

CATEGORIA 3

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO GIGA DE TESTES DE RELES SEPCOS

1 - INTRODUÇÃO

Subestações são instalações elétricas de alta potência, que possuem equipamentos para transmissão, distribuição, proteção e controle de energia. Podem ser classificadas por tipo de aplicação como elevadoras, rebaixadoras, retificadora de tração, entre outras.

Tratando especificamente de subestações retificadoras de tração, os sistemas são caracterizados basicamente por grupos transformadores-retificadores, disjuntores de alta velocidade e cubículos alimentadores. Esse tipo de subestação é utilizado em empresas de transportes ferroviários, como a CPTM e o Metro.

Os sistemas de proteção das subestações estão migrando das tecnologias antigas, relés eletromecânicos para relés digitais, sendo imprescindíveis planos de manutenção preventiva periódicos que englobam verificações visuais, limpeza, aferições e principalmente ensaios e testes das proteções dos sistemas. Em empresas como a CPTM e Metrô, desligar um cubículo

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



alimentador durante a operação comercial para realizar testes e ensaios, afeta diretamente os trens, diminuindo a demanda e prejudicando o usuário final.

A proposta deste trabalho é apresentar uma solução capaz de testar os parâmetros e funções do relé de proteção em corrente contínua dos sistemas de tração, simulando de uma maneira que reflita o real funcionamento do sistema possibilitando o correto ajuste dos relés de proteção assim garantindo um melhor funcionamento, evitando desligamentos desnecessários, e o desgaste prematuro dos componentes e da instalação de todo o sistema de distribuição e proteção, utilizando como referência a CPTM.

O relé de proteção adotado neste projeto foi o SEPCOS NG-PRO da Fabricante Secheron, sendo este equipamento utilizado na proteção do sistema de tração das subestações retificadoras da CPTM. Sendo este sistema elétrico constituído de:

- 26 Subestações Retificadoras localizadas nas Linhas 7,8,9,10,11,12 e 13
- 89 Relés SEPCOS responsáveis pela proteção

2 - DIAGNÓSTICO

2.1 - Resumo teórico

Entre os anos de 2010 a 2014 foram modernizadas algumas das subestações da CPTM, passando de um sistema de proteção de 3kVcc eletromecânico para uma tecnologia digital micro processada. Esta tecnologia trouxe novos sistemas que abrangem:

- IED – (Dispositivo Eletrônico Inteligente);
- Relés de Proteção - SEPCOS;
- Protocolos de Comunicação;
- Estudo de Curvas de Proteção;
- Eletrônica Analógica e Digital.

A manutenção preventiva e corretiva dos relés SEPCOS, se tornou uma grande dificuldade para as equipes de manutenção, uma vez que para acessá-lo, era necessário o desligamento do circuito de 3kVcc correspondente. Esse desligamento provocava a interrupção no fornecimento de energia daquele circuito além de ser limitado o tempo de intervenção do equipamento para que não prejudique a circulação dos trens. Podemos destacar também o fator adicional de risco que é trabalhar em alta tensão onde realizar qualquer tipo de teste ou análise mais detalhada representava riscos elétricos para as equipes. Diante deste cenário surgiu a ideia de desenvolver um meio de testar o funcionamento e demais funções desse rele

de proteção sem que impacte o sistema de energia com desligamentos e seja seguro para as equipes, então criamos uma solução de testes em bancada que denominamos “Giga de Testes”.

2.2 - Relé SEPCOS NG-PRO

SEPCOS-NG ilustrado na figura 1 é uma geração de equipamentos de alta tecnologia que satisfaz os mais exigentes requisitos de segurança aplicáveis às redes de transmissão de energia elétrica CC. É um poderoso sistema eletrônico baseado em vários microprocessadores, sendo usado como unidade de proteção e controle de um cubículo alimentador de saída ou unidade retificadora em CC de subestações de tração de sistemas de transporte público, como bondes, metrô, trens ou trólebus. Este equipamento é independente, modular, extensível e facilmente adaptável por software, além de atender as normas de segurança ferroviárias EN50126, EN50128 e EN50129. O SEPCOS-NG “Relé de proteção de redes de tração CC” visto como sistema individual, é constituído por duas entidades, ligação entre os módulos conforme figura 2.

- O relé de detecção de falha de linha ‘SEPCOS-PRO’, que assegura as funções de aquisição de medições, monitoramento e proteção;
- O relé de controle / comando ‘SEPCOS-PLC’, assegura as funções de automatismo, display, visualização e comunicação.”

