

Antônio Sérgio Silva Matos

**Sistema Supervisório aplicado a subestações
digitais**

UBERLÂNDIA

2020

Antônio Sérgio Silva Matos

Sistema Supervisório aplicado a subestações digitais

Trabalho de Conclusão de Curso da Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Uberlândia - UFU - Campus Santa Mônica, como requisito para a obtenção do título de Graduação em Engenharia de Controle e Automação

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Renato Santos Carrijo

UBERLÂNDIA
2020

Silva Matos, Antônio Sérgio

Sistema supervisorio aplicado a subestações digitais/

Antônio Sérgio Silva Matos. - **UBERLÂNDIA, 2020**- 70 p. :
il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Renato Santos Carrijo

Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Faculdade de Engenharia de Controle e Automação. **2020.**

Inclui bibliografia.

1. Subestação. 2. Digitalização. 3. IHM. 3. Sistema Supervisorio. I. Renato Santos Carrijo. II. Universidade Federal de Uberlândia. III. Faculdade de Engenharia Elétrica. IV. Engenharia de Controle e Automação.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação
 Av. João Naves de Ávila, 2121 - Bairro Santa Mônica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: -



ATA DE DEFESA - GRADUAÇÃO

Curso de Graduação em:	Engenharia de Controle e Automação				
Defesa de:	Trabalho de Conclusão de Curso - FEELT32902				
Data:	02/10/2020	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	09:00
Matrícula do Discente:	11421EAU011				
Nome do Discente:	Antônio Sérgio Silva Matos				
Título do Trabalho:	Sistema Supervisório aplicado a subestações digitais				

Reuniu-se, por meio de videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, assim composta: Prof(a). Dr(a). Josué Silva de Moraes - FEELT/UFU; Prof(a). Dr(a). Renato Ferreira Fernandes Junior - FEELT/UFU; Prof(a). Dr(a). Renato Santos Carrijo - FEELT/UFU - orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos, o(a) presidente da mesa, Prof(a). Dr(a). Renato Santos Carrijo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao(à) discente a palavra, para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do curso.

A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a) sem nota

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Renato Santos Carrijo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/10/2020, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Renato Ferreira Fernandes Junior, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/10/2020, às 10:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, §



1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Josué Silva de Morais, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/10/2020, às 15:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2284350** e o código CRC **BED1C898**.

*Dedico este trabalho a
minha família que
esteve presente em
todas as etapas da
minha graduação,
sempre me apoiando.*

Agradecimentos

Antes de tudo, gostaria de agradecer à minha mãe Tereza Christina da Silva Matos, meu pai Antônio Sérgio de Matos, minha irmã Maria Fernanda Silva Matos e meu irmão Luís Guilherme Silva Matos por todo apoio, carinho e incentivo durante minha graduação.

Gostaria de agradecer à Siemens por me dar a oportunidade de realizar meu projeto de final de estudo no serviço Digital Grid.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Dr. Renato Santos Carrijo, pelo seu tempo, paciência e ensinamentos durante a realização deste trabalho.

Além disso, gostaria de agradecer a todos meus amigos por terem me acompanhado neste período.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota no oceano. Mas sem ela o oceano seria menor.”,
(Madre Teresa de Calcutá)*

Resumo

As subestações são componentes integrais das redes de energia, conectam redes elétricas de diferentes níveis de tensão e sua função de controle e coordenação é de vital importância para a estabilidade do sistema como um todo. Sua digitalização é um passo decisivo para moldar com sucesso a transformação dos sistemas de energia.

Um dos motivos que leva a digitalização de uma subestação reside no fato de que esta etapa permite uma operação de uma maneira muito mais econômica ao longo do seu ciclo de vida, do planejamento de operação ao serviço. Uma subestação digitalizada também aumenta a disponibilidade, confiabilidade e sustentabilidade de toda a fonte de alimentação.

Uma parte extremamente importante e que integra todo o processo de digitalização das subestações é o sistema supervisor; sistema que permite a interação do operador com toda a estrutura da subestação, além da supervisão da mesma, incluindo supervisão dos equipamentos elétricos e mecânicos constituintes da rede, dos sensores e alarmes.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento do sistema supervisor de uma subestação digital.

O desenvolvimento desse sistema engloba a criação e modificação das visualizações, garantindo ao operador, uma maior facilidade para utilização e visualização da representação da subestação como um todo. Além disso, o trabalho apresenta os testes realizados para garantir o bom funcionamento de determinadas funções criadas na IHM.

Palavras-chave: Subestação. Digitalização. IHM. Sistemas Supervisórios.

Abstract

Substations are an integral component of power grids, they connect electrical grids of different voltage levels, and their control and coordination function is vitally important for the stability of the system as a whole. Its digitization is a decisive step in successfully shaping the transformation of energy systems.

One reason for digitizing a substation is that it allows for much more cost-effective operation over its lifecycle - from planning and operation to service. A digitized substation also increases the availability, reliability and sustainability of the entire power supply.

An extremely important part that integrates the entire digitalization process of the substations is the supervisory system; system that allows the interaction of the operator with the entire structure of the substation, in addition to its supervision, including the supervision of the electrical and mechanical equipment constituting the network, sensors and alarms.

The present work presents the development of the supervisory system for a digital substation.

The development of this system involves the creation and modification of the visualizations, guaranteeing the operator, greater ease of use and visualization of the representation of the substation as a whole. In addition, the work presents the tests carried out to guarantee the proper functioning of certain functions created in the HMI.

Keywords: Substation. Digitalization. HMI. Supervisory System.

Lista de figuras

Figura 1 - Arquitetura do Process Bus utilizando a norma IEC 61850	25
Figura 2 - Vista inicial	32
Figura 3 - Imagem Vista_unifilar	34
Figura 4 - Esquemático das especificações de cada poste elétrico	35
Figura 5 - Imagem do compartimento H de ASNIERES1 da Vista de monitoramento SF6	37
Figura 6 - Vista de medidas elétricas do poste TR631	40
Figura 7 - Diagrama para a realização da comunicação entre o WinCC e os equipamentos	42
Figura 8 - Omicron	43
Figura 9 - Injeção de corrente com o Omicron.....	43
Figura 10 - Vista de medidas elétricas de ASNIERES1.....	44
Figura 11 - Vista de medidas elétricas de FALLOU4.....	44
Figura 12: Vista PSL-DLR de ASNIERES1	46
Figura 13: Vista do sistema de proteção.....	48
Figura 14: Visualização do sistema de manutenção.....	48
Figura 15: Vista da malha HSR1 F4.....	49
Figura 16: Vista da malha HSR2 A1	49
Figura 17: Vista do sistema proteção diferencial de barramento	50
Figura 18: Vista do sistema de monitoramento	50
Figura 19: Imagem do teste com o valor da pressão igual a 3,616 bar em relativo	53
Figura 20: Imagem do teste com o valor da pressão igual a 4,734 bar em relativo	53
Figura 21: Imagem do teste com o valor da pressão igual a 5,028 bar em relativo	54
Figura 22 - Imagem do teste com um valor de umidade igual a 100 ppmw	56
Figura 23 - Imagem do teste com um valor de umidade igual a 125 ppmw	56
Figura 24 - Imagem do teste com um valor de umidade igual a 230 ppmw	57
Figura 25 - Imagem de teste da vista unifilar mostrando a cor dos botões A e H em vermelho (alarme).....	59
Figura 26 - Imagem de teste da vista unifilar mostrando a cor dos botões A em cinza (sem alarme) e do H em vermelho (alarme).....	59
Figura 27 - Imagem de teste da vista unifilar mostrando a cor dos botões H em cinza (sem alarme) e do A em vermelho (alarme).....	60
Figura 28 - Imagem de teste dos valores do compartimento A da seção de ASNIE1.....	62

Figura 29 - Imagem de teste dos valores do compartimento H da seção de ASNIE1	62
Figura 30 - Vista de arquivos do compartimento A de ASNIE1	64
Figura 31 - Seleção da curva na vista de arquivos do compartimento A de ASNIE1	65
Figura 32 - Seleção do período na vista de arquivos do compartimento A de ASNIE1	65
Figura 33 - Vista selecionada do compartimento A de ASNIE1	66
Figura 34 - Capacidade total usada na pasta “ArchiveManager”	68
Figura 35 - Capacidade total usada na pasta “AlarmLogging”	69
Figura 36 - Capacidade total usada na pasta “TagLoggingFast”	69
Figura 37 - Capacidade total usada na pasta “TagLoggingSlow”	70
Figura 38 - Imagem na IHM da visualização ASNIERES1 com um valor de 27 segundos para o momento de disparo	72
Figura 39 - Imagem do PQ Analyzer do dispositivo ASNIERES1 CALT com disparos de 27, 41 e 36 segundos	73
Figura 40 - Imagem do PQ Analyzer do dispositivo ASNIERES1 CALT com disparos todos os dias	74
Figura 41 - Imagem IHM da visualização ASNIERES1 com um valor atual igual a 100 A	75
Figura 42 - Imagem do PQ Analyzer do dispositivo ASNIERES1 CALT com o disparo do limite de corrente	75
Figura 43 - Vizualização do TOP5 no início	77
Figura 44 - Vizualização do TOP5 com valores alterados antes da atualização	78
Figura 45 - Vizualização do TOP5 com valores alterados depois da atualização	78

