

XXVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica

Testes de Injeção de Secundário em Merging
Unit Considerando o Uso da Tecnologia Low
Power Instrument Transformers
Informe Técnico GE - GPC



Paulo Sergio Pereira Junior





Nem tudo que está conectado funciona...

É necessário verificar; é necessário testar!



- A evolução tecnológica no PACS impulsionada pela **IEC 61850**;
- A importância da **interoperabilidade**;
- **Benefícios dos LPITs:**
 - **Custos** de infraestrutura e **sustentabilidade**;
 - **Precisão** e a **não saturação**;
 - **Segurança**.
- **Tipos dos LPITs:**
 - **TP: divisores R, C ou RC;**
 - **TC: bobinas Rogowski** ou medição óptica por efeito Faraday.
- **Objetivos** do trabalho:
 - Demonstrar a **efetividade** do uso de **LPITs e MUs**;
 - **Testes em malha fechada com MUs** através de um **LPIT simulado** baseado em **bobinas Rogowski e divisores C**.

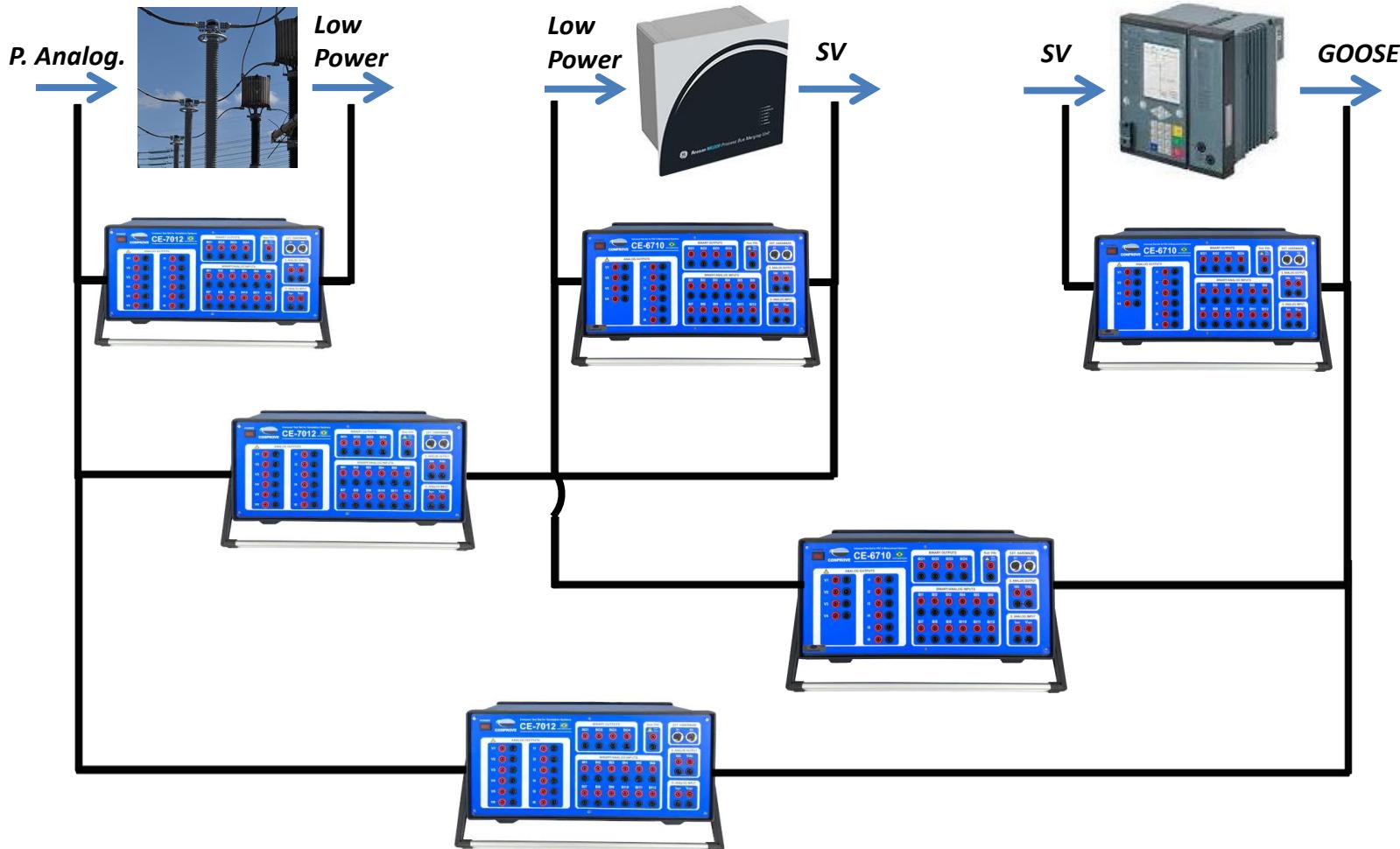
Ferramentas de Testes no contexto da norma IEC 61850