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Figura 1 Sepcos NG-PRO

C.2.1 SEPCOS NG synoptic

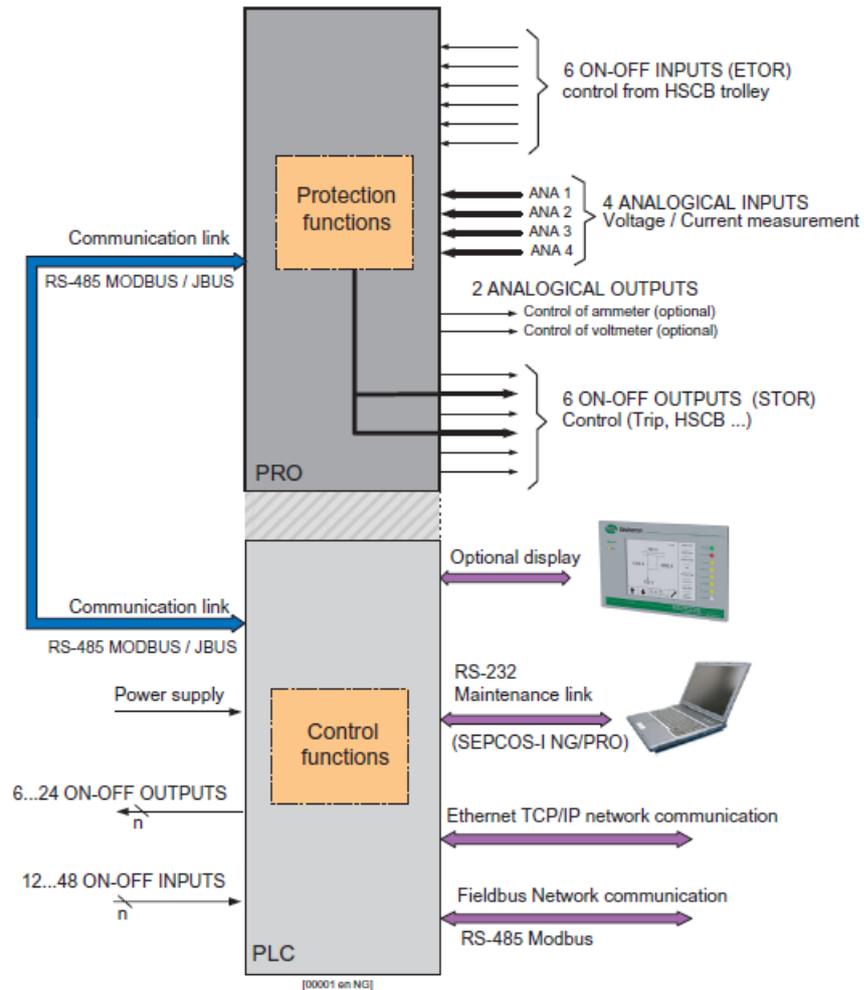


Figura 2 - Ligação entre os módulos PRO e PLC

Estes dois módulos são subdivididos em placas com funcionalidades padronizadas. Abaixo podemos ver a tabela 1 que compreende todas as camadas dos módulos,

Placas SEPCOS-NG.	
•	Placa PRO COM
•	Placa PRO CPU
•	Placa PRO I/O
•	Placa de alimentação Power supply board
•	Placa PLC I/O / placa de 6 saídas
•	Placa PLC I/O / placa de 12 entradas
•	Placa PLC RS485
•	Placa PLC CPU
•	Placa PLC compact flash
•	Placa PLC COM
•	Placa PLC display

Tabela 1 Placas SEPCOS-NG

2.2.1 - Placa PRO CPU

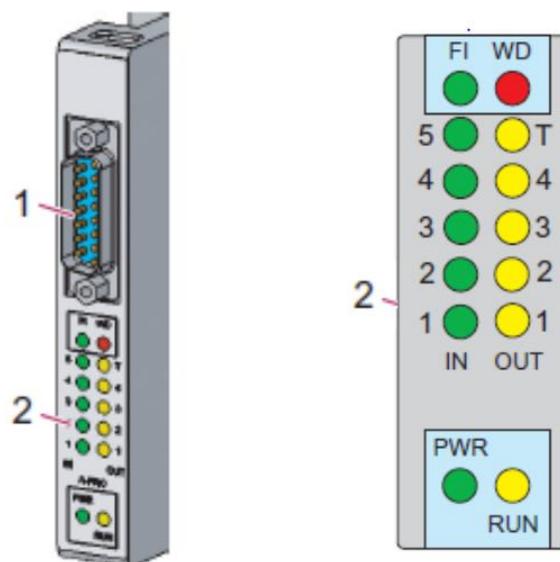


Figura 3 Placa PRO CPU

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



A figura 3 ilustra a placa onde fica a CPU do relé onde são tratados todos os sinais e realizada a interface numérica e processamento de dados sendo dividida em duas partes. Onde na parte indicada com o número 2 representa O conector de comunicação analógica sendo composto de 14 LEDs no total, 6 LEDs verdes ON-OFF dos estados de entrada, 5 LEDs amarelos ON-OFF dos estados de saída, 1 Led vermelho referente ao Watchdog, 1 Led verde (PWR) indicando que a alimentação está adequada para operação e 1 Led amarelo RUN (estados da CPU).

Conforme ilustrado na figura 3 a parte indicado com o numero 1 faz a representação do conector de medições analógicas.

Conforme ilustrado na figura 4, a indicação das 4 entradas analógicas para a medição de tensão e corrente, 2 saídas analógicas para uso de amperímetro ou voltímetro e indicador de LED com os status de entrada e saída.

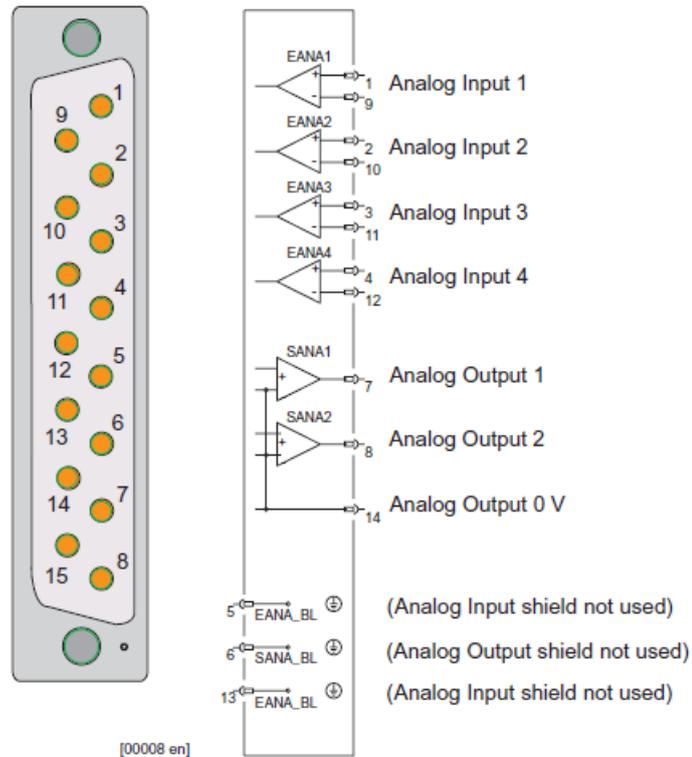


Figura 4 - Conector de Comunicação Analógica

A tabela 2 abaixo descreve a configuração das entradas analógicas do conector de comunicação analógica.