Lista de tabelas

Tabela 1 - Tabela com especificações do cliente para a visualização SF6	36
Tabela 2 - Configurações usadas para cálculo de armazenamento das medidas SF6	68
Tabela 3 - Cálculo da frequência de arquivamento	68

Lista de Abreviaturas e Siglas

Atm	<i>atmosfera</i>
BP	<i>Baisse Presion</i>
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
CR	<i>Compliment Remplissage</i>
CT	<i>Courant Transformer</i>
DFE	<i>Document Fiche d'Essai</i>
DLR	<i>Dynamic Line Rating</i>
DANH	<i>Dual Attached Node for HSR</i>
DANP	<i>Dual Attached Node for PRP</i>
FIFO	<i>first in first out</i>
GOOSE	<i>Generic Object Oriented Substation Event</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
hPa	<i>Hectopascal</i>
HSR	<i>High Availability Redundancy Seamless</i>
IEC	<i>International Eletrotechnical Commision</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>
IEEE	<i>Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos</i>
IHM	<i>Interface Homem Máquina</i>
IRIG-B	<i>Inter Range Instrumentation Group</i>
kV	<i>Kilovolt</i>
MB	<i>MegaByte</i>
MIB	<i>Management Information Base</i>
MMS	<i>Manufacturing Message Specification</i>
Mo	<i>Méga-octet</i>
MU	<i>Merging Unit</i>
NCIT	<i>Non-Conventional Instrument Transformer</i>
NTP	<i>Network Time Protocol</i>
Ppmw	<i>parts per million weight</i>
PPS	<i>Pulso por segundo</i>
PQ	<i>Power Analyzer</i>
PRP	<i>Parallel Redundancy Protocol</i>

PSC	<i>Protection Surchage Câble</i>
PTP	<i>Precision Time Protocol</i>
RAM	<i>Random-Access Memory</i>
ROM	<i>Read-Only Memory</i>
RTE	<i>Réseau de Transport d'Électricité</i>
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>
SAMU	<i>Stand Alone Merging Unit</i>
SAN	<i>Single Attached Nodes</i>
SAS	<i>Substation Automation System</i>
SCADA	<i>Supervisory control and data acquisition</i>
SFC	<i>Sequential Function Chart</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
SV	<i>Sampled Value</i>
UTC	<i>Coordinated Universal Time</i>
VT	<i>Voltage Transformer</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	18
1.1.	Justificativa:.....	19
1.2.	Objetivos	19
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	20
2.1.	Automação e digitalização de subestações:.....	20
2.2.	Protocolos e normas.....	22
2.2.1.	Norma IEC 61850.....	22
2.2.2.	Mensagem GOOSE.....	22
2.2.3.	Mensagem MMS e SV.....	22
2.2.4.	PRP e HSR.....	23
2.2.5.	NTP e PTP.....	24
2.2.6.	Protocolo SNMP.....	24
2.3.	Process Bus.....	25
2.4.	O gás SF6.....	26
2.5.	Fibra ótica	27
2.6.	Ferramentas utilizadas.....	27
2.6.1.	DIGSI 5 e Relé de proteção SIPROTEC 5.....	27
2.6.2.	DIGSI 4.....	27
2.6.3.	MU para NCIT.....	28
2.6.4.	MU para CT e VT convencional	28
2.6.5.	Configurador 61850.....	28
2.6.6.	PROCONF.....	28
2.6.7.	TOOLBOX II.....	29
2.6.8.	SICAMPAS.....	29
2.6.9.	SICAM SCC/ WINCC.....	29
2.6.10.	Controlador Lógico Programável.....	30
2.6.11.	RSG 2488.....	30
2.6.12.	RED BOX.....	30
2.6.13.	RS 9000.....	31
2.6.14.	RS 401.....	31
2.6.15.	RMC 40.....	31
2.6.16.	A 8000.....	31
2.6.17.	GPS.....	31
3.	METODOLOGIA.....	32
3.1.	Vista Inicial:.....	33

3.2. Vistas Unifilares:	35
3.3. Vista de monitoramento SF6	36
3.4. Vista de medidas elétricas	41
3.5. Vista das seções ASNIERES1, FALLOU4 e FALLOU4b:.....	42
3.6 Função PSC e DLR de ASNIERES1:.....	46
3.7 Vistas do Sistema:	48
4 EXPERIMENTOS E RESULTADOS	52
5 ANÁLISE CRÍTICA	80
6 CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS	83
ANEXOS.....	85

1 Introdução

Grandes avanços em setores como o da eletrônica digital, da tecnologia da informação e da informática trouxeram inúmeros progressos para a humanidade. Além disso, outro setor que apresenta um crescente desenvolvimento é a engenharia elétrica acompanhada pelos avanços tecnológicos das subestações de energia elétrica.

Uma subestação de energia elétrica é uma instalação composta por um conjunto de equipamentos de manobra e transformação de tensão. Esses equipamentos garantem à subestação a possibilidade de compensar reativos, possibilitando um melhor direcionamento do fluxo de energia e uma melhor qualidade de distribuição e transmissão da mesma. Além disso, uma subestação de energia elétrica é equipada de equipamentos de proteção que permitem detectar diferentes tipos de falhas no sistema e isolar os trechos onde elas ocorrem (BOZZI; FERREIRA, 2011).

Compreendem-se como Sistemas de Automação de Subestações um sistema que permite a supervisão de gestão e controle de sistemas de energia elétrica. Esses sistemas são formados pelos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes IED's conectados de maneira a partilhar informações em alta velocidade, através da Rede Local de Comunicação (CARDOSO, 2013).

Os Sistemas de Automação de Subestações eram formados de equipamentos de diferentes fabricantes com diferentes tipos de protocolo de comunicação entre eles. A evolução da automação e da computação possibilitou que esses equipamentos fossem substituídos pelos Dispositivos Eletrônicos Inteligentes IED's e permitiu também a criação, utilização e evolução da norma IEC 61850 responsável por padronizar os protocolos de comunicação.

Os principais motivos que levam à necessidade de automatização de uma subestação são a necessidade da melhoria da qualidade na transmissão da energia elétrica, a redução do tempo de interrupções no fornecimento de energia elétrica e em uma maior segurança de pessoas e de investimentos.

A digitalização das subestações é também, uma etapa decisiva para transformar com sucesso os sistemas de energia e usá-los com muito mais economia ao longo de seu ciclo de vida, do planejamento à manutenção, incluindo a operação. Uma subestação digital permite uma redução no custo operacional e no sistema de manutenção com a utilização de tecnologias como o "*Process Bus*", a norma IEC 61850 e a fibra ótica.

1.1 Justificativa

O projeto de experimentação é responsável pela digitalização de uma subestação (225/63kV) equipada com 13 postes elétricos na região de Paris. Esse projeto surgiu da vontade da RTE e da SIEMENS em obter uma transformação elétrica mais inteligente das subestações.

Outro fator importante para as subestações automatizadas e digitais é o sistema supervisório. Um Sistema Supervisório faz parte e é de vital importância para grande parte dos sistemas de automação de processos. O Sistema Supervisório tem como objetivo principal fornecer uma interface amigável aos operadores do processo. Diante de tal necessidade e importância, foi necessário o desenvolvimento de um sistema supervisório para a subestação permitindo ao operador uma interação e supervisão do sistema de uma forma simples e rápida.

1.2 Objetivos

O projeto possui como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema supervisório para a subestação digital utilizando o SIMATIC WinCC.

Além do desenvolvimento da parte visual e técnica do sistema supervisório, o projeto incluiu a realização de testes para validar as funções do sistema e a documentação, em francês e na forma de DFE, de todo o procedimento realizado durante os testes.

2 Fundamentos Teóricos

Neste tópico serão embasadas algumas teorias principais cujo conhecimento é necessário para uma melhor compreensão do desenvolvimento realizado. Além disso, neste tópico serão descritos os equipamentos físicos e as ferramentas de softwares utilizados no projeto e suas respectivas funções.

2.1 Automação e digitalização de subestações

O maior desafio que as subestações de energia elétrica enfrenta é de manter ambos, o fornecimento e a entrega de energia de qualidade. Assim, procurando sempre manter o fornecimento de energia de uma forma constante, rápida e eficiente existe a necessidade de criar um sistema de supervisão de gestão, controle de sistemas de distribuição, de proteção, de medição e de comunicação. A junção desses equipamentos é que forma o sistema de automação de subestações.

Dessa forma, para que uma subestação seja automatizada é preciso que todos os equipamentos, de proteção, comando, supervisão e controle estejam conectados em rede para que ocorra a comunicação entre eles.

Os sistemas de automação de subestações (SAS) são compostos por relés de proteção, controladores, redes de comunicação, gateways para facilitar a integração com o sistema SCADA, registradores de perturbações, medidores, unidades de medição sincronizada de fasores, estações de engenharia local e remota e uma IHM local (KREUTZ, 2014).

Além dos dispositivos citados acima, outro dispositivo que tem sido utilizado cada vez mais nas subestações é o IED.

