

Recomendações para a Implementação do Barramento de Processos em Subestações Digitais à Luz do WG B5.69

Informe Técnico GE - GPC

Paulo Sergio Pereira Junior



Sol Pulquério



- **Objetivo** do trabalho:
 - Discutir as **recomendações do WG B5.69** para a implementação do **barramento de processo**.
- Análise de aspectos **técnicos, econômicos e operacionais**.



- **Crescente adoção da norma IEC 61850** em subestações digitais e retrofits;
- **Divisão da subestação em níveis hierárquicos e barramentos** de acordo com a IEC 61850;
- **A importância do Barramento de Processo: SV, GOOSE de trip e PTP.**
- **Benefícios** da adoção da norma IEC 61850: **interoperabilidade, simplicidade, economia e segurança.**

Benefícios gerais do Barramento de Processo



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica



- **Interoperabilidade** entre fabricantes;
- **Substituição do cabeamento de cobre por cabos de rede;**
- **Economia em infraestrutura civil e área ocupada;**
- **Maior segurança operacional.**

Por que implementar subestações digitais?



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica



- **Benefícios relatados em uma das pesquisas do WG B5.69:**
 - **Redução de cabeamento de cobre e sistemas associados**, como canaletas e eletrocalhas;
 - **Projetos simplificados**;
 - **Redução de área construída**;
 - **Redução da complexidade de conexões físicas**;
 - **Otimização de engenharia de processos**;
 - **Redução do tempo de comissionamento**;
 - **Redução do tempo de indisponibilidade do sistema**;
 - **Redução dos custos de manutenção** devido à evolução do sistema de monitoramento de ativos;
 - **Maior segurança**;
 - **Economia financeira** na gestão de ativos e na reposição;
 - **Maior confiabilidade**;
 - **Melhor flexibilidade e escalabilidade**.





- Discussão sobre os **desafios** e os **custos** na **implementação do Barramento de Processo**:
 - **Custos iniciais elevados**: equipamentos, instalação, treinamento e ferramentas de testes e comissionamento;
 - **Economia de escala**: diminuição dos custos com o aumento de escala.



- Considerar o **tráfego de mensagens de tempo crítico: Sampled Values e GOOSE**;
- Avaliar o tráfego das mensagens de **sincronização temporal PTP**, e a **influência** sofrida devido às **streams SV**;
- Protocolos de **redundância de rede com tempo nulo de recomposição** de rede: **PRP** (mais comum) e **HSR** (em aplicações específicas);
- Avaliar a **segmentação dos barramentos de estação e processo por meio físico ou lógico**, através de **VLANs**;
- Considerar o **monitoramento da rede de comunicação e gerenciamento de tráfego**.



- **Definição** do Precision Time Protocol (**PTP**):
 - Relação **Mestre/Escravo** considerando o **atraso da rede** e **latência** dos nós;
 - **IEEE 1588 v1** (2002);
 - **IEEE 1588 v2** (2008);  **Versão mais adotada.**
 - **IEEE 1588 v2.1** (2019).
 - Discussão sobre **compatibilidade: v2.1 altera a estrutura do frame!**
- **Perfis** de implementação:
 - **Power Profile v1** (IEEE C37.238-2011);
 - **Power Profile v2** (IEEE C37.238-2017);
 - **Utility Profile** (IEC 61850-9-3:2016).  **Versões mais adotadas.**



- O protocolo alcança **precisões extremamente altas**, e totalmente **compatíveis com as exigências** de tempo crítico do **Barramento de Processos**:
 - Acurácia < 250 ns;
 - Performance class T5 (IEC 61869-9 e IEC 61850-5) < 1 μ s.
- **BMCA** (Best Master Clock Algorithm):
 - Evitar múltiplos **GrandMasters** na rede;
 - **Provocação**: *e se houver um GM para cada LAN PRP?*
 - Na prática, atualmente: **dispositivos** devem ser capazes de **lidar** com múltiplos mestres PTP na rede.



- Uma **abordagem** de engenharia **“top-down”** pode **facilitar a interoperabilidade**:
 - **Integração mais eficiente.**
- Pensando em uma **implementação em larga escala**:
 - **Estratégias específicas para subestações digitais**: padronizar soluções;
 - **Capacitação contínua** do pessoal no PACS;



- **Priorizar testes de integração e TAF antes do TAC:**
 - Reduzir erros em campo.
- Explorar os recursos da norma IEC 61850:
 - *Test/simulation mode* que permite ensaios com a subestação em operação.



- **Novas tecnologias exigem novas ferramentas de testes:**
 - Considerar **soluções de testes** que **atendam integralmente** aos **requisitos da IEC 61850**.
- **Treinamento da equipe** para operar tais ferramentas é **essencial**;
- É interessante considerar **ferramentas de testes** que sejam **capazes** de **realizar diagnóstico avançado de rede**, além dos ensaios de proteção.



- **Evolução dos IEDs:**
 - **Autodiagnóstico embarcado;**
 - **Logs de falhas.**
- **Importância de dispositivos especializados de diagnóstico e monitoramento de rede:**
 - **Independentes dos IEDs;**
 - **Monitoramento contínuo.**
- **Controle de versões de softwares e firmwares dos IEDs.**



- **Benefícios:**
 - **Redução de custos** estruturais;
 - **Precisão** elevada;
 - Sem **saturação**;
 - **Sustentabilidade**;
 - **Segurança**.



- Foco em **mecanismos de alta criticidade** no Barramento de Processo:
 - **Sampled Values**: informações de V e I;
 - **GOOSE**: trip.
- Principais **tipos de ataques**:
 - **Spoof** (falsificação);
 - **Replay** (repetição);
 - **Tamper** (violação);
 - **Information disclosure** (divulgação da informação).



- Estratégias de segurança:
 - Autenticação de acesso;
 - Monitoramento contínuo da rede;
 - Segmentação de SV e GOOSE de outros tráfegos;
 - Criação de zonas de proteção, de acordo com a IEC 62433;
 - Implementação de mecanismos de autenticação exclusivos e detecção de tamper para SV e GOOSE, de acordo com a IEC 62351-6 e IEC 62351-9.
- Necessário balancear segurança x (disponibilidade e desempenho).



- **Abordagem das ferramentas de testes em subestações digitais:**
 - **Funcionalidades híbridas** (analógicas e digitais);
 - Ensaio de **primário** e **secundário**;
- **Importância do monitoramento** contínuo da rede de comunicação;
- **Deteção precoce** de erros e falhas de rede;
- **Logs de erros e estatística** de todo o tráfego **IEC 61850**;
- Garantia de **confiabilidade** no **PACS**.



- O Barramento de Processos é um **importante avanço tecnológico** para o PACS;
- **Benefícios:** redução de **custos, eficiência e segurança**;
- A implementação exige **planejamento, testes e capacitação**;
- Principais **desafios:** **interoperabilidade e sincronização PTP**;
- **Fatores críticos:** **testes, gestão de ativos e cybersecurity**;
- **Testes funcionais e projetos pilotos** reforçam a **viabilidade e confiabilidade** na implementação.



OBRIGADO!

Paulo Sergio Pereira Junior



Promoção



Coordenação