I/O	Descrição configuração DC
Entrada analógica 1	Voltagem de referência de Busbar (LTD-D)
Entrada analógica 2	Voltagem de alimentação
Entrada analógica 3	Corrente de alimentação
Entrada analógica 4	Reserva
Saída analógica 1	Reserva (ou comando do amperímetro)
Saída analógica 2	Reserva (ou comando do voltímetro)

Tabela 2 Tabela I/O para configuração DC

2.2.2 - Placa PRO I/O

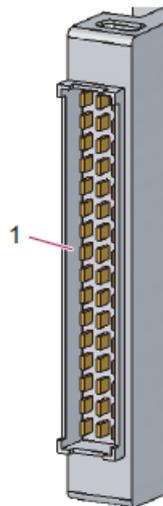


Figura 5 Placa PRO I/O

A Placa PRO I/O ilustrada na figura 5 basicamente tem um conector DIN 41612, que integra as entradas, saídas e interface parcial com a placa PRO CPU. São 6 entradas ON-OFF isoladas que recebem informação do disjuntor HSCB, 5 saídas ON-OFF que enviam comandos para o disjuntor HSCB e 1 saída ON-OFF de transistor verificar funcionamento dessa porta.

2.2.3 - Placa PLC I/O

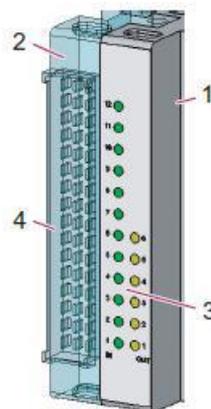


Figura 6 Placa PLC I/O

1. Placa de entrada (placa PLC I/O, de 12 entradas);
2. Placa de saída (placa PLC I/O, de 6 saídas);
3. LED;
4. Conector tipo DIN 41612 com dispositivo de codificação.

Placa PLC I/O indicada na figura 6, é um módulo que possui duas placas. Uma é a placa 6 I/Os de saída e outra com 12 I/Os de entrada indicado na figura 7. Elas trabalham em conjunto para desempenhar o papel de I/O (entrada/saída). Juntas elas realizam a interface digital como a leitura e acionamento dos disjuntores HSCB, o autoteste do equipamento

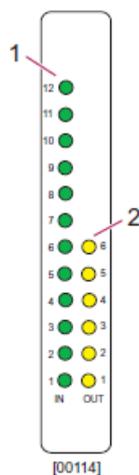


Figura 7 Led de Indicação Placa PLC I/O

1. Status das entradas;
2. Status das saídas.

2.2.4 - Funções De Proteção

Como vimos anteriormente, o SEPCOS-NG é um equipamento de proteção às redes elétricas de transmissão de força DC que monitora e toma ações para garantir a integridade dos equipamentos e de seus operadores seguindo “requisitos de segurança das normas

ferroviárias EN50126, EN50128 & EN50129 de acordo com o nível de integridade de segurança SIL 2.” Estas ações são desempenhadas pelas funções de proteção e controle. Onde as funções de proteção irão detectar falhas durante a operação do sistema, baseados nas configurações inseridas no relé.

As principais funções de proteção utilizadas na CPTM são:

1. **DDL +/- Delta I:** São falhas distantes ou resistivas na rede, que ocorrem quando a corrente permanece abaixo da corrente mínima do disjuntor. A análise se baseia nos parâmetros de Delta I e t (di/dt) e do aumento da corrente no alimentador (If).
2. **DDL +/- DELTA T:** São falhas distantes ou resistivas na rede, que ocorrem quando a corrente permanece abaixo da corrente mínima do disjuntor. A análise se baseia nos parâmetros de Delta I e t (di/dt) e do aumento da corrente no alimentador (If).
3. **IMAX + E IMAX++:** São funções que monitoram a corrente da via, com o intuito de detectar sobrecarga rápida e sobrecarga lenta, que não ultrapassam a corrente máxima do disjuntor. O teste é iniciado assim que o valor de I_{max+} ou I_{max++} é ultrapassado. Logo após é iniciado a contagem de um tempo, t_{I_{max+}} e t_{I_{max++}} respectivamente, caso este tempo expire e a corrente não esteja abaixo dos limites configurados é iniciado um trip

4. **IMAX – E IMAX--:** São funções que monitoram a corrente da via em sentido negativo, com o intuito de detectar sobrecarga rápida e sobrecarga lenta, que não ultrapassam a corrente máxima do disjuntor. O teste é iniciado assim que o valor de I_{max-} ou I_{max--} é ultrapassado. Logo após é iniciado a contagem de um tempo, $t_{I_{max-}}$ e $t_{I_{max--}}$ respectivamente, caso este tempo expire e a corrente não esteja acima dos limites configurados é iniciado um trip

5. **TESTE DE LINHA TIPO D:** É a função que verifica as condições da seção monitorada. Onde é verificado se há condições propícias para funcionamento, antes de ser energizada. É inserido temporariamente contadores para aplicar um pulso com tensão igual à do retificador na catenária através de um resistor, com a corrente medida é feito cálculo para determinar a resistência total (R_x) na linha. No caso do valor da resistência total ser maior que o R_{min} ajustado, há autorização para o fechamento e consequentemente a energização da linha através do *HSCB*. No modo manual esse teste é feito apenas uma vez e no modo automático é feito diversas vezes com um intervalo de retardo entre os testes

3 - GIGA DE TESTES

3.1 - Desenvolvimento

A giga de testes foi desenvolvida de forma que nos permita testar apenas o rele de proteção sepcos simulando suas entradas analógicas e digitais ou realizando um teste conjunto entre rele de proteção e disjuntor alimentador de alta velocidade (HSCB). Para a Montagem tínhamos disponível na CPTM um painel utilizado nos cubículos de tração, uma IHM de interface do Sepcos. Para fazer os acionamentos das entradas digitais utilizamos disjuntores, visto que só precisamos variar o nível lógico para obtermos uma resposta. Para que sua operação seja simples e intuitiva, a montagem foi realizada de modo que fique o mais parecido possível com a situação real no campo, para efeito comparativo na figura 8 pode ser observado o painel frontal e IHM do cubículo alimentador e na figura 9 o compartimento onde o relé fica instalado.



