

ANÁLISE SOBRE A ADEQUAÇÃO DAS COMUNICAÇÕES DE UMA SUBESTAÇÃO EM OPERAÇÃO À IEC 61850

MARCO ANTONIO MARON DE FREITAS JUNIOR
SENAI CIMATEC – ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Resumo: Esse artigo busca avaliar o grau de impacto do processo de adequação do sistema de comunicações de uma subestação à norma IEC 61850, considerando que essa subestação já se encontra em operação e não atende aos requisitos da norma. Através de revisão bibliográfica, espera-se elucidar quais são os maiores empecilhos técnicos, bem como viabilizar a possibilidade de melhor entendimento no que tange o atendimento à norma e informação para embasar projetos de adequação à mesma.

Palavras-Chaves: IEC 61850; Automação de subestações; Sistemas de comunicação para subestações.

ANALYSIS ON THE ADAPTATION OF THE COMMUNICATIONS OF A SUBSTATION IN OPERATION TO COMPLY WITH IEC 61850

Abstract: This article's goal is to evaluate the impact of updating the communication system of a substation in order to comply with IEC 61850, with the premise that the substation is in operation and is not in accordance with the standard. We hope to clarify what are the major technical hindrances as well as allowing the better understanding in order to support future projects in this area.

Keywords: IEC 61850; Automation of substations; Communication systems for substations.

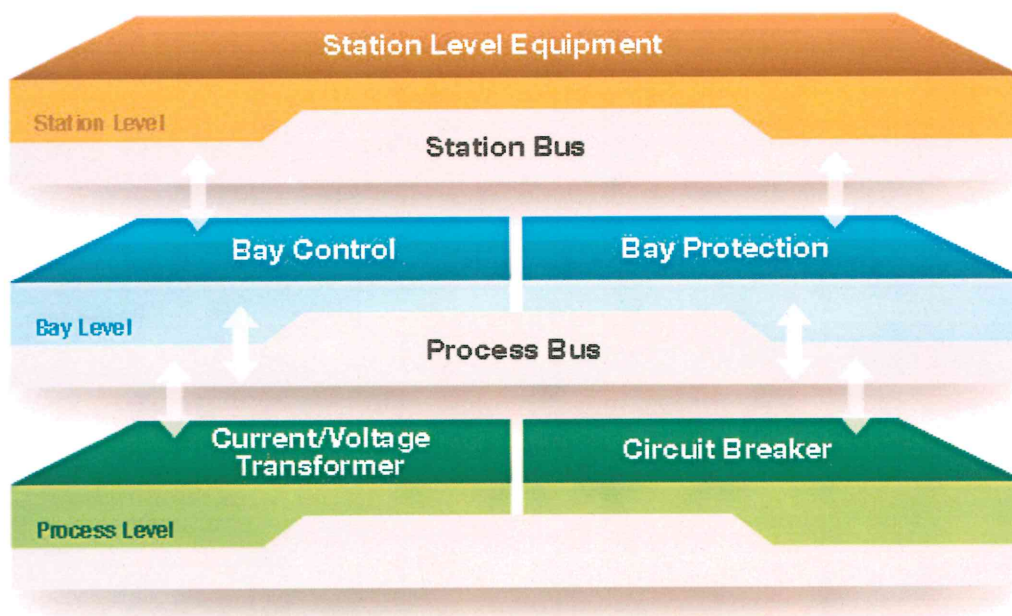
1. INTRODUÇÃO

A norma IEC 61850 é um padrão internacional elaborado pela *International Electrotechnical Commission* (IEC) para definir os protocolos de comunicação para Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IED) em subestações elétricas. Ela foi construída utilizando o princípio de orientação a objeto, comum aos ambientes mais modernos de programação, o que permite a criação de um modelo virtual da subestação, tornando as definições de variáveis, lógicas e enlaces de comunicação mais organizadas, intuitivas e fáceis de analisar e replicar.

Por se tratar de um padrão não-proprietário, projetado para comunicar sobre redes ethernet, qualquer fabricante de equipamentos ou softwares de subestação podem produzir seus próprios produtos compatíveis com a IEC 61850. Isso democratiza o mercado e permite que os projetistas de subestações selecionem os equipamentos ou fabricantes que melhor se adequam ao seu projeto, sem que haja preocupação quanto à interoperabilidade dos dispositivos.