Os IEDs são unidades multifuncionais para a proteção, controle, automação, medição e monitoramento dos sistemas elétricos, permitindo a concepção de lógicas de intertravamento e bloqueio, ou seja, funcionalidades em uma única caixa ou funcionalidades em dispositivos diferentes (SANTOS et al, 2015).

A digitalização de subestações é um processo cada vez mais comum. A parte inicial para o seu desenvolvimento foi a digitalização do nível da estação. Essa digitalização ocorreu com a difusão da comunicação baseada na Ethernet fruto da implementação da norma IEC 61850 introduzida pela *International Electrotechnical Commission*. A norma IEC 61850 está

em constante desenvolvimento e permite a troca de informações via Ethernet para proteção, monitoramento, controle e medição, além de garantir a comunicação entre equipamentos de diferentes fabricantes.

A próxima etapa no progresso da digitalização da subestação foi a digitalização do nível de processo garantida pela introdução do NCIT, da comunicação “*Process Bus*” e do constante desenvolvimento da norma IEC 61850. A combinação de tecnologia de comunicação de alto desempenho e disponibilidade baseada na tecnologia de fibra óptica e no uso de tecnologias de redundância como PRP e HSR permite às subestações aplicações de tempo críticas.

A partir da digitalização dos dados de uma subestação várias operações podem ser realizadas e aprimoradas garantindo um maior desempenho e segurança dos próprios dados da subestação, além das pessoas e do investimento.

Um dos aspectos desenvolvidos e aprimorados pela subestação digital é o gerenciamento de ativos; o gerenciamento de ativos é baseado em dados e informações coletados digitalmente que descrevem a condição técnica e financeira de equipamentos e instalações. Os dados coletados permitem uma redução de custos no ciclo de vida de uma subestação, além de aumentar sua disponibilidade e proteção. Esse conjunto garante que o valor de cada investimento se mantenha o mais alto possível durante o ciclo de vida do ativo.

Outra operação a ser aprimorada é a cibersegurança. Uma maior rede de sistemas e protocolos de comunicação mais padronizados garantem uma operação eficiente; entretanto, todos esses desenvolvimentos tornam a rede mais vulnerável e conseqüentemente, aumentam a necessidade de um sistema de cibersegurança; esse sistema é responsável pela proteção da infraestrutura e dos processos industriais contra ataques direcionadas da Internet.

A operação de rede garante uma disponibilidade de energia quando e onde necessário. É um processo que permite um monitoramento eficiente das redes de distribuição e transmissão de energia, previne paradas e aumenta a disponibilidade, valida as configurações de proteção e assegura a qualidade da rede.

Outro aspecto importante para o desenvolvimento de uma subestação digital é a engenharia integrada. A engenharia integrada é baseada na troca de dados digitais entre operadores de rede e fornecedores, mas também durante todo o processo do fornecedor, desde o planejamento de sistemas, engenharia e parametrização até testes e comissionamento. Esse processo reduz significativamente o tempo de operação, proporciona uma disponibilidade rápida de dados, uma melhora na qualidade do sistema e fornece dados relevantes á gestão de ativos.

2.2 Protocolos e normas

2.2.1. Norma IEC 61850

Um dos principais objetivos do padrão internacional IEC 61850 é o de garantir a interoperabilidade entre IEDs de diferentes fabricantes, permitindo o uso e a troca irrestrita de dados a fim de que sejam realizadas suas funcionalidades dedicadas individuais, como proteção, controle, medição, monitoramento e supervisão. Assim, por interoperabilidade entende-se a habilidade de dois ou mais IEDs de um mesmo fabricante, ou de fabricantes diferentes, de trocar informações e usar estas informações para uma correta cooperação (SANTOS et al., 2015).

Segundo Gurjão, a norma IEC-61850 é um modelo de dados padronizado que utiliza conceitos direcionados de orientação a objetos. Dessa forma, as funções e atributos de dispositivos físicos, os IEDs são subdivididos. As funções e suas respectivas instâncias formam o “Nó Lógico”; o agrupamento dos “Nós Lógicos” produz os dispositivos lógicos e por sua vez, a junção dos dispositivos lógicos forma os dispositivos físicos, os IEDs.

A utilização de uma linguagem específica e orientada a objetos que é a SCL para o processo de automação abre o leque de possibilidades de configurações e reutilizações do sistema. Desta forma, pode-se garantir que a SAS seja uma plataforma aberta de proteção e automação de subestações, independente do dispositivo e fabricante (ALMEIDA, 2011).

2.2.2. Mensagem GOOSE

As mensagens GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event) são mensagens previstas pela norma IEC 61850 e são utilizadas para realizar a comunicação horizontal entre os IEDs. Elas são mensagens do tipo multicast, ou seja, nesse tipo de mensagem as informações são lançadas na camada OSI mais inferior e assim, atingem de forma mais eficiente e rápida os dispositivos conectados a rede. Dessa forma, apenas os IEDs interessados em utilizar essa informação é que vão poder absorvê-las e utiliza-las da maneira necessária. Dessa forma, as mensagens se tornam mais rápidas e seguras.

2.2.3. Mensagem MMS e SV

As mensagens MMS (Manufacturing Message Specification) são mensagens previstas

pela norma IEC 61850 e são utilizadas para realizar a comunicação vertical e a integração entre os IEDs e o sistema SCADA. Essas mensagens permitem a troca de informações como sinais analógicos ou digitais conectadas à rede da subestação. O protocolo MMS opera sobre as camadas do modelo OSI e é compatível com os perfis de comunicação TCP/IP.

O MMS foi desenvolvido como um protocolo de troca de dados independente para redes industriais na década de 1980 e foi padronizado pela norma ISO 9506. Seguem as principais características do protocolo MMS (VICENTE, 2011):

- Comunicação do tipo cliente/servidor.
- Um específico *host* requer endereço MAC *unicast*.
- Utiliza IP, portanto, provê camada de transporte e camada de rede do modelo OSI.
- É um protocolo roteável para *hosts* da LAN ou da WAN.

O protocolo SV é responsável pelo tráfego das leituras analógicas da subestação.

2.2.4. PRP e HSR

O mecanismo de redundância PRP é especificado na norma IEC 62439-3. As redes de comunicação que utilizam esse mecanismo podem estar estruturadas em anel, estrela ou linha; o único ponto a se observar é que ambas as redes devem possuir a mesma configuração. O mecanismo de redundância utilizado pelo PRP se encontra na Layer 2 da camada ISO/OSI e funciona para todos os protocolos Ethernet.

O PRP é encarregado de duplicar o frame original, distribuindo dois frames idênticos por redes paralelas e isoladas. As duas redes são utilizadas ao mesmo tempo e os frames duplicados são enviados redundantemente pelos DANPs. Os dispositivos DANPs possuem duas portas de redes que são independentes entre si, mas que possuem o mesmo tráfego por ambas as LANs. Dessa forma, o princípio de redundância do PRP garante que o usuário utilize somente o pacote de dados que chegar primeiro e descarte o segundo. Entretanto, se ocorrer uma falha de conexão em uma das redes, a outra ainda estará disponível e não causará problemas de comunicação entre os dois DANPs.

Além dos dispositivos DANPs presentes em uma subestação, existem também os dispositivos SAN, aqueles dispositivos que não suportam o PRP. Os dispositivos SANs podem ser conectados à rede através da utilização de equipamentos chamados Redbox, que

são responsáveis pelo monitoramento dos frames duplicados.

A utilização do PRP implica em redes que possuam a mesma arquitetura. Essa peculiaridade traz a necessidade de uma maior utilização de switches e mais trabalho no desenvolvimento da rede de comunicação, aumentando assim, os custos em um projeto. Tendo como base esta desigualdade, a solução HSR foi desenvolvida utilizando uma arquitetura em anel. Assim como o mecanismo PRP possui equipamentos para envio e recebimento dos frames (DANPs), o equipamento responsável por realizar a mesma tarefa no mecanismo HSR é o DANH. No mecanismo HSR, os frames são enviados pelas duas portas LANs, porém em sentidos opostos do anel. O mecanismo de duplicação é responsável por duplicar as informações provenientes da camada de aplicação e descartar os frames duplicados vindos da rede.

2.2.5. NTP e PTP

O NTP é o protocolo responsável pela sincronização dos relógios dos dispositivos disponíveis em uma rede com uma precisão dentro de alguns milissegundos a partir do UTC. Ele permite que os dispositivos solicitem e recebam o UTC de um servidor que, por sua vez, recebe tempo de um relógio atômico.

O PTP é um protocolo que realiza a sincronização de computadores conectados a uma rede local. Esse protocolo é definido no padrão IEEE-1588 e fornece uma precisão de 100 nanossegundos de sincronização de vários relógios dentro de uma rede especificamente projetada para o padrão IEEE-1588.