Figura 8 Painel Frontal Cubículo Alimentador

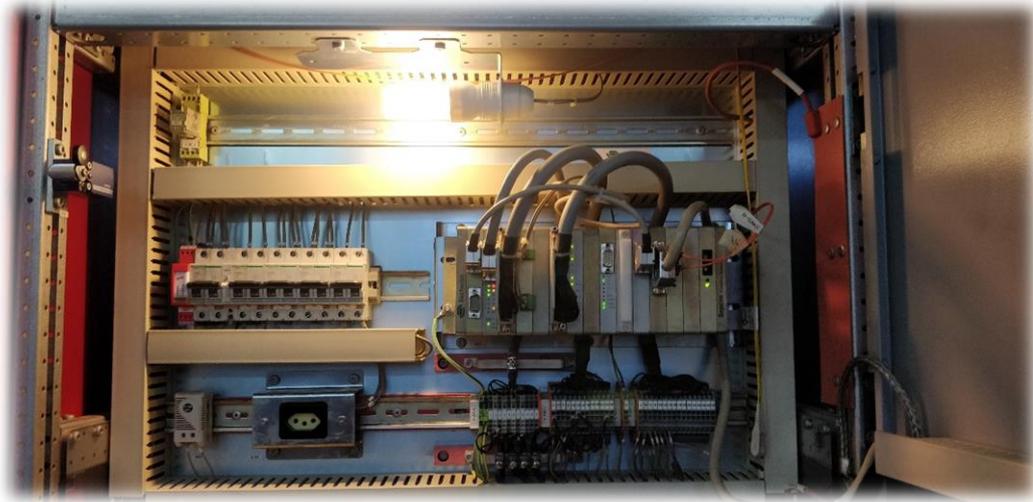
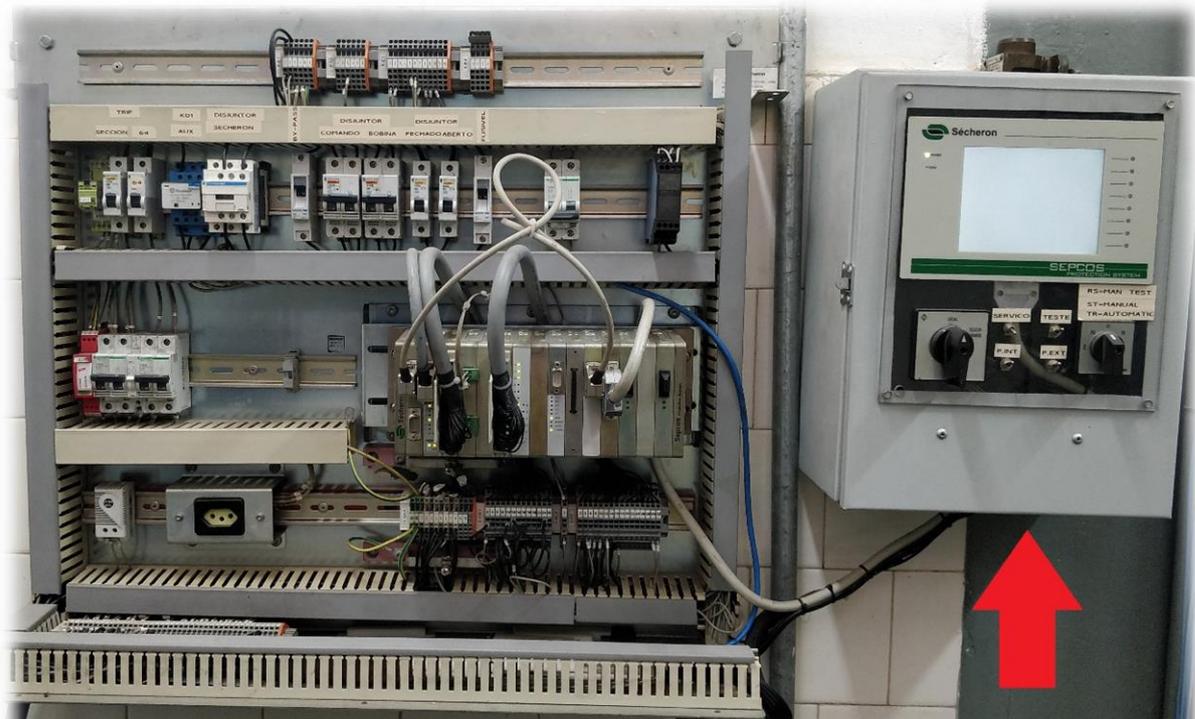


Figura 9 Compartimento relé sepcos

Em nossa montagem, como utilizamos um painel próprio de um cubículo alimentador deixamos a montagem bem semelhante ao equipamento no campo, na figura 10 pode ser observado o painel principal da giga de testes e sua respectiva IHM igual a utilizada na aplicação pratica.