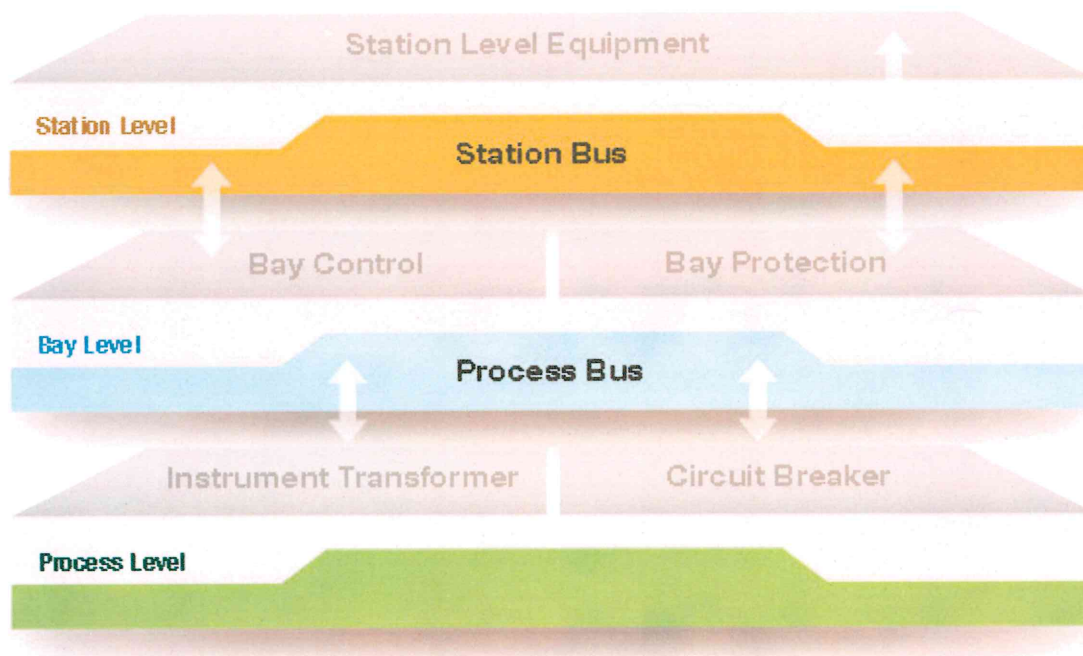
A IEC 61850 divide a arquitetura de subestações em três níveis: O nível de processo, que engloba os elementos finais, como disjuntores, e os equipamentos de aquisição de dados, como medidores de correntes; O nível de bay, que representa os IED, que monitoram e controlam os equipamentos do nível de processo, tomam decisões locais para garantir a estabilidade do sistema e repassam dados para o nível superior; E o nível de estação, que compreende os Sistemas de Controle Supervisório e Aquisição de Dados (SCADA), que coletam dados dos IED do nível de bay para tomar decisões sobre a operação da subestação. A Figura 1 ilustra os diversos níveis de operação, bem como a hierarquia das comunicações.

Figura 1 - Níveis de operação de uma subestação segundo a IEC 61850



Adicionalmente à definição dos diversos níveis de operação, a norma define os conceitos de barramento de processo e barramento de estação. Ambos são barramentos de comunicação para permitir a interconexão entre dispositivos. A nível físico, correspondem às redes locais (LAN) ou redes locais virtuais (VLAN) que conectam os dispositivos nas redes ethernet da subestação. O barramento de processo gerencia as comunicações entre o nível de processo e o nível de bay, já o barramento de estação cumpre esse papel entre o nível de bay e o nível da estação. A Figura 2 representa ambos os barramentos em uma arquitetura IEC 61850.

Figura 2 - Barramentos de processo e de estação segundo a IEC 61850



Os dispositivos presentes nos diversos níveis da subestação precisam compartilhar uma imensa variedade de dados. Nem todos esses dados são necessários em todos os níveis e alguns deles tem uma importância maior que outros, em correspondência com sua criticidade para a operação da subestação. Um pacote de trip de proteção, por exemplo, deve ser processado antes do pacote de alarme que esse próprio trip gera no SCADA. Para garantir a comunicação entre todos os dispositivos se dê de forma adequada, foram definidas sete classes para os pacotes de dados, com requisitos máximos de tempo de transferência. A Tabela 1 lista as sete classes, o tipo de dado que cada classe contempla e as suas respectivas exigências de tempo de transferência.