2.2.6. Protocolo SNMP

O SNMP foi desenvolvido com o intuito de garantir que o usuário interroge os elementos de sua rede sem se locomover. Esse protocolo possibilita aos administradores de rede um gerenciamento dos equipamentos de rede e uma identificação dos seus respectivos problemas. O sistema de gestão de rede é baseado em dois elementos principais: um supervisor e os agentes. O supervisor é o terminal direcionado ao administrador de rede e concede a este a realização das solicitações de gerenciamento. Os agentes por sua vez são entidades encontradas em cada interface e são conectados aos dispositivos gerenciadores da rede e possibilitam recuperação de informação de diversos objetos. Todas essas informações referentes aos dispositivos são armazenadas em um banco de dados chamado MIB. O SNMP

permite a comunicação entre o supervisor e os agentes para que esses possam recolher as informações necessárias no MIB.

2.3. Process Bus

O Process Bus é definido genericamente como a transmissão digital de medições de processo entre a estação de partida da subestação e os relés de proteção digital na sala de controle. A figura 1 descreve brevemente a comunicação Process Bus que o padrão IEC 61850 utiliza. O Process Bus permite as seguintes aplicações:

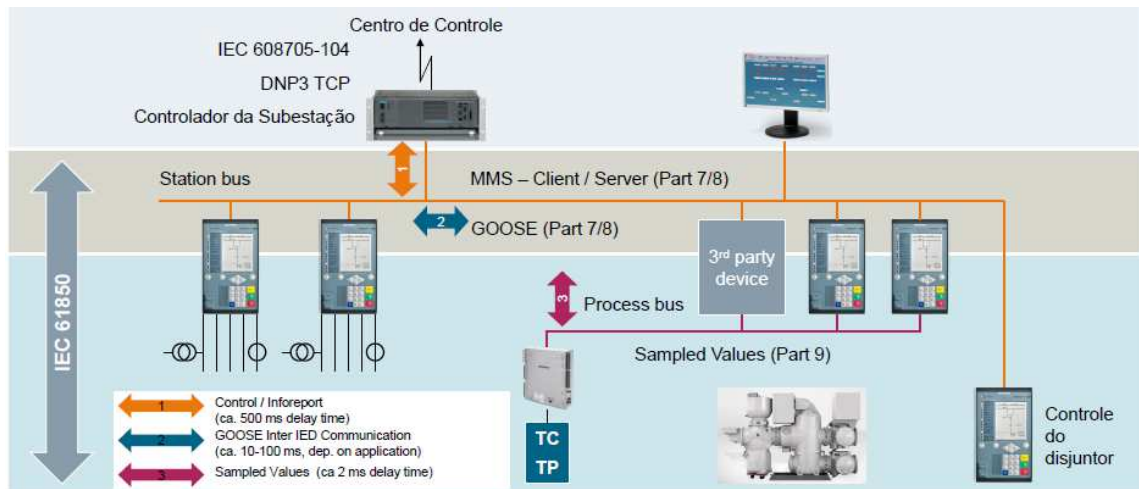
- custos reduzidos
- uma conexão Ethernet interoperável
- uma placa de entrada analógica na parte externa do dispositivo (Merging Unit)
- melhoria da segurança operacional
- maior flexibilidade e escalabilidade

Em vez de conectar os dispositivos de proteção aos sensores, um Merging Unit é colocado ao pé do transformador de medição e é responsável por digitalizar os valores analógicos e enviá-los, na forma de valores amostrados (SV-Sampled Values), para um ou mais relés de proteção. O fluxo de valores medidos amostrados é transmitido via Ethernet de fibra óptica. Dessa forma, os relés não precisam mais amostrar os valores analógicos, mas usam diretamente os valores digitais do fluxo fornecido pelos “Mergin Units”.

A IEC 61850 8-1 GOOSE é usada para enviar sinais e se comunicar entre IEDs. É um protocolo de camada 2 que usa o endereço Mac e permite uma velocidade de troca de informações.

O MMS é usado para trocar informações (partida, disparo, alarmes, comandos) entre o centro de controle e o relé via fibra óptica.

Figura 1 - Arquitetura do Process Bus utilizando a norma IEC 61850



Fonte: Palestra técnica Siemens- Subestações totalmente digitalizadas (Disponível em:

https://www.xxvsnp tee.com.br/images/acervo-tecnico/palestras-tecnicas/palestra_tecnica_siemens_23_10.pdf)

2.4. O gás SF6

O hexafluoreto de enxofre (SF6) é um gás transparente, inodoro, não inflamável e quimicamente estável, utilizado em equipamento de energia elétrica.

O SF6 foi sintetizado pela primeira vez em 1904 e nos anos 30 por meio da observação de suas propriedades dielétricas o gás encontrou uma limitada aplicação como meio isolante em transformadores. No fim dos anos 40, com base em experimentos, comprovou-se que o gás SF6 possui uma excelente propriedade na interrupção de arcos elétricos. Assim, a partir desse momento o gás SF6 passou a ser utilizado no desenvolvimento de disjuntores e chaves de abertura em carga. (BOZZI; FERREIRA, 2011).

As excelentes propriedades dielétricas do gás SF6 são atribuídas a forte afinidade eletrônica da molécula. A extinção de arcos elétricos proporcionada pelo SF6 pode ser atribuída à sua alta capacidade de transferência de calor e baixa temperatura de ionização. Estima-se que o tempo de extinção de arco elétrico é 100 vezes menor no SF6 do que no ar, sob condições semelhantes (SIHVENGER et al, 2012).

Todas essas características permitem construir equipamentos elétricos (transformadores, disjuntores e outros) e aparelhos que são compactos e que usam uma pequena quantidade de material.

2.5. Fibra ótica

As fibras ópticas são filamentos construídos muito finos com espessura semelhante a um fio de cabelo. Esses filamentos são flexíveis, construídos com materiais transparentes e são capazes de transmitir luz de um emissor luminoso até um detector sensível a ela. A fibra óptica é utilizada em diversas áreas, como a medicina e a telecomunicação.

Uma primeira razão para o uso de fibras no lugar dos cabos de cobre é a perda na potência do sinal transmitido. Os sinais que são transmitidos através de uma fibra óptica experimentam menor atenuação (ou perda da potência dos sinais) e, portanto, podem viajar por distâncias muito maiores. Mesmo para distância relativamente curtas, as fibras ópticas ainda se sobressaem milhares de vezes aos cabos de cobre mais avançados. (TANENBAUM, 2003).

A fibra óptica possui uma maior capacidade de transmissão isso porque ela suporta um maior número de bits por segundo do que o cabo de cobre (BERTOLOTO, 2012).

Assim, a fibra óptica permite uma maior quantidade de transmissão de informações a maiores distâncias ao se comparar com o cabo de cobre.

2.6. Ferramentas utilizadas

2.6.1. DIGSI 5 e Relé de proteção SIPROTEC 5

DIGSI 5 é a ferramenta de configuração de uso para todos os dispositivos SIPROTEC 5. O SIPROTEC 5 utiliza a norma IEC 61850-9-2 para os valores amostrados e a norma IEC 61850-8-1 GOOSE para a comunicação de sinais entre os IEDs e permite a realização da proteção da rede elétrica.

Neste projeto o DIGSI5 foi utilizado para configurar funções de proteção (DLR, MAXI-L, PSL-PSC e diferencial de cabo). Para comunicação, o DIGSI 5 e o SIPROTEC 5 são baseados nos padrões atuais, como IEC 61850, e em tecnologias comprovadas, como Ethernet. Para o projeto foi utilizado o padrão IEC-61850 8-1 GOOSE.

2.6.2. DIGSI 4

DIGSI 4 é a ferramenta de engenharia para configurar e operar os Merging Units e

sua área funcional abrange várias tarefas: da configuração e ajuste do dispositivo ao comissionamento e avaliação dos dados de falha.

2.6.3. MU para NCIT

O transformador de instrumento não convencional (NCIT) reduz o tamanho e o peso do GIS, substitui as placas de cobre do transformador por conexões de fibra óptica, simplifica a engenharia e a execução.

O NCIT utiliza a norma IEC 61850-9-2 para os valores amostrados e a norma IEC 61850-8-1 GOOSE para a comunicação dos sinais entre os IEDs. A sincronização de tempo é garantida pelo PPS ou IRIG-B. O dispositivo digitaliza a saída de transformadores de instrumentos não convencionais com sincronização temporal e os converte em telegramas com valores medidos amostrados, de acordo com os padrões IEC 61850-9-2.

2.6.4. MU para CT e VT Convencional

Ele utiliza a norma IEC 61850-9-2 para os valores amostrados e a norma IEC 61850-8-1 GOOSE para a comunicação dos sinais entre os IEDs. A sincronização de tempo é garantida pelo PPS ou IRIG-B. Este equipamento é colocado ao pé dos transformadores de medição e digitaliza as medições de tensão e corrente que chegam.

2.6.5. Configurador 61850

O configurador 61850 é a ferramenta usada para configurar o protocolo de comunicação: IEC 61850 9-2, IEC 61850 8-1. O engenheiro utiliza este software para definir as trocas entre os relés, por exemplo: a ordem de disparo, a posição do disjuntor, o estado funcional da comunicação, o mapeamento dos valores amostrados, o mapeamento do GOOSE e a geração de relatórios. O configurador 61850 facilita a transferência de dados entre diferentes softwares, como DIGSI 4 e 5.

