



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

### **IMPLEMENTAÇÃO DO PROCESS BUS NAS SES DA NEOENERGIA. TESTES DE ACEITAÇÃO**

**OSVALDO FORONI JUNIOR(1);JOHN WELLINGTON DA SILVA BRANDÃO  
SIEMENS(1)**

#### **RESUMO**

Esse documento ira mostrar como definimos um sistema para testes de subestações totalmente digitalizadas. Direcionamos estes testes inicialmente para as subestações da Neoenergia do Lote 2, que a Siemens havia ganho a contrato de fornecimento de todo o sistema de proteção e controle. Porém, esse sistema de testes irá servir para todos os tipos de subestações digitalizadas de qualquer que seja o cliente ou operador, pois segue a risca as normas estabelecidas tanto pela IEC61850, IEC61869 como também as normatizações do operador nacional do sistema ONS e seus procedimentos de redes para subestações digitais.

#### **PALAVRAS-CHAVE**

Process Bus, Test, Simulation, Sample Value, GOOSE

#### **1.0 INTRODUÇÃO**

Para que seja testada uma subestação totalmente digitalizada, utilizando a norma IEC61850 e seus protocolos, primeiramente temos que compreender alguns pontos relativo as suas funcionalidades e particularidades. Em uma subestação convencional, normalmente nos testes, simulamos sinais analógicos e digitais com malas de calibração, substituindo os equipamentos físicos de pátio, TCs, TPs, contatos dos equipamentos etc. Não vamos entrar nos méritos dos testes convencionais pois esses já são muito conhecidos. Porém em subestações digitais, temos que compreender como o sistema todo funciona.

Nesse documento vamos explicar como testar subestações digitais. Particularmente, escolhemos as subestações da Neoenergia, porém esse documento é valido para testar qualquer subestação digitalizada em qualquer que seja seu nível de tensão. Infelizmente até o momento da entrega desse documento ainda não havíamos iniciado os testes nas SEs da Neoenergia, porém, já detalhamos um documento genérico de como estes testes devem ser feitos, tanto nas etapas de pré TAF, TAF e comissionamento.

Primeiramente, teremos que entender o que são os modos Test e modo de Simulação previstos na norma do IEC61850. Essas, são as ferramentas chave para que os testes de simulação dos sinais digitais e analógicos possam ser feitos sem que haja desligamentos indevidos de equipamentos na subestação em teste. Tendo em vista uma operação normal, o fluxo de dados é definido pelo esquema de comunicação, e isto exige uma interface de usuário para execução do teste antes previamente definido, evitando assim reações inadequadas. Desconectar um equipamento sob teste não é a maneira correta de se executar o teste em uma subestação digital, especialmente quando este dispositivo pode ser requisitado para outras funções. Assim, outras formas de isolamento devem ser utilizadas para execução do teste, que serão descritas a seguir nesse documento.

#### **2.0- "TESTE MODE" E "SIMULATION MODE"**

A norma IEC 61850 define os recursos do modo de teste de um IED, assim fornecendo o uso do "Test Mode" e "Simulation Mode" para testes e manutenções em subestações digitais.

Cada Logical Node é acompanhado por um atributo de qualidade. Os treze bits do atributo de qualidade fornecem informações de qualidade associadas a esses dados. Cada pedaço representa um problema de qualidade, se algum dos bits for alto, isso denota um problema com a mensagem. Nem todos os problemas de qualidade são necessariamente ruins, na verdade, o décimo segundo bit denota se os dados estão em modo de teste por exemplo (ver Fig. 1).

O Test Mode permite que os usuários testem as funções de proteção ou dispositivos sem interromper todo o esquema de proteção. Essencialmente, o Test Mode e Simulation Mode substituem as chaves de teste para isolar e testar um IED para uma subestação digital.

Todo o IED ou apenas um Logical Node pode ser colocado em modo de teste usando mensagens MMS através de um software client-servidor como por exemplo o IEC Browser ou através do próprio dispositivo.