Tabela 1 - Classes de tempo de transferência segundo a IEC 61850

| Classe de Tempo de Transferência | Tempo de transferência máximo (ms) | Tipo de dado transferido |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| TT0 | >1000 | Arquivos, eventos e logs |
| TT1 | 1000 | Eventos e Alarmes |
| TT2 | 500 | Comandos de operação |
| TT3 | 100 | Interações automáticas lentas |
| TT4 | 20 | Interações automáticas rápidas |
| TT5 | 10 | Habilitações, mudanças de estado |
| TT6 | 4 | Trips, bloqueios |

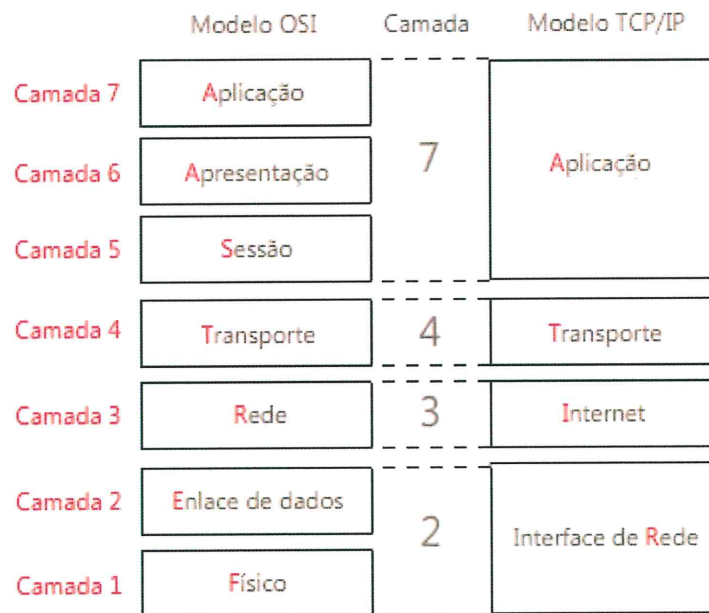
Além de definir os requisitos de tempo para a comunicação entre dispositivos, a IEC 61850 define protocolos de comunicação que comportam os diversos tipos de dados necessários para a operação adequada de uma subestação. Os principais protocolos são GOOSE (Generic Object Oriented Substation Events), MMS (Manufacturing Message Specification) e SMV (Sampled Measured Values). Cada um desses protocolos será apresentado em uma subseção a seguir [1-2].

1.1. Generic Object Oriented Substation Events

O protocolo GOOSE é reservado para mensagens com requisitos críticos de tempo de envio, como trips, que precisam ser comunicados em até quatro milissegundos. Ele trafega na rede ethernet em nível dois, onde o endereçamento é feito por MAC, não por IP. Como consequência, pacotes GOOSE só trafegam em redes locais e não são roteáveis.

Um mecanismo que permite a comunicação em períodos tão baixos é o publicador/assinante. Os IED que proveem dados são configurados como publicadores, os que coletam essas informações são configurados como assinantes. Sempre que a informação for atualizada, o publicador envia os pacotes para todos na rede e os assinantes atualizam suas informações. O requisito de tempo torna os reconhecimentos de recebimento (*acknowledge*) inviáveis em GOOSE, portanto todas as mensagens são enviadas sem confirmação, mas os pacotes são enviados repetidas vezes em um curto período de tempo, para garantir que nenhum assinante perca as informações.

Figura 3 - Camadas de comunicação OSI e TCP/IP



1.2. Manufacturing Message Specification

MMS é utilizado para dados de supervisão e controle de operação, que podem trabalhar com latência na ordem de segundos, como indicações de estados e medidas das barras para uma interface homem-máquina (IHM). É um protocolo endereçado por IP, portanto pode ser roteado para fora da rede local.