PAINEL PRINCIPAL GIGA DE TESTE

IHM GIGA DE TESTE

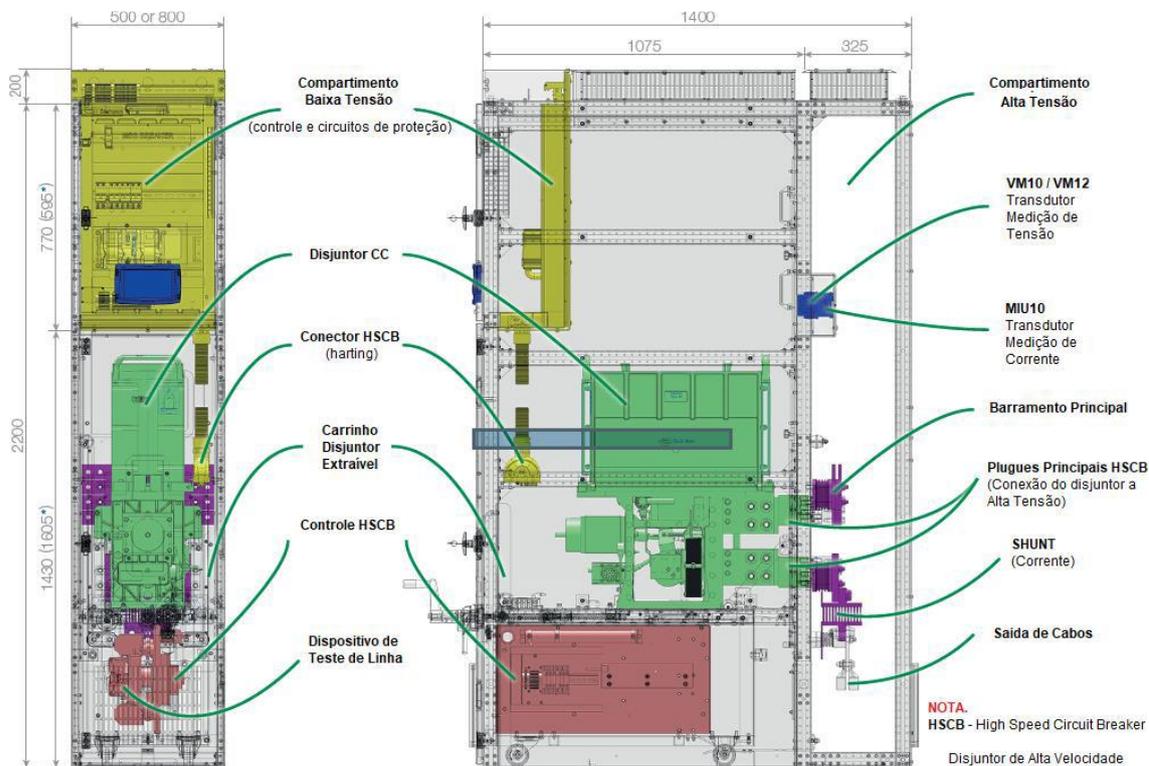
Figura 10 Giga de testes rele sepcos

Como já descrito o rele sepcos trabalha com sinais analógicos e digitais, logo estamos falando de nível lógico 0 ou 1, nível Alto ou Baixo, ou seja, para simulações desses sinais, adotamos mini disjuntores que estão ligados diretamente nas entradas digitais referentes as funções que desejamos testar, na figura 11, pode ser observado com mais detalhes essa ligação.



Figura 11 Mini Disjuntores para Simulações de entradas digitais

No Sistema Elétrico de tração da CPTM o rele Sepcos é instalado em um cubículo alimentador conforme ilustrado na Figura 12, sendo que o mesmo possui diversos sensores e dispositivos de segurança e intertravamento, que enviam sinais para as entradas digitais monitoradas pelo Sepcos.



* For 3600 VDC cubicle.

Figura 12 - Cubículo Alimentador

3.1.1 - Funcionamento Das Entradas Digitais

Os cubículos possuem duas portas na parte traseira, elas são denominadas porta externa e interna, sendo a primeira quando aberta, envia um sinal por meio de um sensor do tipo fim de curso na entrada digital do relé sepcos gerando apenas um aviso, e a segunda quando aberta, caso o circuito esteja ligado a alta tensão, o relé envia um sinal para desligar toda a alimentação do cubículo que o sensor está instalado e também dos adjacentes para proteção imediata. Para simular esses sensores fim de curso de porta, visto que se trata apenas de um sinal de nível lógico 0 ou 1 para o relé, acionamos nosso disjuntor variando assim o nível lógico

nos permitindo verificar o funcionamento do sinal das portas enviadas ao rele, sendo possível detectar qualquer anormalidade que impossibilitaria a atuação dessa proteção.

Os demais dispositivos de segurança e Intertravamento existentes no cubículo são:

- **Posição de Chave Seccionadora:** Intertravamento responsável para garantir que a chave seccionadora de saída da subestação não seja aberta ou fechada sob carga.
- **Rele 64 Fuga a Terra:** Relé responsável pelo monitoramento de qualquer falta terra provenientes dos cubículos e retificadores, enviando um sinal de trip na ocorrência de uma falha.
- **Trip Mecânico:** Botão mecânico localizado na porta dianteira do cubículo, para que na operação de retirada ou inserção do disjuntor no cubículo, o mesmo esteja desligado.
- **Condição Fusível Teste de Linha:** Microswitch responsável por enviar um sinal ao relé sepcos quando o fusível estiver queimado, impossibilitando a execução deste teste.

Sempre simulados da mesma forma através da variação de nível lógico na entrada digital, visto que os reais dispositivos ao serem acionados sempre enviam sinais de nível lógico para o relé sepcos.

3.1.2 - Funcionamento Das Entradas Analógicas

O rele sepcos possui quatro entradas analógicas que recebem sinais por meio de transdutores de corrente e tensão nas faixas de 4-20mA e 0-10 V, esses sinais servem para indicar a presença de tensão no barramento de entrada e saída, corrente no disjuntor e falha de isolamento de cabos, a figura 13 representa essa configuração.