2.6.6. Proconf

A ferramenta Proconf é usada para configurar o módulo PB201 Process Bus. O usuário mapeia os pontos de medição que subiram das unidades de medição e os envia para os respectivos dispositivos de proteção.

2.6.7. TOOLBOX II

Graças ao TOOLBOX II e ao SICAM Device Manager, todos os sinais medidos pelos sensores, calculados pelo CLP ou transmitidos via IEC 61850, foram definidos. Os sinais foram definidos para os sensores do projeto, os sensores SF6 e atmosfera. O protocolo usado para a comunicação entre o sensor SF6 e o controlador é MODBUS. O SICAM Device Manager/TOOLBOX II foi utilizado para configurar os parâmetros de comunicação.

2.6.8. SICAM PAS

O SICAM PAS (Power Automation System) atende a todos os requisitos de um sistema de controle de subestação elétrica. Entre muitos outros protocolos de comunicação, o SICAM PAS utiliza o padrão IEC 61850 para estabelecer comunicação entre subestações e IEDs.

O SICAM PAS tem as seguintes funções:

- Processamento de dados, padronização de grandezas de medição
- Fornecimento do banco de dados do software de design da IHM (WinCC/SCC)
- Definição de lógica para certas funcionalidades do sistema. O operador pode usar várias linguagens de programação disponíveis: Ladder, CFC, SFC.

2.6.9. SICAM SCC/Wincc

O sistema SICAM SCC IHM é uma solução para os requisitos de controle e monitoramento do setor de energia. O SICAM SCC se comunica diretamente com os dispositivos compatíveis com o protocolo de comunicação IEC 61850. O SICAM SCC é baseado no SIMATIC WinCC, sua compatibilidade permite que o SICAM SCC seja usado como um complemento do SIMATIC WinCC em um computador. O SICAM SCC é uma extensão da biblioteca WinCC que permite adicionar objetos relacionados à eletricidade, como disjuntores, transformadores.

O WinCC é um sistema SCADA, permitindo visualizar fluxos de produção, processos operacionais, máquinas e sistemas em todas as áreas da indústria. É também um sistema totalmente flexível e escalável que pode ser usado com um único sistema de usuário ou com sistemas multiusuários distribuídos, com servidores redundantes e soluções para vários sites e com clientes da Web. O WinCC permite a utilização de linguagens de

programação C e Visual Basics Script (VBS).

2.6.10. Controlador lógico programável

O CLP, controlador lógico programável é um computador projetado para operar em condições industriais e é utilizado em inúmeras aplicações. Assim como um computador, ele é composto por uma CPU (Central Processing Unit), memória RAM (Random-Access Memory), memória para leitura e gravação, memória ROM (Read-Only Memory), memória apenas para a leitura e por portas de comunicação.

O CLP possibilita a inserção de módulos de entradas e saídas, permitindo a conexão entre vários dispositivos do chão de fábrica e a CPU a fim de controlar e monitorar sistemas e equipamentos.

Conforme especificado na norma IEC-61131-3 as linguagens de programação para os CLP's são a função gráfica de seqüenciamento (SFC), lista de instrução (IL), texto estruturado (ST), diagrama de blocos de funções (FBD) e diagrama ladder (LD).

2.6.11. RSG2488

RUGGEDCOM RSG2488 é um comutador Ethernet industrial totalmente automático. Permite a construção de topologias elétricas e/ou ópticas em linha, em anel e em estrela. Foi utilizado como o servidor de horário NTP, PPS e PTP (que será usado no futuro), o que significa que é responsável por obter a sincronização de horário dos equipamentos de rede, exceto equipamentos FALLOU, porque estão em outra estação.

2.6.12. RedBox

Este equipamento permite a configuração da redundância de rede com o protocolo PRP ou com o protocolo HSR. O RS950G permite confiabilidade de rede com perda zero de pacotes e tempo zero de comutação para qualquer falha na rede.

2.6.13. RS900

O RUGGEDCOM RS900 é um comutador Ethernet usado para separar redes

(VLANs).

2.6.14.RS401

O RUGGEDCOM RS401 é um servidor de dispositivo serial usado para interconectar a interface Ethernet do roteador e a interface RS485 dos medidores de energia da RTE.

2.6.15.RMC40

O RUGGEDCOM RMC40 é um comutador Ethernet que pode ser usado no lugar de conversores de mídia de fibra de cobre tradicionais, com a possibilidade adicional de converter uma velocidade de 10 Mb/s para 100 Mb/s.

2.6.16.A8000

A série SICAM A8000 consiste em uma combinação de módulos de fonte de alimentação, processador e extensões. No laboratório onde foi testado e desenvolvido o Sistema Supervisório existe duas RTUs SICAM A8000 que usam o protocolo MODBUS RTU para ler os valores provenientes dos sensores que estão em laboratório, três sensores GDHT20, que medem o gás e a atmosfera SF₆.

Comparado ao SIPROTEC5, o A8000 é um CLP que pode ser usado em qualquer tipo de indústria e que não possui função de proteção.

2.6.17.GPS

O relógio GPS Hopf 6844 é usado para sincronizar a hora do equipamento FALLOU através do protocolo NTP e enviar ao o equipamento SIPROTEC5, além de também gerar PPS para SAMU.

3 Metodologia

Neste capítulo será abordado todo o trabalho realizado no projeto, o desenvolvimento das vistas do Sistema Supervisório utilizando o Wincc além dos testes realizados para a validação do funcionamento das funções desenvolvidas.

A subestação NOVION está equipada com 13 postes elétricos na região de Paris; o projeto de digitalização da subestação NOVION concentra-se principalmente entre a parte de transporte e a parte de distribuição de energia elétrica. Para este projeto em específico, a energia é transportada a 225 kV e é a distribuída a 63 kV.

Para executar este projeto foram utilizados os dispositivos SIEMENS (descritos no tópico 2), o protocolo “Process Bus”, a norma IEC61850, além da utilização de fibra ótica. O “Process Bus” tem como objetivo minimizar ou eliminar a fiação de cobre e a fibra ótica é usada entre o redutor de medição e as proteções.

Pode-se dizer que um elemento-chave para a implantação de uma subestação digital é a aplicação do padrão de comunicação IEC61850. É um formato e modelo de dados reconhecidos internacionalmente e garante a interoperabilidade de produtos e sistemas de diferentes fabricantes. A norma IEC 61850 atende a todos os requisitos de uma subestação atualizada e é flexível o suficiente para estar pronta para novos requisitos e funções.

Como dito anteriormente, o objetivo do meu trabalho na SIEMENS foi desenvolver o sistema supervisório da subestação. Para isso, o Wincc foi utilizado, com o objetivo de realizar o novo design das vistas do projeto NOVION Experimentation. As novas visualizações tiveram como objetivo de melhorar a ergonomia do operador e tornar sua interação com a interface WinCC mais simples, a fim de otimizar o tempo do operador e, conseqüentemente, sua produtividade.

A seguir será mostrado todo o desenvolvimento do projeto e de suas visualizações.

3.1 Vista Inicial

Figura 2- Vista inicial



Por meio da visualização da Figura 2, verifica-se a existência de botões na parte superior, enumerados de um a nove; cada um desses botões possui uma função na visualização que será descrita a seguir.

O botão número 1 usa uma linha de código C responsável para sair da visualização WinCC na IHM.

O botão número 2 tem a função de bloquear certas visualizações a determinados usuários. Algumas visualizações do projeto devem permanecer bloqueadas e somente alguns operadores podem acessá-las. Dessa forma, o usuário deve digitar o nome de usuário e a senha para habilitar o acesso de certas visualizações.

O botão número 3 usa uma linha de código para tirar uma captura de tela da visualização em formato PDF e salvá-la em uma pasta chamada PRT_OUT.

Os perturbadores são gráficos que mostram os estados das saídas e entradas binárias dos relés e a forma da corrente e da tensão; permite que os operadores analisem falhas. O botão número 4 envia um comando no código C ao SICAM PAS para acionar perturbadores ao mesmo tempo em todos os equipamentos EPP1 e CALT de FALLOU4, EPP1 e CALT de ASNIERES1 e EPP1 de FALLOU4b. O botão ao ser apertado tem sua imagem alterada para outra com um texto "REC", mostrando que o disparo dos perturbadores ainda está em

andamento.

O botão número 5 abre o aplicativo PQ Analyzer. O SICAM PQ Analyzer é uma ferramenta que permite a exibição dos dados medidos por um dispositivo PQ e para sua avaliação com base nos critérios de qualidade de energia de acordo com o sistema SICAM PQS. Esta aplicação permite que os usuários verifiquem o registro de perturbadores e falhas no equipamento mencionado acima. Para que o usuário possa analisar todos esses dados é necessários que o aplicativo PQ Analyzer seja instalado no computador e que o aplicativo PQ Collector esteja aberto enquanto desejar verificar os distúrbios. O SICAM PQ Collector é responsável pela coleta dados de arquivos individuais (origens) e por armazená-los em um arquivo central (coletor).

O botão número 6 usa uma linha em código C responsável para retornar à página principal do projeto, contendo os botões chamados "Vues", "Listes" e "Alarme".