1.3. Sample Measured Values

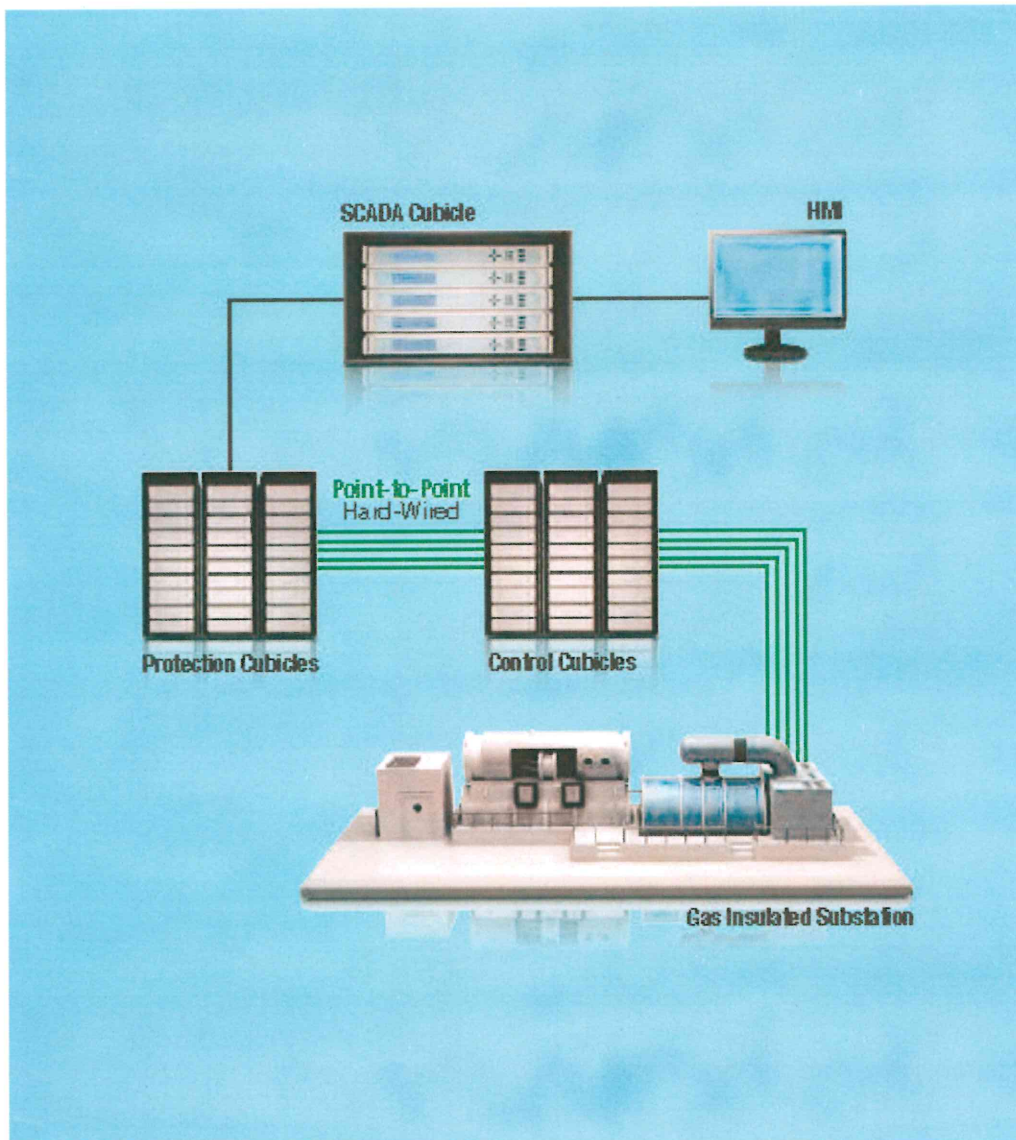
SMV tem o objetivo de transmitir as grandezas elétricas da rede, tensões, corrente e frequência, coletados dos transformadores de potencial e de corrente, além de dados de oscilografia. Este protocolo exige tempos de transmissão na ordem de microssegundos, pois envia dados de amostragem das ondas de 60Hz, assim como das principais harmônicas, em frequências significativamente mais altas.