Bit(s)	IEC 61850-7-3		Bit-String	
	Attribute name	Attribute value	Value	Default
0-1	Validity	Good	0 0	0 0
		Invalid	0 1	
		Reserved	1 0	
		Questionable	1 1	
2	Overflow		TRUE	FALSE
3	OutofRange		TRUE	FALSE
4	BadReference		TRUE	FALSE
5	Oscillatory		TRUE	FALSE
6	Failure		TRUE	FALSE
7	OldData		TRUE	FALSE
8	Inconsistent		TRUE	FALSE
9	Inaccurate		TRUE	FALSE
10	Source	Process	0	0
		Substituted	1	
11	Test		TRUE	FALSE
12	OperatorBlocked		TRUE	FALSE

Figura 1 - Tabela de Qualidade

## 2.1- Princípios do Test Mode

Um Logical Device em um IED pode ser colocado em modo de teste usando o Data Object "Mod" do Logical Node zero "LLN0". Adicionalmente, qualquer Logical Node pode ter seu modo controlado pelo operador usando o Data Object Mod do Logical Node (ver Fig. 2). O comportamento final de um Logical Node é representado pelo Data Object Behavior, que resulta de uma combinação dos modos do Logical Node específico e do Logical Device.

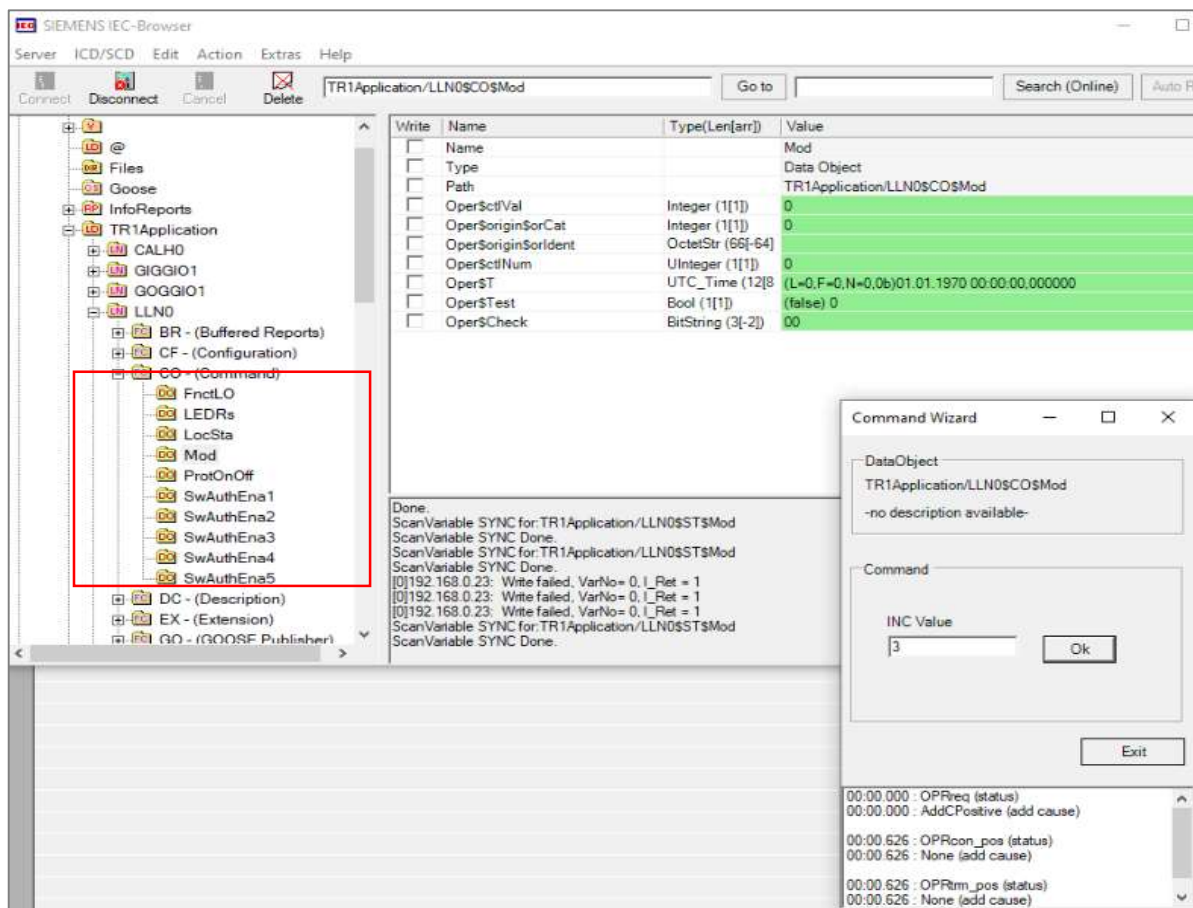


Figura 2 - Logical Node LLN0

O Test Mode possui cinco valores possíveis para o Behavior:

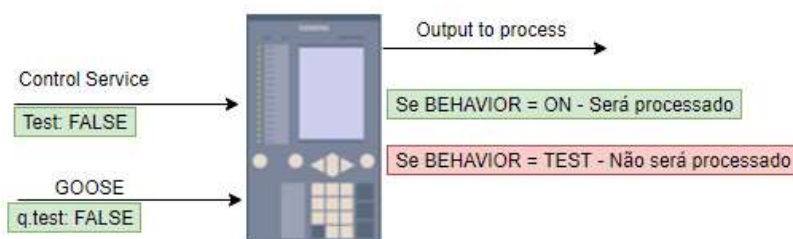
- 1 ON** – Função está ativa, toda comunicação está em serviço. Funcionamento normal, envia e recebe mensagens com o bit de test em false, contatos físicos são processados normalmente.
- 2 ON BLOCKED** – Similar ao valor 1, porém os contatos físicos das binárias de saídas não são processados.
- 3 TEST** – Somente recebe e processa mensagens com bit de test em true, apenas outros IED's em modo testem processarão as mensagens enviadas por esse IED. Dispositivos que não estão em modo teste não irão interagir com as mensagens geradas.
- 4 TEST/BLOCKED** – Similar ao valor 3, caso exista interação entre dois dispositivos em modo test true e ocorra troca de mensagens entre eles para que seja executado algum tipo de processo, mesmo que previsto no resultado do processo nenhuma binária física será ativada.
- 5 OFF** – Essa opção literalmente desabilita a função.

O behavior de uma função, ou comportamento, é controlado juntando o seu superior hierárquico com o seu modo controlável. Assim, devem-se seguir os níveis hierárquicos de Mod, onde *off* tem prioridade sobre *test* que tem prioridade sobre *on*. (ver Fig. 3).

LNMode or nested LDMode XXXX.Mod	LDMode LLN0.Mod	LNBeh (read only) XXXX.Beh
on on on on on	on blocked test test/blocked off	on blocked test test/blocked off
blocked blocked blocked blocked blocked	on blocked test test/blocked off	blocked blocked test/blocked test/blocked off
test test test test test	on blocked test test/blocked off	test test/blocked test test/blocked off
test/blocked test/blocked test/blocked test/blocked test/blocked	on blocked test test/blocked off	test/blocked test/blocked test/blocked test/blocked off
off off off off off	on blocked test test/blocked off	off off off off off

Figura 3 - Tabela de prioridades de Mod - IEC 61850-7-4

Exemplo 1:



Exemplo 2:



## 2.2- Princípios do Simulation Mode

O modo de simulação é outro recurso de teste presente na norma IEC 61850 que permite a simulação de dados de equipamentos como *Sample Values* ou entradas de *Logicas Nodes*. Quando um dispositivo está em modo de simulação, agora é permitido assinar mensagens com bit de simulação = TRUE que seria publicado por um equipamento de teste. O modo de simulação se aplica a Mensagens GOOSE, bem como SAMPLE VALUES (ver Fig. 4).

O modo de simulação substitui essencialmente a injeção de valores analógicos e sinais de entrada em um dispositivo para manutenção e testes convencionais. Uma nota para destacar é, modo de simulação e modo de teste são funções independentes. **Se o usuário estiver testando um IED em serviço e coloca o dispositivo em modo de**

simulação, mas não em *Test Mode*, quaisquer outros dispositivos que normalmente assinam os dados irão responder, ocasionando uma operação incorreta.