O botão número 7 é usado para retornar à visualização anterior. Para criar esse aplicativo, criaram-se nove "tags" internas que permitem salvar os nomes das visualizações e outra "tag" interna que armazena a quantidade de alterações que pode variar de 0 a 9. Se mais de nove alterações de visualizações forem efetuadas, o algoritmo desliza a "pilha" e sua primeira posição é substituída pela segunda e assim por diante, da mesma maneira que em uma "pilha FIFO". Dessa forma, o usuário pode retornar à vista anterior sem precisar retornar à vista inicial a cada vez.

O botão número 8, chamado TOP5, abre uma janela que permite visualizar uma tabela com os cinco maiores valores em ordem decrescente da taxa de vazamento e massa perdida medida para cada sensor GDHT20 presente nos compartimentos do poste elétrico. Os valores, taxa de vazamento e massa perdida fazem parte da visualização do SF6, que será detalhada posteriormente. O algoritmo que permite a exibição desses valores foi realizado em código C. O princípio do algoritmo é fazer medições da taxa de vazamento e da massa perdida de cada compartimento, compará-las e exibi-las em ordem decrescente. Então, se houver um valor de taxa de vazamento ou massa perdida maior que o anterior, o algoritmo classifica os valores, ou seja, compara-o com os valores existentes e, se o valor atual for maior que algum valor indicado na tabela, o algoritmo exclui o menor valor e fixa o valor atual com os outros pré-existentes em ordem decrescente. A taxa de vazamento e os valores de perda de massa são calculados por um algoritmo desenvolvido de acordo com especificações do cliente e são confidenciais.

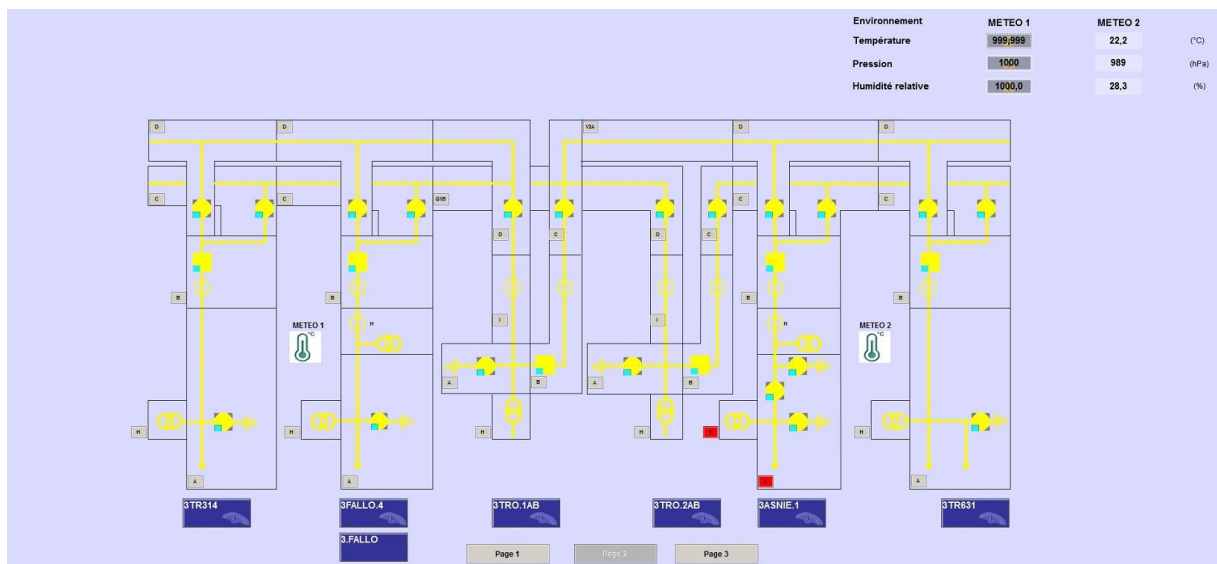
O botão número 9 funciona como um menu suspenso que mostra as vistas do projeto ao ser clicado. Foi criado usando o aplicativo "Menu e barras de ferramentas" do WinCC com

o objetivo de facilitar a alteração de visualizações pelo usuário.

3.2 Vistas Unifilares

As vistas unifilares do projeto foram divididas em três visualizações, denominadas Vista unifilar 1, Vista unifilar 2 e Vista unifilar 3. Essas vistas mostram a aparência e os dispositivos elétricos usados no projeto. Os símbolos usados nas visualizações foram escolhidos pelas especificações do cliente (quadrado para disjuntor, círculo para seccionador). A figura 3 abaixo mostra a visualização da vista unifilar 2.

Figura 3 - Vista unifilar



Na parte inferior, colocaram-se botões que permitem ao usuário navegar entre as vistas. Na parte superior de cada vista, existem medições de temperatura em graus Celsius, pressão em hPa e umidade relativa em porcentagem provenientes dos sensores atmosféricos instalados nos postes elétricos de ASNIERES1 e FALLOU4 da vista unifilar 2, denominados "METEO 1" e "METEO 2".

Existem treze postes elétricos no total na vista unifilar. Na visão de cada seção, existem sensores que medem as três fases de corrente, fase 11 (A), fase 3 (B), fase 7 (C) de cada equipamento de proteção do SAMU, como mostra a Figura 4. Esta imagem mostra a proporção de transformadores, o toro de cada equipamento de proteção e o equipamento

utilizado. Na visualização de cada seção, existem campos para mostrar as medições elétricas. Todas as vistas mostram medições de corrente trifásicas para equipamentos de proteção, exceto as vistas ANSIERES1, FALLOU4 e FALLOU4b, que também mostram medições de tensão, potência ativa e reativa, entrada e saída de energia ativa e energia reativa inserida, Proteção SAMU, medição SAMU, proteção analógica e saída do equipamento MU NCIT. As vistas de medição elétrica serão descritas em mais detalhes posteriormente, com a continuação do trabalho. Cada seção é ainda composta por compartimentos denominados A, B, C, D, H, etc., conforme mostrado nas imagens das vistas unifilares acima (Figura 4, 5 e 6) e, no total, a subestação possui 103 compartimentos. Na visão de cada compartimento, há um sensor GDHT20 que mede o gás SF6, temperatura, pressão a 20 ° C, umidade e medições de pressão. A visão de monitoramento do SF6 será mais detalhada durante a continuidade do trabalho.

Figura 4 - Esquemático das especificações de cada poste elétrico

Tous les VT Ratio : 60kV/sqr3
/ 100V/sqr3
CT J and H
overview protection I mesure

	F0 2	F03	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09	F09	F09	F10	F10	F11	F11	F12	F12	F12	F13	F13	F14	F15	F16
Bays		Couplage	Couplage	TR312	Fallout	Lamarck	Fallout3	TR314	Fallout	Fallout	Fallout	Troncon.1	Troncon.1	Troncon.2	Troncon.2	Asnieres1	Asnieres1	Asnieres1	TR631	TR631	Anieres2	TR632	CBO
Tore		J	HA	H	J	J	J	H	J	I	NCIT	HA	J	HA	J	J	I	NCIT	J1	J2	J	J	
Monté sur		GIS	GIS	Cable	Cabl e	Cabl e	Cabl e	Cabl e	Cabl e	GIS	GIS	GIS	GIS	GIS	GIS	Cabl e	GIS	GIS	Cabl e	Cabl e	Cabl e	Cabl e	
Ratio		1500 /1	1500 /5	1500/5	1000 /5	1500 /1	1000 /5	1500 /5	1000 /5	500/ 5	1500	1500 /5	1500 /1	1500 /5	1500 /1	1500 /1	1000 /5	1500	1500 /1	1500 /1	1500 /1	1500 /1	
Equipement		SAM U1	SAM U2	SAMU 1	SAM U1	SAM U1	SAM U1	SAM U1	SAM U1	SAM U1	SAM U3	SAM U1	SAM U2	SAM U1	SAM U2	SAM U1	SAM U1	SAM U3	SAM U1	SAM U2	SAM U1	SAM U1	SAM U1
HSR1									*	*	*												
FALLOU4																							
HSR2																*	*	*					
ANSIERES1																							
HSR3 PDBN												*	*	*	*	*			*	*	*	*	
PB																							
HSR4		*	*	*	*	*	*	*	*														
PDBNPB																							

3.3 Vista de monitoramento SF6

Conforme descrito no tópico 3.2, as vistas unifilares possuem uma determinada quantidade de compartimentos (compartimentos A, B, C, D, H e outros). Cada compartimento possui um sensor GDHT20 que realiza as medidas do gás SF6, temperatura, pressão@20 °C, umidade e pressão. Nesta vista, existem campos que exibem os valores medidos do gás SF6 e também os valores calculados de "CR sera atteint dans ", "BP sera atteint dans ", "Masse perdue", "Somme masse perdue" e "Compteur Jour ".