2. A EVOLUÇÃO DAS SUBESTAÇÕES

Os métodos mais tradicionais de automação de subestações, que datam da década de 1960, trabalhavam com grandes armários repletos de equipamentos dedicados a funções exclusivas, todos conectados ponto a ponto com cabeamento de cobre (*hard-wired*). As IHM consistiam de painéis com diversos indicadores de medidas exclusivos de uma única variável. Os projetos visavam robustez

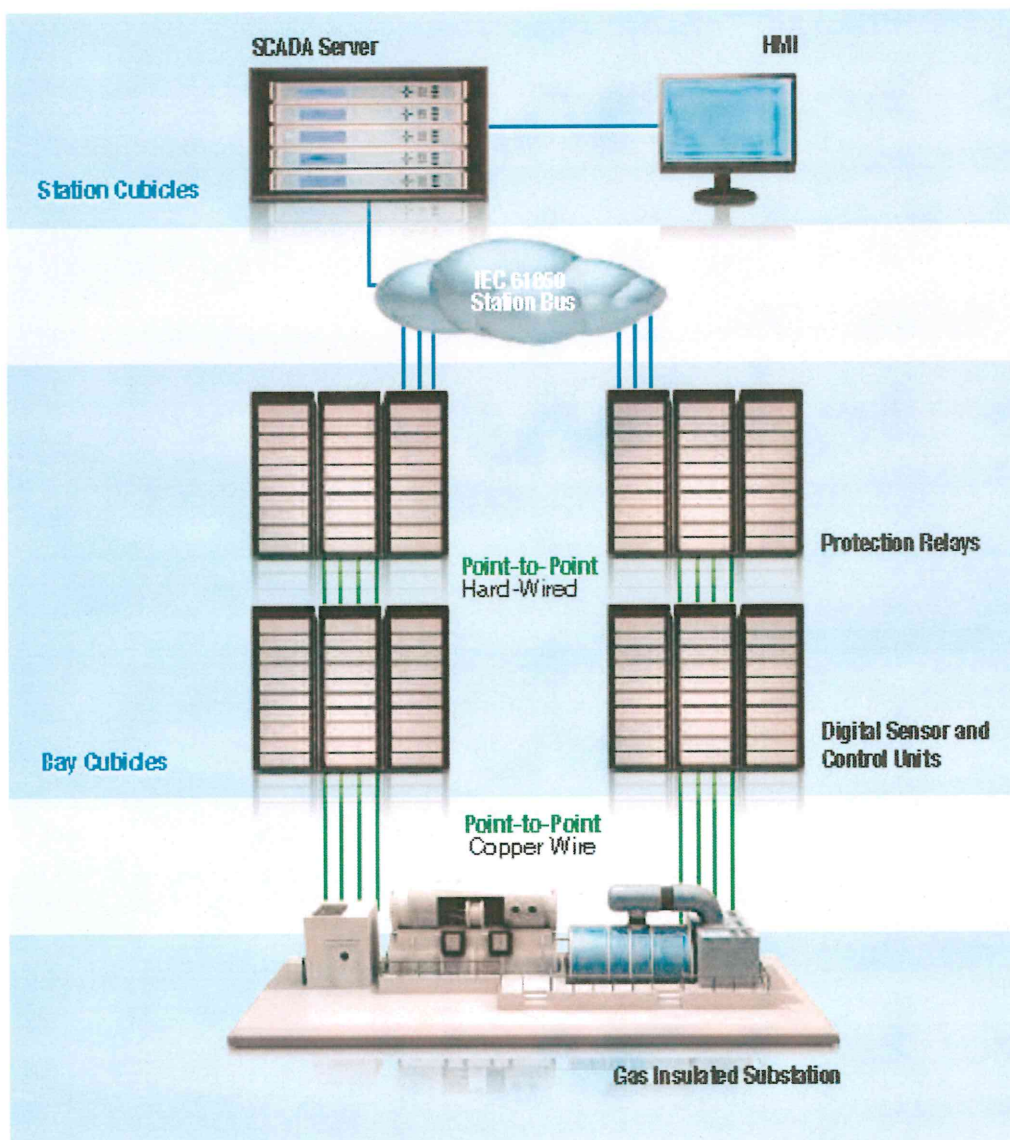
comunicação e os requisitos de tempo para proteção e operação só podiam ser obtidos com as conexões diretas de um dispositivo ao outro.