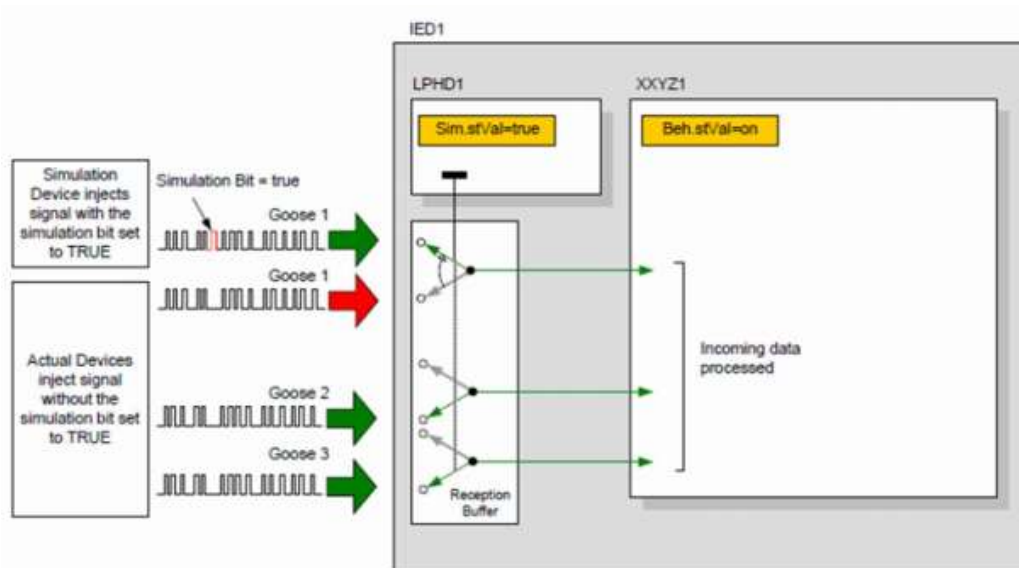


Figura 4 - Simulation Mode IEC 61850-7-1

No nível do IED, há a opção do dado Sim.stVal do logical node LPHD (ver Fig. 5) ser ajustado como TRUE ou FALSE. Esse ajuste permite ao IED selecionar que os sinais multicast sejam processados, assim:

- Se LPHD.Sim.stVal = TRUE e existe um sinal GOOSE e/ou SV com o bit de simulação = TRUE na rede = Esse sinal será processado; O mesmo sinal GOOSE e/ou SV com bit de simulação = FALSE não será processado.

Então ao entrar em modo Simulação, o IED passa a processar mensagens Goose ou streams de Sample Values previamente assinados, porém com o Bit de Simulação em True, uma vez que estas mensagens estejam na rede.

- Se LPHD.Sim.stVal = FALSE e existe um sinal GOOSE e/ou SV com bit de simulação= TRUE na rede = Esse sinal não será processado.

Assim, para se processar um sinal de simulação, é obrigatório:

- Ajustar LPHD.Sim.stVal = TRUE
- Ajustar bit de simulação do GOOSE / SV = TRUE

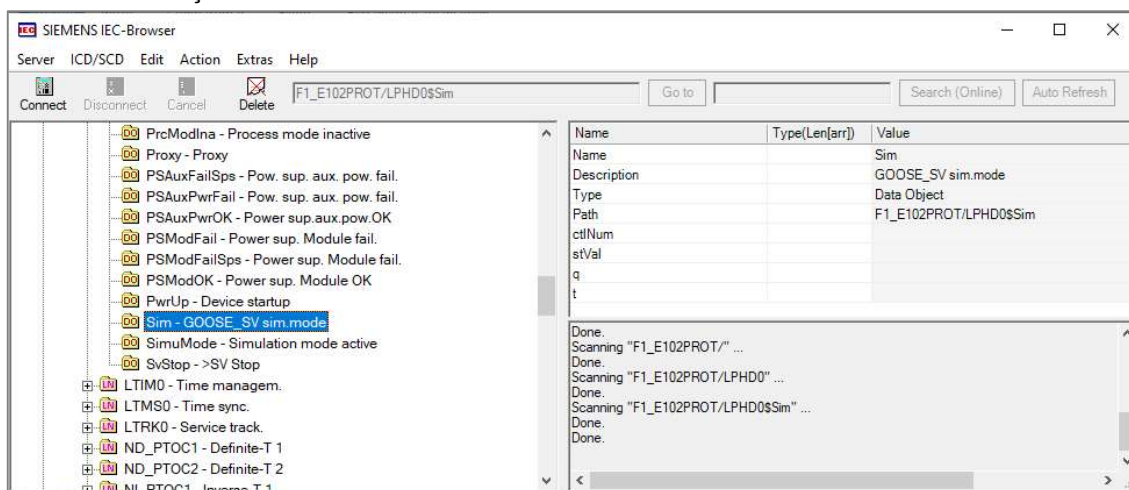


Figura 5 - Logical Node LPHD

Exemplo:

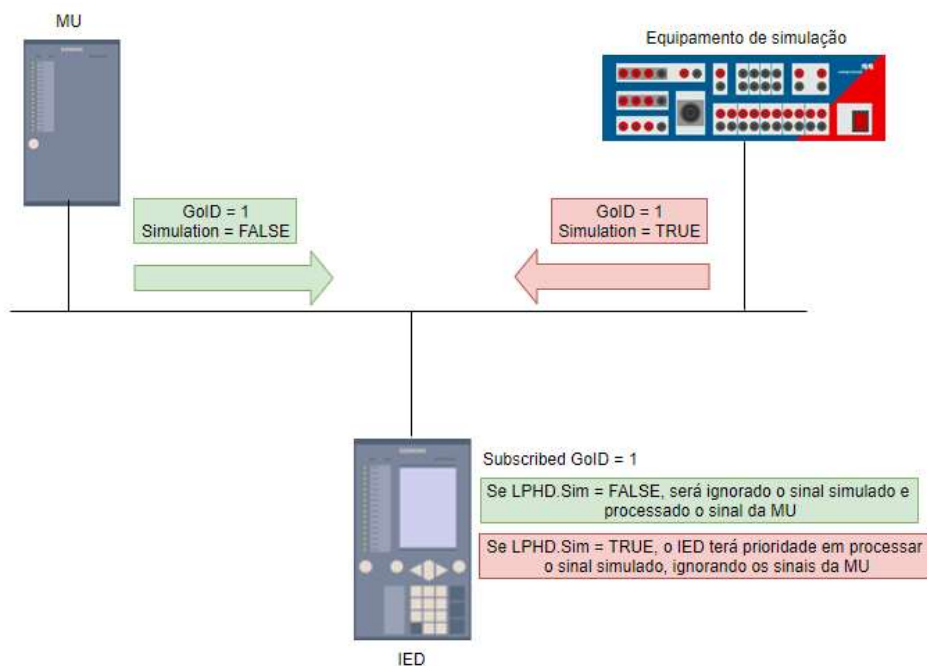


Figura 6 – Exemplo

### 3.0- TESTES PRÁTICOS PARA COMPROVAÇÃO

Para o sistema simulado utilizamos como base a figura 7, realizando ensaios com base nas informações descritas anteriormente e observando o seu resultado.

Com duas merging units dedicadas uma para cada TC em um arranjo disjuntor e meio, e um relé 7UT realizando a somatória lógica dessas duas streams para obter a corrente total correspondente do vão. Para a baixa tensão do transformador imaginário deixamos a medição ser realizada de maneira analógica convencional.

Foram configuradas além das streams, mensagens GOOSE entre merging units e relé para verificar o comportamento dos sinais através do test mode. Utilizamos o IEC Browser para enviar o comando via MMS e alterar o bit de qualidade em todos os ensaios.

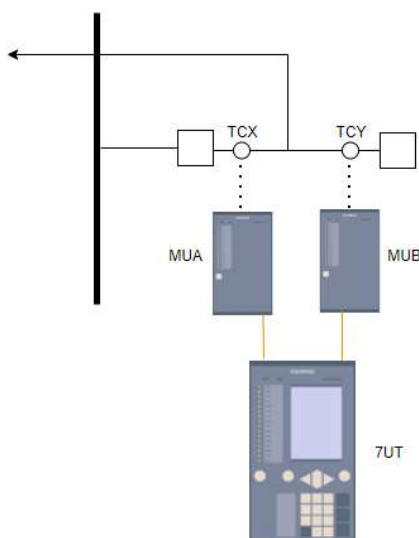


Figura 7 - Unifilar Base

### **Ensaio 1 – Test True enviando para Test False**

Setar o relé de proteção para test mode em true utilizando o IEC Browser, após isso enviar GOOSE de trip para a merging unit observando que ela ignora as mensagens publicadas pelo relé de proteção mesmo que assinadas, pois o a MU observa que elas possuem a qualidade test em true. O processo funcionou como esperado.