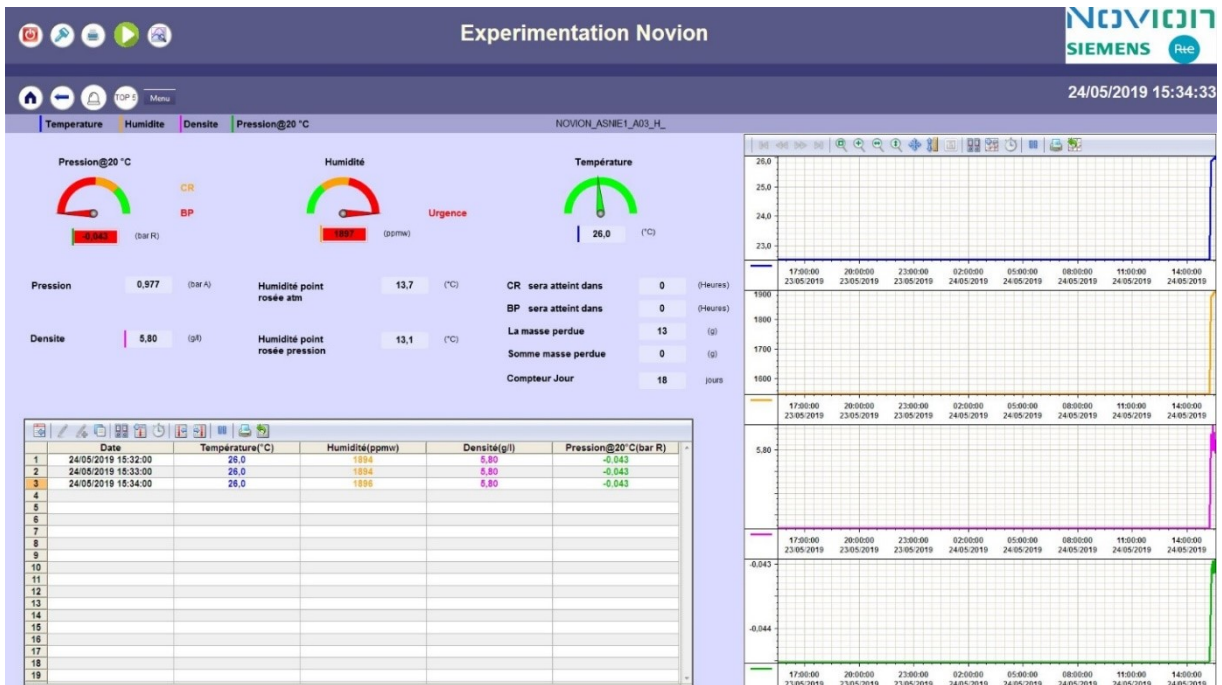
Ainda existe nessa vista uma tabela e um gráfico que exibe os valores de temperatura, umidade, densidade e pressão a 20 graus. A figura 5 irá mostrar em mais detalhes todas as medições do gás SF6. As unidades de medida, o tempo de exibição na tabela e no gráfico e a quantidade de compartimentos foram decididos pelo cliente de acordo com a tabela 1. A exibição dos valores na tabela e no gráfico é feita a cada minuto; a exibição nos campos de E/S é feita sempre que houver uma alteração no valor medido.

Tabela 1 -Tabela com especificações do cliente para a visualização SF6

Dados físicos	Unidade de medida	Amostragem	Vista SF6(103 compartimentos)	Atmo (2 sensores)	Fixar a curva na IHM	Salvar arquivo
Pressão	Bar absoluto	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)	X			X
Pressão	hpa absoluto	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)		X (1)		X
Pressão à 20°C	Bar relativo	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)	X		X	X
Temperatura	°C	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)	X	X	X	X
Densidade	g/l	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)	X		X	X
Umidade do ponto de orvalho à pressão atmosférica	°C	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)	X			X
Umidade do ponto de orvalho na pressão do compartimento	°C	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)	X			X
Umidade em massa	ppmw	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma	X		X	X

		alteração na medição)			
Umidade relativa	%	Acíclico (o mais rápido possível quando houver uma alteração na medição)		X	X

Figura 5 - Imagem do compartimento H de ASNIERES1 da Vista de monitoramento SF6



Antes de começar a descrição da operação da vista de monitoramento SF6 é necessário falar um pouco sobre os objetos WinCC que foram usados para desenvolver essa visão. Os objetos mais importantes são o “Online Trend Control” e o “Online Table control”. Eles foram utilizados para exibir os dados em forma gráfica e tabular, respectivamente. Valores ou alarmes medidos são armazenados em um arquivo; o tamanho do arquivo pode ser configurado para um mês, um ano ou para uma capacidade máxima de dados que pode ser convenientemente especificado como o período máximo de armazenamento. Os valores do processo e os dados estatísticos exibidos no “Online Trend Control” e no “Online Table Control” podem ser exportados para um arquivo CSV com o toque de um botão e depois

analisados com ferramentas padrão.

Cada vez que o usuário clica em um dos botões do compartimento, a vista de monitoramento SF6 correspondente a este compartimento é aberta e o título do compartimento é exibido na parte superior da visualização, informando ao usuário em que compartimento ele está localizado.

Os valores calculados e medidos também são exibidos nos campos E/S, na tabela (Online Table Control) e na forma de curvas no gráfico (Online Trends Control). Como existem cento e três compartimentos para o projeto, decidiu-se exibir os valores nas vistas de maneira mais limpa e genérica, em vez de criar cento e três vistas diferentes para cada compartimento. Em primeiro lugar, os botões de cada compartimento das vistas unifilares foram nomeados de acordo com o nome da “tag” criada no SICAM PAS, mas sem seus sufixos (os textos que vêm depois da parte comum de cada “tag”); por exemplo, o botão H de ASNIERES1 foi nomeado "NOVION_ASNIE1_A03_H_F_1_LDIDFSGIS_H". Em seguida, nomeou-se cada campo de E/S na vista de monitoramento SF6 com o sufixo correspondente a variável medida. Por exemplo, para o campo de E/S que mostra o valor de "Pressão@20 °C " na vista de monitoramento SF6, colocamos o sufixo "SIMG0_Pres20.Value". Em seguida, criamos um script em código C que executa uma concatenação entre o prefixo (nome comum para todas as “tags” criadas no SICAM PAS) e o sufixo cada vez que o usuário pressiona o botão do compartimento. Dessa forma, após a concatenação, as “tags” correspondentes são exibidas na vista de monitoramento SF6 e os valores medidos pelo sensor GDHT20 são exibidos nos respectivos campos de E/S.

Para exibir os valores medidos na tabela e no gráfico, criou-se um script em código C que pega os resultados da concatenação entre o prefixo e o sufixo de cada “tag” e os coloca em uma das quatro colunas respectivas da tabela e em uma das quatro respectivas curvas do gráfico. A exibição dos valores medidos na tabela foi configurada para ser realizada com “tags” online e a cada minuto. Os valores são exibidos na tabela em cores diferentes, dependendo da cor de cada linha localizada na parte superior da vista, azul para a temperatura, laranja para a umidade, rosa para a densidade e verde para a pressão à 20 graus.

Quatro curvas foram criadas para o “Online Trend Control”, cada uma com um eixo de tempo independente. Cada valor é exibido com um traço diferente no gráfico de acordo com a cor de cada linha localizada na parte superior da vista, azul para a temperatura, laranja para a umidade, rosa para a densidade e verde para a pressão a 20 graus. O eixo do tempo foi escolhido para mostrar os valores medidos nas últimas vinte e quatro horas. A exibição dos valores medidos no gráfico foi configurada para ser executada com “tags” de arquivamento e

a cada minuto. Usamos “tags” de arquivamento para exibir os valores no gráfico porque, ao fazer o uso de uma “tag” online, cada vez que o usuário altera para uma vista diferente da vista de monitoramento SF6 e, em seguida, retorna à vista anterior, as curvas são perdidas e a exibição dos valores começará novamente. Como o cliente desejava manter os valores medidos no gráfico durante as últimas 24 horas, independentemente da mudança de vista pelo operador, era necessário usar este procedimento. Portanto, sempre que o usuário muda de vista, indo para outra visualização da vista de monitoramento do SF6 e, em seguida, retorna à visualização do SF6 anterior, o histórico das últimas vinte e quatro horas é mantido.

Na visão de cada compartimento, usaram-se três “Gauge Controls”; um “Gauge Controls” para Pressão@20° C, um para umidade e outro para temperatura. O “Gauge Controls” de Pressão@20° C é dividido em três partes com cores diferentes; o valor "normal (verde)" varia de 5 bar relativo a 5,3 bar relativo, o valor "Cuidado (laranja)" varia de 4,7 bar relativo a 5,0 bar relativo e o valor "Perigo (vermelho)" varia de 4 bar relativa a 4,7 bar relativo. O controle do medidor de umidade é dividido em três partes com cores diferentes; o valor “normal (verde)” varia de 0 ppmw a 116 ppmw, o valor “Cuidado (laranja)” varia de 116 ppmw a 223 ppmw e o valor “Perigo (vermelho)” varia de 223 ppmw a a 400 ppmw. O controle do medidor de temperatura não está dividido, possui apenas uma faixa (verde) para todos os valores.