Figura 4 - Automação convencional de subestações



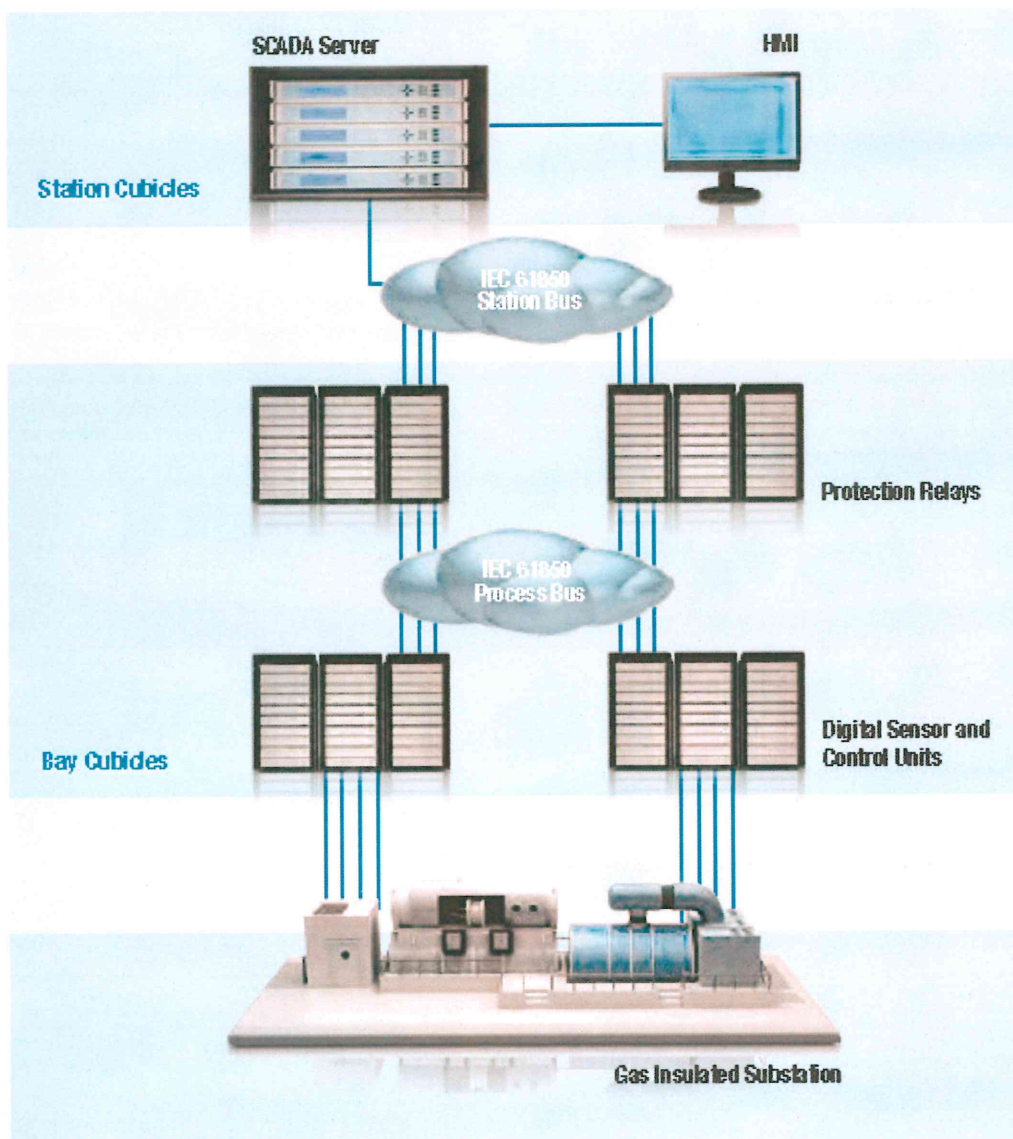
A publicação das primeiras versões da norma IEC 61850, na década de 1980, introduziu o conceito de barramento de estação, que foi o primeiro grande passo rumo à ampla integração das redes de subestações, permitindo um avanço significativo na integração das comunicações. Cabe ressaltar que esse avanço foi possibilitado pelos primeiros relés digitais. No nível de operação e supervisão, as IHM já existem na forma de sistemas integrados, aquisitando dados de diversas fontes, com comunicação distribuída, mas o lado de processo permaneceu da maneira convencional, conexões de cobre ponto a ponto.