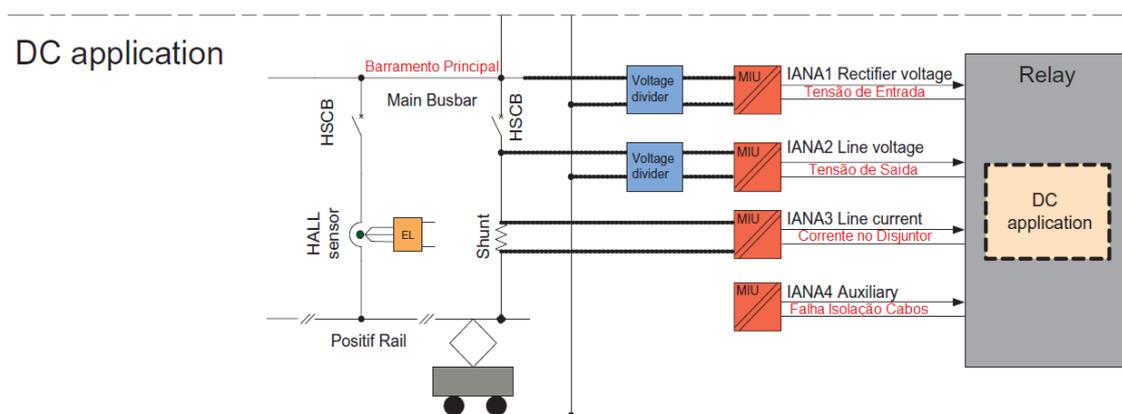


Figura 13 – Representação Entradas Analógicas Relé Sepecos

Para realizarmos testes de entradas analógicas, que são funções relativas as proteções, ou seja, detecção de sobrecorrente, corrente de curto-circuito, teste de via, falha de isolamento de cabos, corrente reversa, tensão de barra e de linha, utilizamos um aparelho chamado “Medidor/Calibrador” U1401B” ilustrado na figura 14, ele faz medições e gera parâmetros para calibração de outros aparelhos. Trabalhando com as grandezas (tensão, corrente, resistência e etc.). Mas com maior flexibilidade em outros pontos, como na geração de corrente contínua onde temos a opção de selecionar a amplitude e o tempo entre os passos.



Figura 14 - Medidor Calibrador

3.2 - Operação Giga De Testes

A giga de testes nos permite realizar diversos testes, simulando situações reais do sistema de tração, podemos destacar duas situações de testes mais rotineiras que utilizamos.

1. **Situação:** Teste do rele de proteção sem o disjuntor de alta velocidade (HSCB)

Neste tipo de teste o objetivo é verificar o funcionamento do rele sepcos e suas funções de proteção e intertravamento logo para que o rele funcione utilizamos um contator na função do disjuntor de alta velocidade simulando assim seu funcionamento, nesta situação podemos destacar a importância dessa giga, pois podemos realizar um teste em ambiente de laboratório, sem riscos elétricos de alta tensão, reproduzindo de maneira fiel o que acontece no campo, isso representa muita segurança para a equipe de manutenção.

Os principais testes aplicados nessa modalidade são:

- Posição disjuntor Inserido/Extraído

- Fusível Teste de via
- Intertravamento de portas externas e internas
- Funções de proteção do sepcos

Na figura 15 pode ser observado a aplicação de um sinal analógico de baixa intensidade na ordem de mA ou mV no rele sepcos utilizando o medidor calibrador, logo podemos simular a função dos transdutores de tensão e corrente (já representados na figura 13) responsáveis pelos sinais de medição, onde na aplicação real no campo estão ligados a alta tensão.



Figura 15 Sinal Analógico aplicado no sepcos

Podemos demonstrar também o funcionamento dos testes de entradas digitais, por exemplo na figura 16 pode ser observado a atuação de uma proteção de sobrecorrente denominada “Imax +”, na figura 17 vemos o teste de posição de disjuntor de alta velocidade (HSCB).



Figura 16 Teste de Proteção

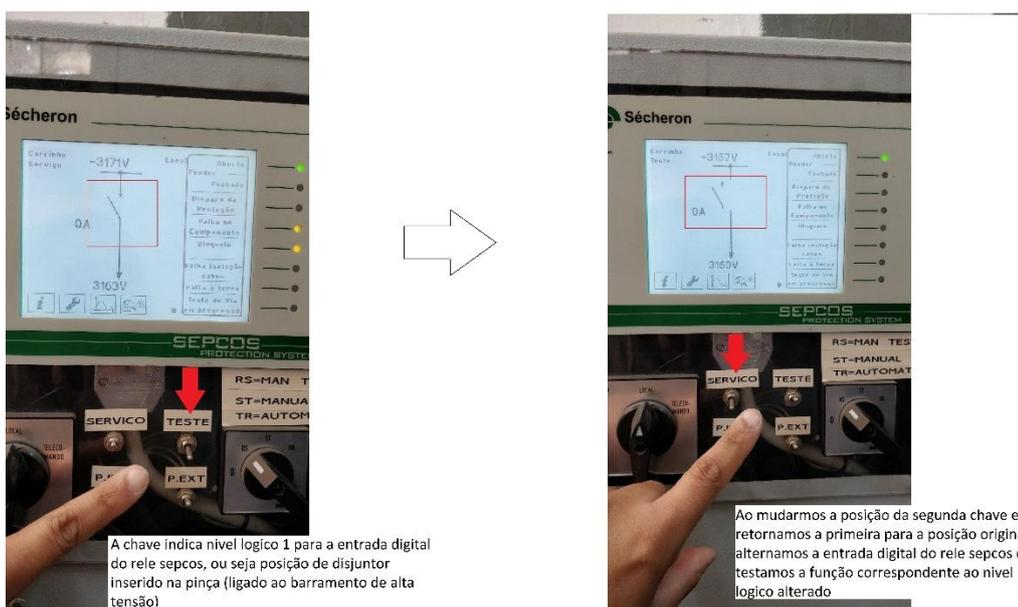


Figura 17 Teste Posição de Disjuntor

Podemos demonstrar inúmeras situações diferentes e realizar um teste completo do rele sepcos, abrangendo praticamente todas as funções existentes nele.

