuais bits VB003 e VB004. Toda lógica de funcionamento da giga de testes para a simulação do 50BF foi realizada utilizando o software acSELerator QuickSet.

A lógica de funcionamento da giga de testes para a simulação do 50BF foi realizada utilizando o software acSELerator QuickSet. Inicialmente, no IED SEL 751, foi feito o diagrama lógico de abertura e fechamento do disjuntor, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Estado do Disjuntor



Fonte: acSELerator QuickSet (2022)

A virtual bit VB0004 é responsável por indicar o estado do disjuntor fechado e recebe essa informação do DPAC 2440 por meio do protocolo GOOSE. Portanto, a virtual bit VB003 que recebe do DPAC 2440 a informação do disjuntor em estado aberto, não pode estar ativa nessa condição de fechamento.

Por outro lado, na posição de abertura (52B) o diagrama lógico da figura, mostra que a virtual bit VB003 deve estar ativa e a virtual bit VB004 desativada, configurando assim o estado do disjuntor aberto.

2.2 Configuração do Protocolo Goose

Com os data itens de cada equipamento selecionados, foi realizada a configuração do protocolo GOOSE no IED SEL 751. Na Figura 7 são mostradas as configurações das informações que serão transmitidas via GOOSE.

Figura 7 - Transmissão de informações via GOOSE
SEL 751

The screenshot shows the 'GOOSE Transmit (Edit)' dialog box. It contains the following fields and values:

- LD: CFG
- Message Name (name): Goose751
- Description (desc): Predefined GOOSE Control Publication
- GOOSE ID (appID): UPC1_751
- Configuration Revision (confRev): 1
- Min Time: 8 (ms)
- Max Time: 1000 (ms)
- Dataset (datSet): CFG.LLN0.GPDS01
- Address: S1
- Multicast MAC Address: 01-0C-CD-01-00-09
- APP ID: 0x1009
- VLAN ID: 0x000
- VLAN PRIORITY: 4

Fonte: acSELEator Architect (2022)

Para realizar a transmissão de GOOSE é configurado o MAC Address que será utilizado para transmitir as informações, o ID do equipamento, o tempo máximo de transmissão e selecionado o dataset que foi configurado na Figura 7.

Após as configurações de transmissão foi configurado o recebimento de informações via GOOSE. No IED SEL 751, as informações que serão recebidas do DPAC SEL 2440 são o estado do disjuntor DJ1 aberto assinado na virtual bit VB003, o estado do disjuntor DJ1 fechado assinado na virtual bit VB004 e a desativação do bloqueio de comando dos disjuntores assinado pelo IED na virtual bit VB010.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente, para verificar as informações de trip a remote bit RB06 do IED 751 foi forçada no software acSELEator QuickSet através da IHM que o programa disponibiliza para o controle do equipamento. De modo semelhante, na IHM do DPAC SEL 2440 foi forçada a RB02 que fecha o disjuntor.

Com o trip e o disjuntor fechado temos as condições para a ocorrência da falha do disjuntor, para demonstrar essa situação foi forçada a variável digital BFT na unidade de proteção no terminal do acSElerator QuickSet.

Para verificar se informação da falha do disjuntor foi enviada pela unidade de proteção para a unidade de controle, DPAC SEL 2440, foi realizada a leitura da virtual bit VB005 que assina essa informação, que é apresentada na Figura 8. É possível identificar que a virtual bit está ativada, portanto, recebeu a informação do IED SEL 751 por meio do protocolo GOOSE.

Figura 8 - Status VB005 ativada.

```
=>>TAR VB005 10 Leitura da VB005
VB001  VB002  VB003  VB004  VB005  VB006  VB007  VB008
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
VB001  VB002  VB003  VB004  VB005  VB006  VB007  VB008
0       0       0       0       1       0       0       0
0       0       0       0       1       0       0       0
```

Fonte: acSElerator QuickSet (2022)

Comparando os resultados obtidos neste trabalho com outros estudos nesta área, é possível perceber que o protocolo GOOSE é relevante para a proteção do sistema elétrico de potência. No estudo de Eggers et al. (2019) é destacada que a utilização do GOOSE ao invés da fiação rígida permite maior rapidez na transmissão da informação.

Em LACERDA e CARNEIRO (2008), é evidenciado que a utilização do protocolo GOOSE reduz o tempo que a falha permanece no sistema e dessa forma causa menos danos aos IEDs, aumentando sua vida útil.

No estudo de Freitas (2022) também foi utilizado o IED SEL 751 e os *softwares* acSElerator QuickSet e acSElerator Architect. As configurações para o protocolo GOOSE ocorreram da mesma forma na qual está descrito neste estudo.

Foram configurados os *datasets*, adequados para o exemplo de teste que a autora propôs no seu trabalho, e a transmissão e recebimento do GOOSE. Mostrando que esse é o procedimento padrão para a integração do protocolo.