Figura 5 - Automação de subestações com barramento de estação



As adições feitas à IEC 61850 nos anos 2000 trouxeram o conceito de barramento de processo, que possibilitou a junção de toda a subestação em uma grande rede multi-propósito, um grande marco para a digitalização do sistema elétrico. Esse foi um grande avanço na integração de dispositivos e comunicações, através, em grande parte, da padronização de comunicações entre IED [3-4].

Figura 6 - Automação de subestação com barramento de estação e barramento de processo



As novas subestações brasileiras já são construídas segundo a versão mais atual da norma IEC 61850, mas a verdade é que uma grande parte do sistema elétrico ainda trabalha com o padrão que incluía apenas o barramento de estação. Existe um movimento sólido de atualização das subestações, mas ainda se encontra em estágio inicial e está focado em sistemas de transmissão. A rede de distribuição está atrasada nesse quesito, mas invariavelmente terá de ser atualizada e compatibilizada com sistemas mais modernos de automação.

3. IMPACTOS DE ATUALIZAÇÃO

Atender aos requisitos da norma IEC 61850 requer uma atualização tecnológica tanto do hardware da subestação quanto da equipe de operações. As subseções a seguir trazem os tópicos mais relevantes a serem considerados nesse processo.

3.1. Intelligent Electronic Devices

O uso de IEDs com conectividade ethernet, seja em camada 2 ou 3, é primordial para o processo de adequação. Felizmente, a maior parte das subestações do país já conta com equipamentos desse tipo, como registradores, medidores inteligentes e relés digitais. A venda e fornecimento de equipamentos desse tipo já é bem difundida e todos os fabricantes do setor tem suas próprias linhas de IED compatíveis com a IEC 61850.

Caso a subestação avaliada não conte com um conjunto atualizado, deve-se avaliar o impacto, tanto operacional quanto econômico, de realizar a substituição dos equipamentos, bem como a reconfiguração de todas as funções lógicas e de proteção.

3.2. Infraestrutura de rede

Substituir toda a infraestrutura de redes é possivelmente a parte mais trabalhosa de um processo de adequação. É necessário interligar todos os IED com fibras óticas ou cabos ethernet blindados, eles devem estar conectados a switches de classe industrial, preparados para gerenciar comunicações em camada 3 (endereçamento por IP). Isso permitirá segregar a rede em VLANs, que concentrarão a comunicação de dispositivos afins em subdivisões da rede da subestação. O uso de VLANs também é uma exigência do ponto de vista de segurança, já que os pacotes ficarão concentrados nos equipamentos a que são destinados, evitando a possibilidade de extravio de informações por conexões de equipamentos externos ao sistema.

Uma estrutura de roteamento também é necessária, para permitir o acesso remoto às informações da subestação, envio de comandos, extração de relatórios, entre outros. Isso também serve para proteger os equipamentos de acessos indevidos e para filtrar que tipo de informação deve trafegar em cada nível da rede (processo, operação, monitoramento remoto etc). Além da aquisição de roteadores industriais, é necessário contratar mão de obra especializada e certificada para projetar e implementar as configurações necessárias de rede.

O fornecimento de switches e roteadores em território nacional não é um desafio, apesar do custo elevado que esse tipo de tecnologia assume no país, porém o acesso a mão de obra pode ser um problema. A grande maioria dos profissionais de TI estão concentrados em impressas de TI ou automação de processo, poucos deles estão disponíveis no mercado de energia. Vemos muitos profissionais migrando de setor ultimamente, mas ainda são mão de obra escassa e muito disputada.

3.3. Comunicações Externas

Uma subestação adaptada à norma IEC 61850 possui redes internas de alta velocidade, o que garante capacidade operacional e informação em tempo real. É necessário, porém, que o acesso externo possua um grau semelhante de

confiabilidade, para garantir a possibilidade de acesso e controle remoto. Centros de operação remotos são uma realidade na rede de transmissão e estão se tornando a regra também no nível de distribuição. Para garantir o pleno funcionamento dos sistemas, se faz necessário adquirir serviços de comunicação de alta velocidade, como internet banda larga. Esses serviços precisam ser adequados para operações industriais críticas, possibilitando o isolamento da rede através da configuração de túneis de comunicação, por exemplo [5].