2. **Situação:** Teste do Rele Sepcos em Conjunto com o Disjuntor de alta velocidade (HSCB)

Neste tipo de teste o objetivo é testar o funcionamento do conjunto rele e disjuntor, nessa modalidade podemos simular praticamente em sua totalidade o sistema em sua aplicação real no cubículo alimentador.

Os principais testes aplicados nessa modalidade são

- Teste de Via com Tensão 3kvcc (via Hipot ou Megometro)
- Posição disjuntor de alta velocidade inserido/extraído
- Transdutores de corrente do disjuntor de alta velocidade
- Atuação da proteção do sepcos com disjuntor de alta velocidade

Para que seja possível realizar os testes com disjuntor de alta velocidade, nossa giga de teste possui a mesma tomada utilizada nos cubículos alimentadores, tornando assim possível a utilização dos mesmos disjuntores utilizados na aplicação pratica, conforme indicado na figura 18.

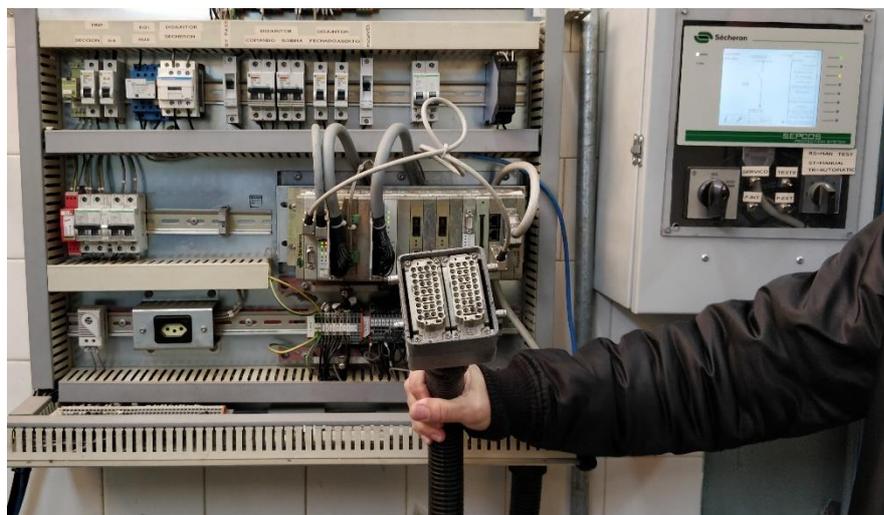


Figura 18 Tomada disjuntor de alta velocidade

Na figura 19 podemos observar a utilização do disjuntor de alta velocidade na giga de testes.