### **Ensaio 2 – Test True enviando para Test True**

Setar o test mode para TRUE de uma das merging units e o relé de proteção, após simulação de falta e o envio de GOOSE do relé observar que a MU processa a mensagens assim como também aciona suas binárias de saída. O processo funcionou como esperado, para verificar acionamento da BO foi utilizado um multímetro medindo continuidade.

### **Ensaio 3 – Test True enviando para Test True/BLOCKED**

Setar o test mode para true test/blocked da merging unit, e test para o relé de proteção. Após simulação da falta observar que o GOOSE de trip é enviado e processado pela merging unit, porém as binárias físicas não são acionadas. O processo funcionou como esperado, para verificar que a BO não atuou foi utilizado um multímetro medindo continuidade.

### **Ensaio 4 – Comportamento do relé de proteção no arranjo de disjuntor e meio**

Na primeira etapa realizamos a injeção analógica através das merging units e verificamos que a somatória lógica das duas streams estava sendo realizada corretamente no relé de proteção. Foi observado também, que o relé em simulation mode continua processando os sample values enviados pelas merging units, até o momento que uma stream simulada através de um equipamento de teste esteja disponível na rede, a partir desse momento o relé da prioridade para a stream com simulation mode em true, conforme explicado no item 1.3 do documento.

Na segunda etapa do ensaio desligamos a MUA para simular uma possível manutenção ou desligamento do equipamento, e observar como relé de proteção seria afetado. Com isso as medições da alta tensão no relé de proteção foram invalidadas, automaticamente também bloqueando sua função diferencial e todas as outras funções de sobrecorrente.

Isso ocorre porque as streams da MUA e MUB são associadas ao mesmo function group do relé de proteção, como uma dessas medições é invalidada pela falta da stream na rede, todo o function group é bloqueado a fim de se evitar um trip indevido. Com esse ensaio é possível observar como a manutenção numa subestação digital precisa ser abordada de maneira diferente, fugindo dos conceitos estabelecidos em subestações convencionais, porque um IED pode afetar diversos outros que dependem de seus sinais disponíveis na rede.

Depois de verificar esse comportamento do relé de proteção com a merging unit desligada, realizamos a mesma sequência, porém ao invés de desligar a merging unit ela foi setada em modo test true. O relé de proteção teve o mesmo comportamento da etapa anterior, invalidando o function group, comportamento esperado uma vez que os sinais chegam com o bit test true e o relé de proteção deve ignorar qualquer sinal com essa qualidade (Ver Fig. 8).