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica



- As **ferramentas de testes** devem capazes de **injetar/medir** sinais **analógicos**, assim como **publicar/assinar** sinais digitais (**GOOSE/SV**).

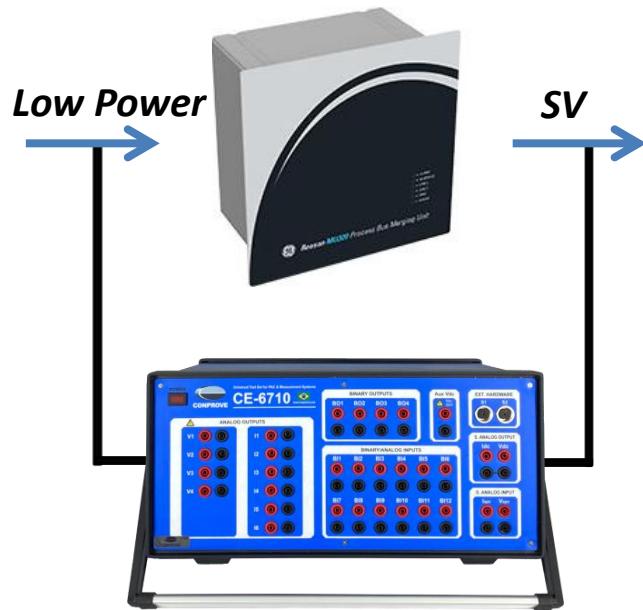


Ferramentas de Testes no contexto da norma IEC 61850



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica

XXVIII
SNPTEE
2025



Ferramentas de Testes no contexto da norma IEC 61850



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica

XXVIII
SNPTEE
2025

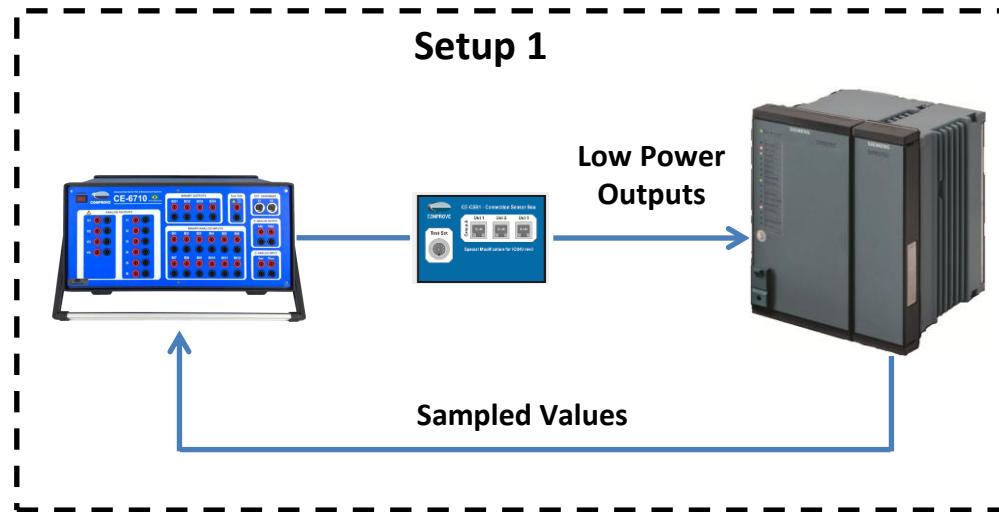
- Teste de **MU** com **entrada low-level**;
- **Sincronização** do sistema via **PTP**: a **mala de testes** foi **GrandMaster**;
- **Frequência nominal** em **50 Hz**;
- Configuração da MU na **9-2LE**, com taxa de amostragem de **4000 Hz** (80 pontos por ciclo).