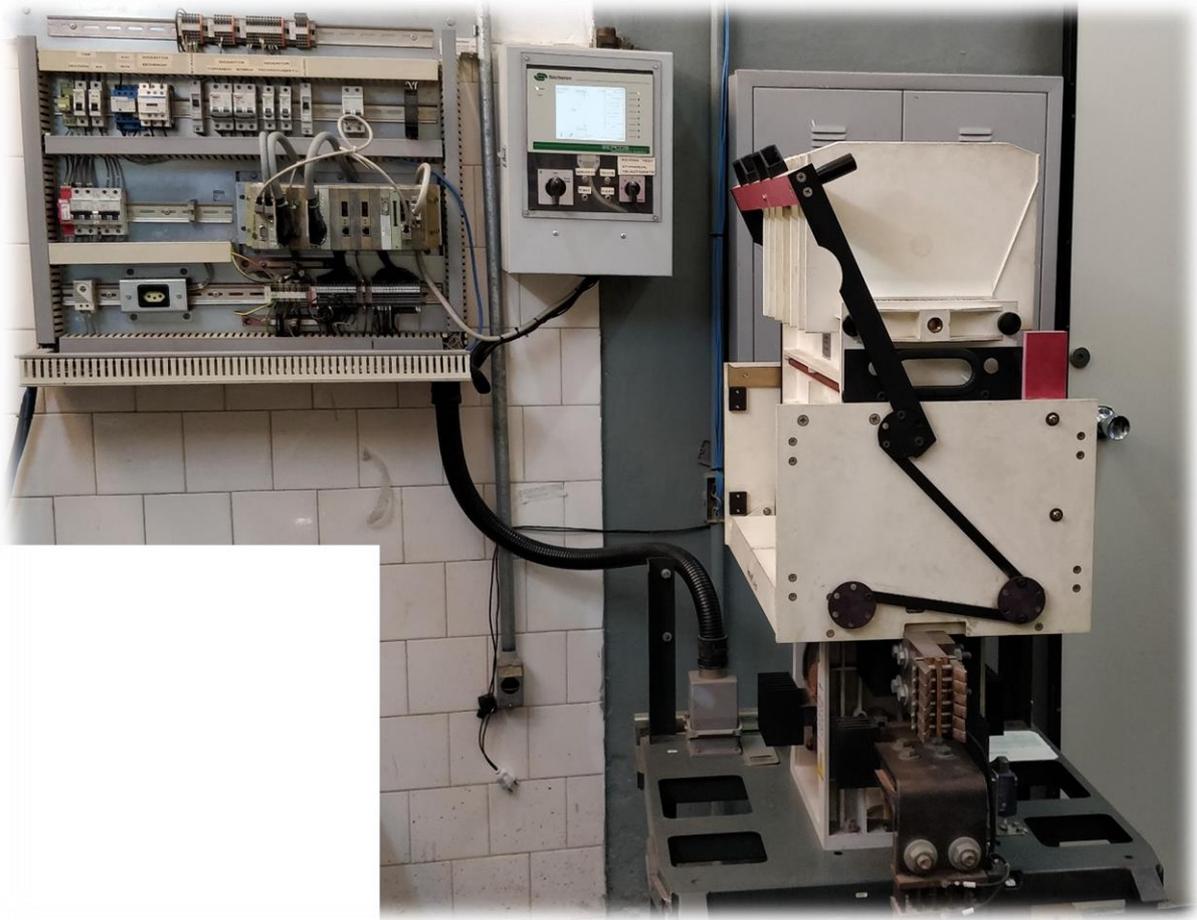


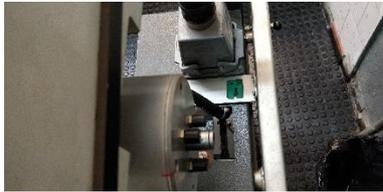
Figura 19 Giga de Testes com Disjuntor de Alta Velocidade

Os mesmos testes descritos na primeira situação podem ser realizados em conjunto com o disjuntor de alta velocidade, a diferença nesse caso é que alguns sensores são acionados diretamente no carrinho do disjuntor (HSCB).

Para efeito demonstrativo podemos observar na figura 20 o teste de posição do disjuntor só que dessa vez, fazendo a mesma operação realizada no cubículo alimentador.

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



Disjuntor Lixtraído sinalizado na II IM da giga de testes



Disjuntor em posição de transição, logo a giga de teste fica sem referência se a entrada digital esta com nível alto ou baixo



Disjuntor em posição de inserido no barramento sinalizado na II IM da giga de testes



Figura 20 Representação Posição Disjuntor de alta velocidade (HSCB)

4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

O principal ganho na montagem desta giga de testes é a possibilidade de reparos e ajustes dos reles SEPCOS em bancada uma vez que o mesmo pode ser retirado e substituído rapidamente do cubículo de 3kVcc, a manutenção obteve os seguintes ganhos:

- Configuração de Parâmetros;
- Atualizações de Firmware;
- Back-up e testes de programações;
- Testes de Entradas digitais e analógicas com calibrador de processos;
- Testes do Conjunto SEPCOS e Disjuntor;
- Treinamento do Rele SEPCOS.
- Aumento da disponibilidade dos disjuntores de 3kVcc para alimentação do sistema
- Flexibilização nos intervalos destinados para manutenção preventiva dos reles SEPCOS;
- Redução no tempo de atendimento de falhas nos sistemas de 3kVcc;
- Multiplicar informações referentes a serviços relacionados com reles SEPCOS.

Salientamos que já foram reparados 20 reles Sepcos em operação (22,47% do total de Sepcos instalados).

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA 7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



- Valor estimado de reparo de 01 SEPCOS NG: R\$ 60.000,00
- Valor estimado de economia para a CPTM: R\$ 1.200.00,00

5 - CONCLUSÃO

Ao realizarmos pesquisas sobre o assunto, podemos comprovar o quão importante são os testes dos parâmetros inseridos em um relé de proteção. O funcionamento inadequado, gera um impacto direto no fornecimento de energia para os trens, gerando atrasos para os usuários do sistema e acarretando diversos problemas, alguns podendo ser irreparáveis.

Através de nossa rotina de trabalho começamos a analisar como poderíamos aprimorar a forma de como podemos realizar estes testes, visando a segurança e a qualidade deste procedimento.

A partir dessas pesquisas, iniciamos o desenvolvimento do nosso trabalho, o qual foi imprescindível, aliarmos a situação problema, com nossos conhecimentos adquiridos ao longo da nossa experiência profissional alinhado com nossos conhecimentos acadêmicas.

Conseguimos compreender que o desenvolvimento de uma solução de caráter específico, e de grande importância para a garantia de um funcionamento pleno e seguro do sistema elétrico.

Mesmo com as adversidades ao desenvolvimento, podemos chegar em uma Giga de Teste, capaz de realizar esse procedimento comum e de grande importância dentro de nosso ramo de atuação, com maior exatidão, rapidez e qualidade.

Contudo, o desenvolvimento desse projeto foi muito gratificante para nós integrantes do grupo, pois reunimos nossas capacidades individuais e conseguimos realizar com êxito, a execução de nosso projeto, perante a situação analisada.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SÉCHERON. **Catálogo técnico Sécheron High-speed circuit breaker panels heavy duty.**
- Energia Elétrica. **TRENSURB.** Disponível <http://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=114>. Acesso: 04 de setembro de 2019
- Norma ferroviária estabelece tensão alimentação subestação tração EN 50163-Railway applications-Supply voltages of traction systems. **Global Spec.** Disponível <<https://standards.globalspec.com/std/1607334/EN%2050163>> Acesso: 14 de setembro 2019
- Norma IEC 60850 - Railway applications – Supply voltages of traction systems. **Global Spec.** Disponível <<https://standards.globalspec.com/std/9881361/iec-60850>>. Acesso: 14 de setembro 2019
- HSCB. **Sécheron.** Disponível <<https://www.Sécheron.com/products-solutions/tps/estra/hscb-panels/>>. Acesso 22 de Setembro de 2019
- Disjuntores, **Wikipédia.** Disponível <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Disjuntor>>. Acesso 22 de Setembro de 2019

26ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA
7º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS



- Transdutor – Varitrans P-42000, **Knick**. Disponível <https://www.knick-international.com/pt_BR/products/proline/high-voltage-transducers/varitrans-p-42000/index.html>. Acesso 28 de Setembro de 2019
- Calibrador. **Keysight**. Disponível < <https://www.keysight.com/en/pd-1766005-pn-U1401B/handheld-multi-function-calibrator-meter?cc=BR&lc=por>>. Acesso 28 de Setembro de 2019