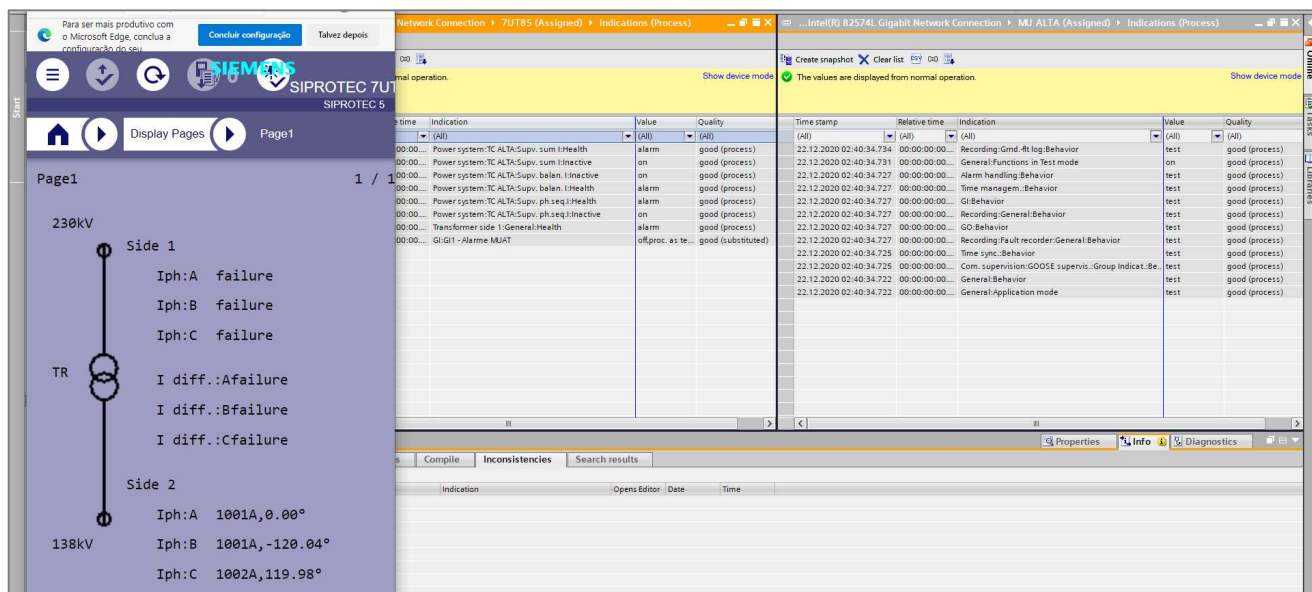
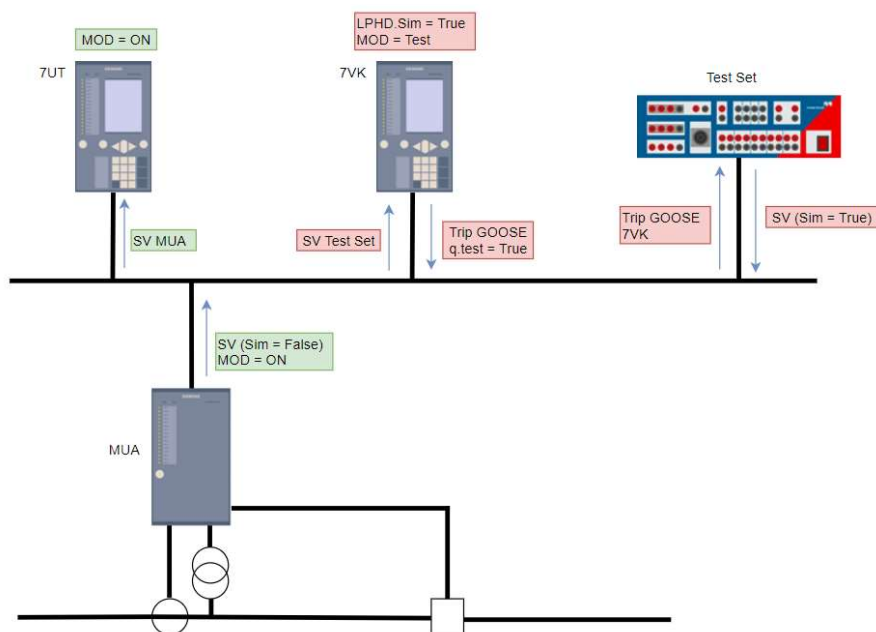


Figura 8 - Falha por test true

#### 4.0- ISOLAMENTO PARA TESTES EM CAMPO:

Após os ensaios junto aos procedimentos da norma conseguimos elaborar um cenário e metodologia ideal para realizar os testes em um ponto específico do sistema proteção num comissionamento ou manutenção.

Caso seja necessário a realização de ensaios no relé 7VK, o cenário ideal é que ele seja mantido com seu test mode em TRUE e simulation mode também em TRUE, não sendo necessário desligar ou isolar a MUA de alguma forma, mantendo a mesma publicando sua stream evitando que outros relés sejam afetados. Dessa forma o 7VK passa a ler os sinais fornecidos pelo test set, atuando suas funções de proteção, porém enviando todos os seus sinais de trip com qualidade de test em true, sendo ignorado pelos outros IED's presentes no sistema evitando operações indevidas.





Caso seja extremamente necessário realizar ensaios diretamente nas entradas analógicas através da MU, é necessário lembrar que relés que dependem desse sinal podem ser afetados de acordo com a falta desse sinal ou sua qualidade de teste, sendo necessário uma análise mais criteriosa para sua execução.