Ferramentas de Testes no contexto da norma IEC 61850



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica

XXVIII
SNPTEE
2025

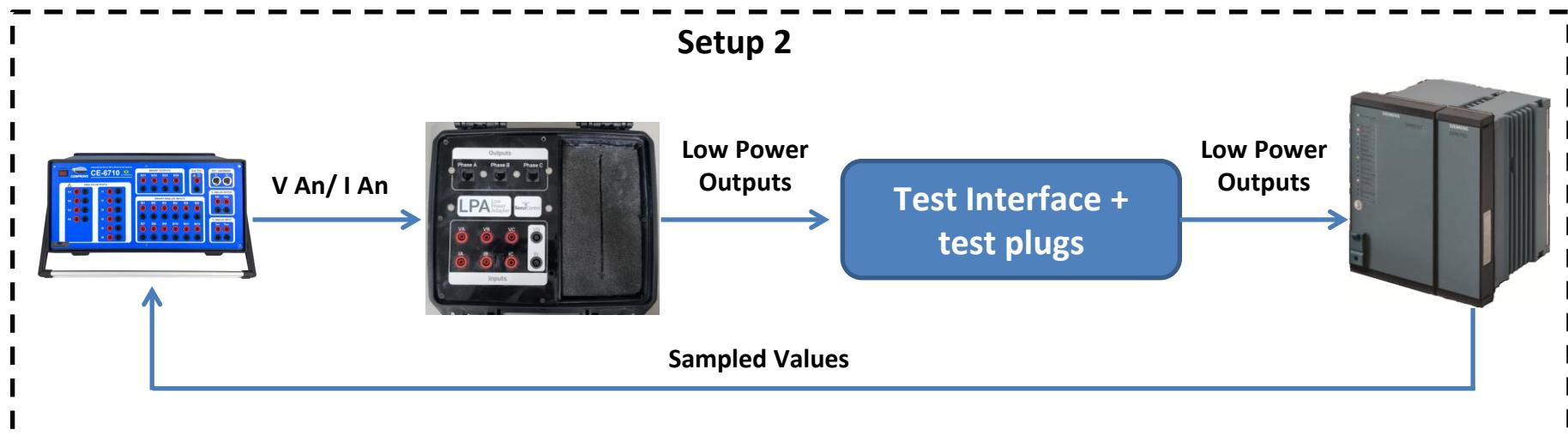


Ferramentas de Testes no contexto da norma IEC 61850



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica

XXVIII
SNPTEE
2025



Testes em Malha Fechada com MU considerando a tecnologia de LPIT



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica

XXVIII
SNPTEE
2025

- Primeiro setup:



- Sinais de low-level foram injetados na MU, e os SVs publicados foram assinados pela mala de testes via conexão por fibra óptica;
- Arquivos JSON foram utilizados para adequar o ganho de cada fase do LPIT à entrada da MU;
- A mala de testes importou o arquivo JSON.

```
{
  "Id": "FB1_NCIT_Sensor",
  "Settings": {
    "RogoInduc": 1378.34,
    "RogoInducFac": 2000,
    "RogoResis": 199.0,
    "RgoInv": "no",
    "EEPCap": 9.92894,
    "ICorrection": {
      "fr50Phase": 0.0,
      "fr60Phase": 0.0
    },
    "VCorrection": {
      "fr50Phase": 0.0,
      "fr60Phase": 0.0
    },
    "SBProID": "none",
    "RogoTempCoe": [0,0,0,0,0,1],
    "EFPTempCoe": [0,0,0,0,0,1]
  }
},
```