O estudo de JUNIOR et al. (2009) também propôs a utilização da proteção 50 BF para analisar o tempo de transmissão das mensagens GOOSE. Porém, utilizou uma mala de teste para gerar os sinais de correntes e provocar a atuação da proteção. Por outro lado, neste estudo, a proteção foi simulada pelo *software* acSElerator QuickSet, que permitiu maior autonomia e segurança na execução dos testes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho propôs a realização da integração do protocolo de comunicação GOOSE em uma giga de teste de automação elétrica para contribuir com o treinamento de técnicos mantenedores de subestações. Dessa forma, a giga testes se torna um instrumento didático para o ensino de proteção de subestações e configuração dos relés de proteção.

Destaca-se a utilização dos softwares acSELerator QuickSet e acSELerator Architect para auxiliar na parametrização do rele de proteção e na configuração do protocolo GOOSE da IEC 61850, sendo de suma importância para identificar a falha em equipamentos do sistema elétrico de potência, em especial os disjuntores.

De modo geral, através da giga de testes foi possível utilizar a comunicação GOOSE na transmissão de eventos relacionados a proteção de uma subestação de energia. As informações de proteção são importantes para o controle e confiabilidade no sistema e o protocolo GOOSE por informar os eventos com rapidez no tempo de transferência das mensagens se torna um aliado na proteção do sistema elétrico.

Por fim, a norma IEC 61850 garante a interoperabilidade dos reles de proteção, rapidez na transmissão da informação e estabilidade a longo prazo do sistema. Em um contexto acadêmico, o desenvolvimento do presente estudo sobre a norma permite maior entendimento nos assuntos referente a redes industriais e sua aplicabilidade no setor elétrico.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Rondônia – IFRO e e aos professores da Universidade Federal de Rondônia pelo apoio.

REFERÊNCIAS

BERGER, L. T.; KRZYSZTOF, I. **Redes elétricas inteligentes - aplicações, comunicação e segurança**. LTC, Rio de Janeiro, p. 32, 2015.

EGGERS, R. P. et al. **Análise do protocolo iec-61850 em ambientes com elevado tráfego de informação**. Florianópolis, SC, 2019.

ELEKTROPOWER. **Gigas de testes para simular disjuntores, seccionadoras e entradas digitais**. 2018.

FERRARI, V.; LIMA, P. **Integração entre redes do sistema elétrico e da automação industrial**. In: Congresso Brasileiro de Automática-CBA. [s.n.], 2020. v. 2, n. 1.

FERREIRA, R. D. F. et al. **Aplicações de proteção, automação e controle em tempo real conforme a IEC 61850 em ambiente virtualizado**. 2019.

FREITAS, A. d. S. **Plataforma aberta para ensino de proteção, automação e controle de sistemas elétricos de potência com IEDs físicos e virtuais padrão IEC 61850**. 2022.

IEC61850-7-2. **Basic communication structure for substation and feeder equipment abstract communication service interface (ACSI)**. 2003.

JUNIOR, P. S. P.; MARTINS, C.; PEREIRA, P.; LOURENÇO, G. Experimento de sobrecarga com 15.000 mensagens GOOSE por segundo em uma rede IEC 61850, e a investigação de suas consequências. XX SNTPEE-Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Recife-Brasil: [sn], 2009.

LACERDA, S. L. M.; CARNEIRO, G. H. R. **Dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs) e a norma IEC 61850: União que está dando certo.** João Pessoa, 2008.

LUCCA, G. C.; FREITAS, C. M. D.; SAUSEN, P. S.; CAMPOS, M. D.; SANTANA, G. C.; PASCOAL, P. G. **Teste de um sistema de supervisão de unidades transformadoras e subestações através de uma giga de testes.** Salão do Conhecimento, 2017.

SCHWEITZER, E. L. **Memória de cálculo para os ajustes do relé de proteção de alimentador SEL-751a.** São Paulo, 2022.

SCHWEITZER, E. L. **Relé de Proteção de Alimentador SEL-751.** São Paulo, 2022.

SOARES, P. H. V. et al. **Proposta de metodologia para aplicação do protocolo GOOSE em controle e proteção do sistema elétrico.** Universidade Federal de Itajubá, 2020.

INTEGRATION OF THE GOOSE PROTOCOL OF THE IEC 61850 STANDARD IN A TEST JIG FOR ELECTRICAL AUTOMATION

Abstract: *This paper aims to develop the operational logic and integration of the GOOSE protocol in a test bench, according to the IEC 61850 standard, to simulate the protection system of a substation, its protection activation conditions, and possible circuit breaker failures. The text highlights the importance of the GOOSE protocol in the automation of energy substations, emphasizing its efficiency in the exchange of information between physical devices and remote asset monitoring. Additionally, it emphasizes that it is essential for maintenance technician teams to be well-trained and understand the use of communication protocols to ensure the safety of maintenance activities in substations. To address the training issue, the proposal of the test bench using Intelligent Electronic Devices (IEDs) is presented, capable of safely operationalizing the logic so that teams can simulate failures and perform procedures for didactic purposes....*

Keywords: GOOSE Protocol, IEDs, Test Bench