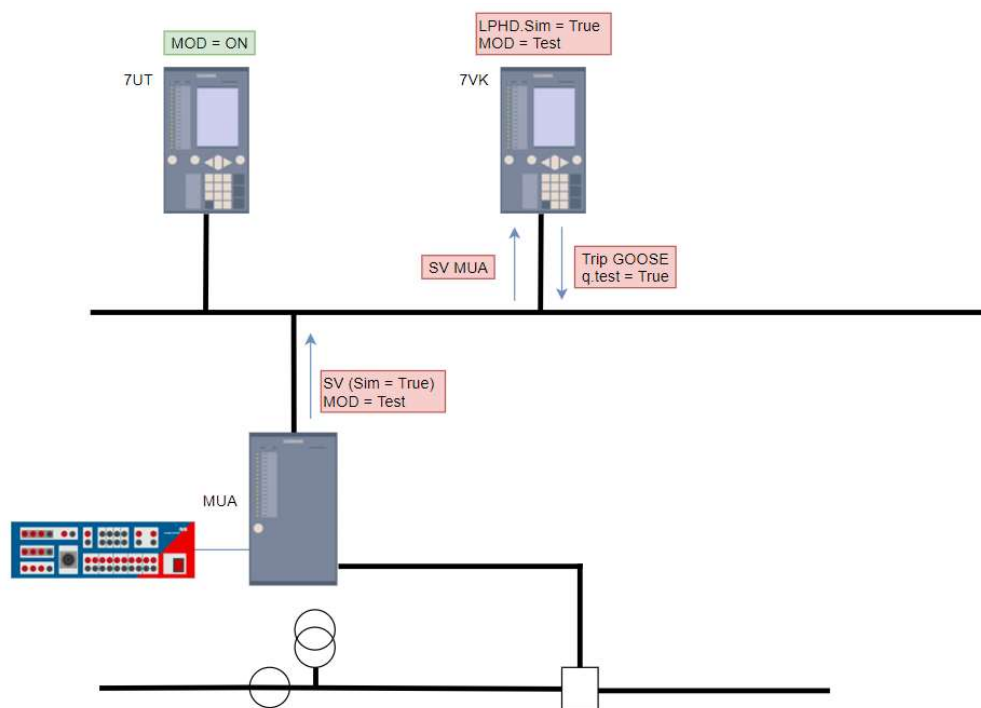


Figura 9 – Ensaio direto

## 5.0- CONCLUSÃO

Com os métodos abordados acima, verificamos como poderemos testar os IEDs e merging units de subestações completamente digitalizadas sem a necessidade de tirá-los ou isolá-los na rede de comunicação. Devemos lembrar que, uma mesma M.U pode enviar sinais para mais de um IED e por esse motivo temos que tomar muito cuidado na hora de testar esses equipamentos. A maneira ideal, como visto anteriormente é sempre se atentar aos bits de teste e simulação de forma que durante os testes somente os equipamentos com esses bits setados reconheçam e respondam a simulação. Isso evitará desligamentos indevidos no sistema.

## DADOS BIOGRÁFICOS



Osvaldo Foroni Junior Nascimento: 12/12/1979 Cidade: Indaiatuba – SP  
 Formação Acadêmica: Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI / 2004) Experiência Profissional: Ingressou na Siemens em janeiro de 2008 trabalhando com proteção e controle de sistemas elétricos em transmissão, geração e distribuição. Foi responsável pelo primeiro sistema utilizando process bus da Siemens no Brasil. Se tornou especialista de engenharia na Siemens em 2016 cargo que ocupa até os dias atuais. Trabalhou na ABB de junho de 2006 a trabalhou até dezembro de 2007 com proteção e controle de sistemas elétricos, principalmente subestações de transmissão de energia.

(2) JOHN WELLINGTON DA SILVA BRANDÃO  
 Trabalhando na Siemens EM DG atuando em projetos de proteção e controle. Experiência de início de carreira com montagem e testes elétricos de painéis, trazendo conhecimento da elaboração do projeto em todas as suas fases, da manufatura dos painéis ao desenvolvimento dos sistemas de automação. Eng. Proteção e Controle • Desenvolvimento e realização de treinamentos internos e externos para capacitação de clientes e funcionários;  
 • Realizando comissionamento dos projetos de proteção e controle e participação na energização dos mesmos;  
 • Desenvolvimento e configuração de sistemas para proteção e controle de subestações dos mais diversos arranjos e classes de tensão;