Model CE-CSB1IO240

Descr.: <input type="text"/>	<input type="button"/>	Predef. Hard. List <input type="button"/>	
<input type="checkbox"/> Agroup	Ratio		
V1 (S1)	RMS Nom./ 170,0 kV	RMS Excit. 51,40 V	Max. RMS 23,48 kV
V2 (S1)	170,0 kV	51,40 V	23,48 kV
V3 (S1)	170,0 kV	51,10 V	23,48 kV
I1 (S1)	4,00 kA	309,1 mV	91,87 kA
I2 (S1)	4,00 kA	309,1 mV	91,87 kA
I3 (S1)	4,00 kA	309,1 mV	91,87 kA
Nom. Freq.: 60 Hz	Cable		
Temperature: 25,00 °C	Model	Default	
	Resist./km	98,00 Ω/Km	
	Induct./km	438,0 uH/Km	
	Capac./km	51,00 nF/Km	
	Length	0,100 m	

GIS LPIT

RogoInduc	205,0 nH
RogoResis	0,0100 Ω
RgoInv	no
EEPCap	40,00 pF

Sensor Box

SenBoxR	0,0150 Ω
SenBoxC	42,00 pF
SenBoxL	2,00 nH
SenBoxVoR	0,0100 Ω
SenBoxVoC	4620,0 pF

Correction

I	V
fr50Phase	0'
fr60Phase	0'

T. Comp.

Rogo	EFP
TempCoe_0	0
TempCoe_1	0
TempCoe_2	0
TempCoe_3	0
TempCoe_4	0
TempCoe_5	1,00
TempCoe_6	1,00

Optical

Set for NCIT Sensor Settings (json)...

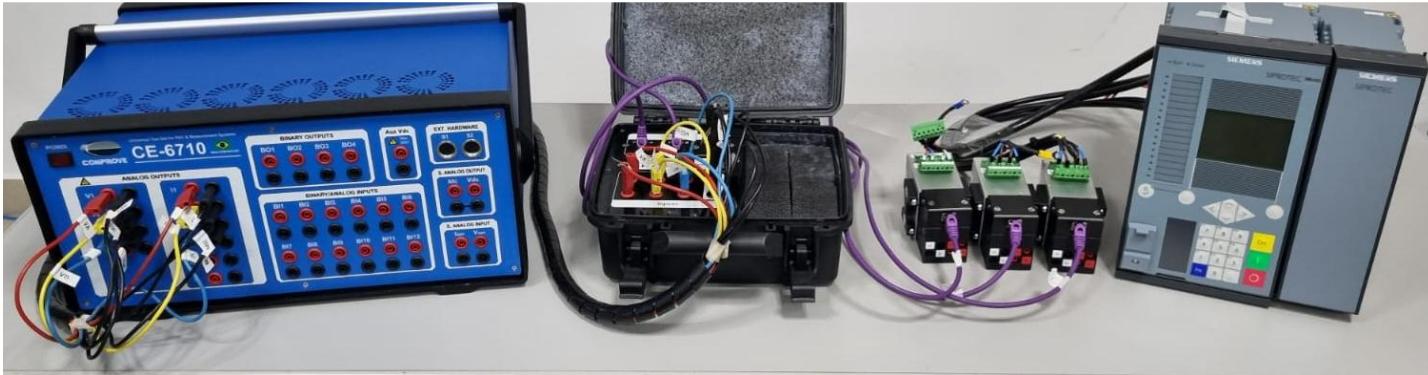
Testes em Malha Fechada com MU considerando a tecnologia de LPIT



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica

XXVIII
SNPTEE
2025

- Segundo setup:



- A **mala de testes** injetou **100 V** e **5 A** no **Low Power Adapter** de forma que a **MU** indicasse **valores nominais de V e I** (**100 KV Ph-N** e **500 A**);
- Foram **definidos os ganhos** para a injeção de **sinal low-level** diretamente na **entrada da MU** utilizando a **mala de testes**.