Em grandes centros urbanos esse recurso está disponível com relativa facilidade, porém as subestações de distribuição em zonas mais remotas, como o interior do Norte-Nordeste, por exemplo, possuem grande dificuldade em contratar serviços de comunicação de alta velocidade com um grau de confiabilidade adequado. Diversas subestações ainda contam com operadores em campo 24 horas por dia, pela impossibilidade de realizar controle remoto com sua estrutura de redes atual.

3.4. Segurança Virtual

Esse é o grande calcanhar de Aquiles da modernização das subestações. Os ganhos em confiabilidade e disponibilidade vêm acompanhados de novos riscos, até pouco tempo inexistentes para esse segmento. Roubo de informação ou sabotagem de operação por hackers são um risco real para subestações em operação. Existem técnicas e boas práticas para minimizar os riscos, como a utilização de túneis para comunicação remota, segregação da rede em VLANs por especialidade e o uso de firewalls com listas de permissão acesso. Mais uma vez, surge a necessidade de contratar mão de obra especializada e certificada em TI para avaliar os pontos de risco da rede e tomar contra-medidas para reforçar a segurança [6]. Diferente do projeto e implantação da rede, a manutenção da segurança virtual é um esforço contínuo, que exige recursos dedicados durante toda a vida útil de uma subestação. A cada dia surgem diversos softwares maliciosos e são descobertas outras tantas fragilidades dos sistemas computacionais, portanto nunca se deve descuidar desse tema.

Existem empresas que forcem serviços de consultoria técnica em segurança virtual. É necessário avaliar se é mais vantajoso contratar uma equipe externa, ou formar um time interno de profissionais capacitados nesse tema.

Muitos dos problemas de segurança virtual podem ser solucionados com mudanças na cultura das equipes de operação. Apesar de parecer simples, elas acabam se tornando um desafio pela resistência do pessoal envolvido. Ações como não utilizar computadores ou pen drives pessoais no ambiente da subestação, não compartilhar senhas ou não habilitar portas ethernet desnecessárias nos switches da subestação são ações sob o controle das equipes, mas a inobservância dessas regras são responsáveis por dúzias de infecções por vírus todos os anos.

4. CONCLUSÃO

A tecnologia evolui constantemente e isso se reflete em todas as áreas do conhecimento humano. A norma IEC 61850 nasceu para concentrar as mais relevantes tecnologias vigentes e criar um padrão robusto, confiável, atualizado e fácil

de replicar, possibilitando uma padronização do sistema elétrico. Naturalmente ela continuará sendo atualizada e reinventada, compilando as melhores tecnologias de cada época. Manter-se atualizado tecnologicamente é um processo trabalhoso e custoso, porém é de suma importância para melhorar continuamente os serviços de geração e fornecimento de energia, bem como manter as subestações compatíveis com o sistema elétrico. Processos de atualização podem ser postergados, mas não podem ser totalmente evitados, portanto espera-se que análises como a desse artigo sejam continuamente desenvolvidas, para prover informações atualizadas que sirvam como embasamento para o planejamento do setor elétrico.

5. REFERÊNCIAS

¹ Equipe de Engenharia Schweitzer Laboratories (SEL). Redes de comunicação em subestações de energia elétrica – Norma IEC 61850. **O Setor Elétrico**. Atitude Editorial Publicações Técnica Ltda, Julho/2010.

² IEC 61850 Substation Overview. **Moxa**, disponível em <www.moxa.com/smartgrid>.

³ IEC 61850: A Protocol with Powerful Potential. **ProSoft Technology**. Dezembro/2009.

⁴ Zhang J. e Gunter, C. A. IEC 61850 - Communication Networks and Systems in Substations: An Overview of Computer Science. **Illinois Security Lab**, 2009.

⁵ Pereira Jr., J. A. A Norma IEC-61850 na Modernização de Hidrelétricas.

⁶ IEC 61850 in Digital Substation and Cyber Security. ABB group. **72nd Annual Georgia Tech Protective Relaying Conference**. Maio/2018.