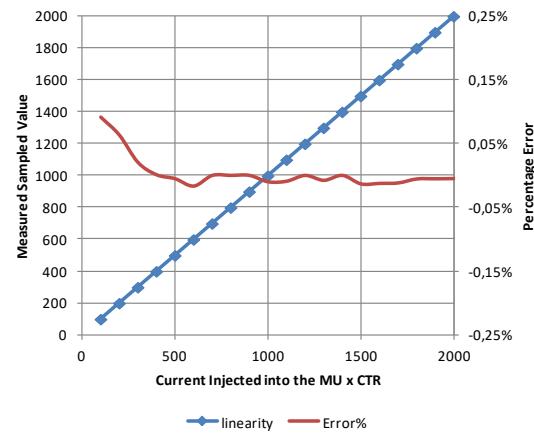
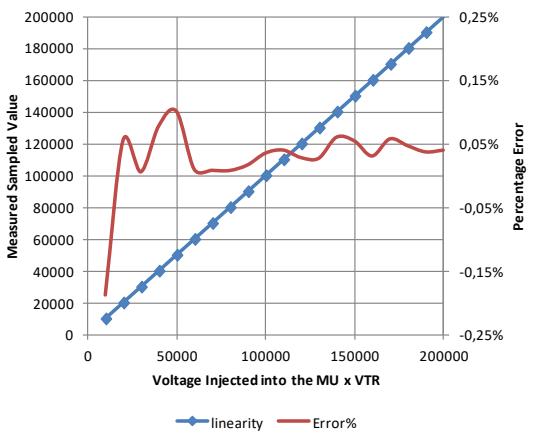


- Em ambos os setups:
 - Variação de amplitude, ângulo, frequência e conteúdo harmônico. Sendo observado o comportamento da MU;
 - As respostas foram similares entre os dois setups.
- Testes de linearidade:
 - V injetada: variou de 10 V RMS a 200 V RMS;
 - I injetada: variou de 250 mA RMS a 20 A RMS;
 - Injeções de V e I baseadas nos valores nominais de 100 V e 5 A;
 - Foram estabelecidas as variações de 0,1 a 2 vezes o valor nominal de V, e de 0,05 a 4 vezes o valor nominal de corrente.



- A mala de testes mostrou as **formas de onda de V e I** e monitorou a MU, assinando os frames SV:
 - Precisão de amplitude e ângulo;
 - Supervisão dos eventos de falha de rede;
 - Análise estatística (tempo entre frames, tempo de digitalização e status de sincronização);
 - Verificação dos campos do frame SV.

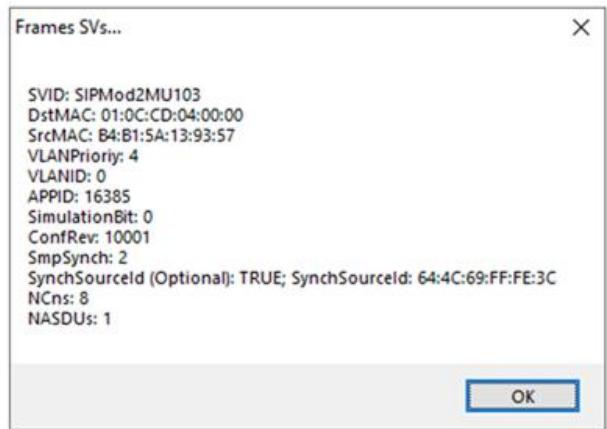
Analog Signals



Commun., digitization and synch.

The screenshot shows a software interface with a tree view on the left:

- Report
 - SVID: SIPMod2MU103
 - Maximum number of subsequent errors set: 0
 - Maximum number of errors per second set: 0
 - Maximum number of subsequent errors registered at end of test: 0
 - Maximum number of errors per second registered at end of test: 0
 - Total number of registered errors at end of test: 0**
- Error
- Statistics
 - Synchronism
 - Processing time**
 - No. of Samples: 431
 - Min: 1.286 ms
 - Avg: 1.287 ms**
 - Max: 1.287 ms
 - Time between frames**
 - No. of Samples: 1723340
 - Min: 242.385 us
 - Avg: 250.000 us**
 - Max: 257.729 us





- **Vantagens dos LPITs:**
 - Segurança;
 - Alta linearidade;
 - Imunidade à saturação;
 - Dimensões e peso reduzidos;
- Testes em **malha fechada**, com análises importantes:
 - **Formas de onda SV**: erros de amplitude e ângulo;
 - **Supervisão de eventos de falha de rede**;
 - **Análises estatísticas**(tempo entre frames, tempo de digitalização e status de sincronização).
- Os **resultados** obtidos foram **satisfatórios** e demonstraram a **confiabilidade** das **tecnologias** aplicadas.



XXVIII Seminário Nacional
de Produção e Transmissão
de Energia Elétrica

XXVIII
SNPTEE
2025

OBRIGADO!

Paulo Sergio Pereira Junior





Promoção



Coordenação