Nesta visualização, existem os textos "CR" (em cima) e "BP" (em baixo) escritos em laranja e vermelho, respectivamente ao lado do controle do medidor de Pressão@20° e também o texto "Emergência" escrito em vermelho ao lado do controle do medidor de umidade. Os valores de "CR" e "BP" são calculados pelo A8000 e aparecem na tela do WinCC quando a indicação é "TRUE"; se a indicação for "FALSE" ou "INVALID", "CR" e "BP" não serão exibidas no WinCC. O texto "Limite" aparece quando o valor de umidade é maior que 116 ppmw é menor que 223 ppmw; o texto "Emergência" aparece quando o valor da umidade excede 223 ppmw.

As setas do controle do medidor de Pressão@20° C e da umidade e seus respectivos campos de E/S mudam de cor de acordo com a cor do respectivo controle de pressão. A seta no controle do medidor de temperatura está sempre verde. Os campos de E/S das outras medições (“Température”, “Pression”, “Densité”, “Humidité point rosée atm”, “Humidité point rosée pression”, “CR sera atteint dans”, “BP sera atteint dans”, “La masse perdue”, “Somme masse perdue” et “Compteur Jour”) acendem em cinza.

3.4 Vista de medidas elétricas

Como foi escrito no tópico 3.2. (Vistas unifilares), existem treze postes elétricos no total na subestação distribuído nas três vistas unifilares; na vista de cada poste elétrico, há sensores que medem as três fases de corrente: fase 11 (A), fase 3 (B), fase 7 (C) de cada equipamento de proteção SAMU. Todas as vistas mostram medições de corrente trifásicas para equipamentos de proteção e os valores medidos são exibidos nos campos de E/S de cada vista.

A figura 6 mostra as vistas com as medidas das três fases de corrente de um dos postes elétricos do projeto com seus respectivos toróides, J1 e J2.

Figura 6- Vista de medidas elétricas do poste TR63



À esquerda da imagem, temos a representação de um esquemático dos equipamentos utilizados em cada poste elétrico (disjuntor, transformador, seccionador, etc.). Os valores mostrados nos campos de E/S são os valores do transformador secundário com a proporção descrita na Figura 4. No laboratório, encontra-se apenas os equipamentos CALT de ASNIERES1, FALLOU4 e FALLOU4b, portanto, a injeção de corrente com o Omicron será

realizada apenas nesses equipamentos conforme descrito na próxima seção.

3.5 Vistas das seções ASNIERES1, FALLOU4 e FALLOU4b

Neste tópico, será mostrado as vistas das seções de ASNIERE1, FALLOU4 e FALLOU4b. Essas vistas apresentam as mesmas medidas que as outras dez visualizações de medições elétricas, mas as vistas ANSIERES1 e FALLOU4 também apresentam medições de tensão, potência ativa e reativa, entrada e saída de energia ativa e entrada e saída de energia reativa de equipamentos de proteção SAMU, medição SAMU, proteção analógica e MU NCIT; a vista FALLOU4b apresenta os mesmos valores das vistas de ASNIERES1 e FALLOU4, mas apenas para equipamentos de proteção analógica e SAMU.

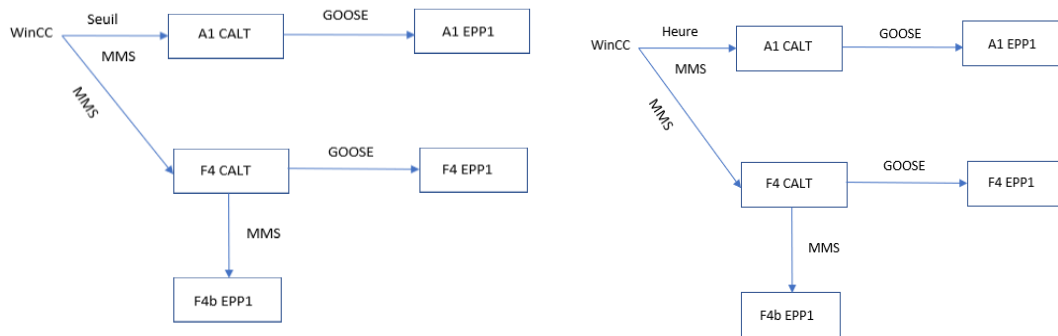
Nas vistas de ASNIERES1 e FALLOU4, existem botões para iniciar perturbadores para o equipamento EPP1 e CALT de suas respectivas vistas; na vista FALLOU4b, existe um único botão para iniciar o gravador de perturbações do seu equipamento EPP1. Esses botões funcionam da mesma forma que o botão número quatro, discutido na seção 3.1. Vista Inicial; eles enviam um comando em código C para o SICAM PAS para iniciar perturbadores. No entanto, cada botão inicia um gravador de perturbações separadamente para cada dispositivo de forma independente. Por exemplo, se o usuário pressionar o botão "EPP1" na visualização FALLOU4, um gravador de perturbações ocorrerá apenas para este equipamento. O botão muda a imagem para outra chamada com um texto "REC" para mostrar que o disparo dos perturbadores está em andamento.

Outro ponto importante nessas vistas são os parâmetros "Heure de déclenchement" e "Seuil" exibidos na parte inferior esquerda de cada vista. O sistema lança perturbadores periodicamente todos os dias dentro da mesma hora. Foi requisitado criar uma configuração que permita ao usuário alterar o tempo de disparo.

Portanto, por esse motivo, desenvolveu-se o parâmetro "Heure de déclenchement", que permite ao usuário enviar um comando ao SICAM PAS diretamente para o dispositivo de proteção, permitindo que ele altere o tempo de disparo periódico de cada dispositivo de acordo com sua escolha. O parâmetro "Seuil" permite ao usuário enviar um comando ao SICAM PAS diretamente para o dispositivo de proteção para alterar o limite do acionador. Por exemplo, se o usuário definir um valor igual a treze no campo "Heure de déclenchement", um disparo do gravador de perturbações será produzido todos os dias às 13h. Além disso, se o usuário definir um valor igual a cem no campo "Seuil", um gatilho de perturbação será

produzido apenas se o valor atual exceder cem Amperes. A comunicação entre o WinCC e os dispositivos será descrita na Figura 7.

Figura 7 - Diagrama para a realização da comunicação entre o WinCC e os equipamentos



De acordo com a Figura 7, é possível verificar que a configuração de limite (seuil) é enviada por MMS do WinCC para os dispositivos A1CALT e F4CALT. O dispositivo A1CALT envia o comando via GOOSE para o dispositivo A1EPP1 e o dispositivo F4CALT envia o comando via MMS para F4bEPP1 e via GOOSE para F4EPP1.

Para verificar a exibição dos valores de medição elétrica nos campos de E/S, utilizouse o Omicron.

O Omicron é um analisador de sinal que registra e analisa sinais convencionais e mensagens de rede de comunicação em subestações digitais. Com este equipamento pode-se acompanhar e avaliar as informações sobre o que está acontecendo em uma subestação e utilizá-las para fazer uma boa coordenação das ações da subestação. Graças à sua sincronização de relógio múltipla e precisa ele pode formar um sistema distribuído de medição e gravação. Isso não apenas permite ver as relações entre sinais de natureza diferente, mas também facilita as medições de sinal sincronizadas com o tempo em vários locais na SAS.

Dessa forma, utilizando o Omicron foi injetada uma corrente no valor de um Ampere nas três fases do circuito de proteção secundário (ASNIERES1, FALLOU4 e FALLOU4b).

A figura 8 mostra uma imagem do dispositivo Omicron utilizado e a figura 9 mostra a visualização do software do Omicron e a operação mencionada anteriormente.

Figura 8- Omicron

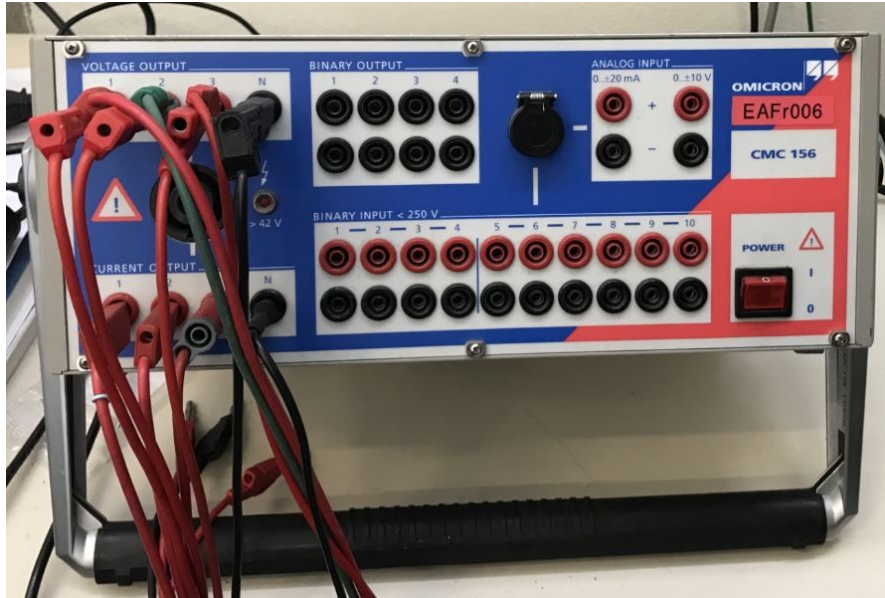


Figura 9 - Injeção de corrente com o Omicron

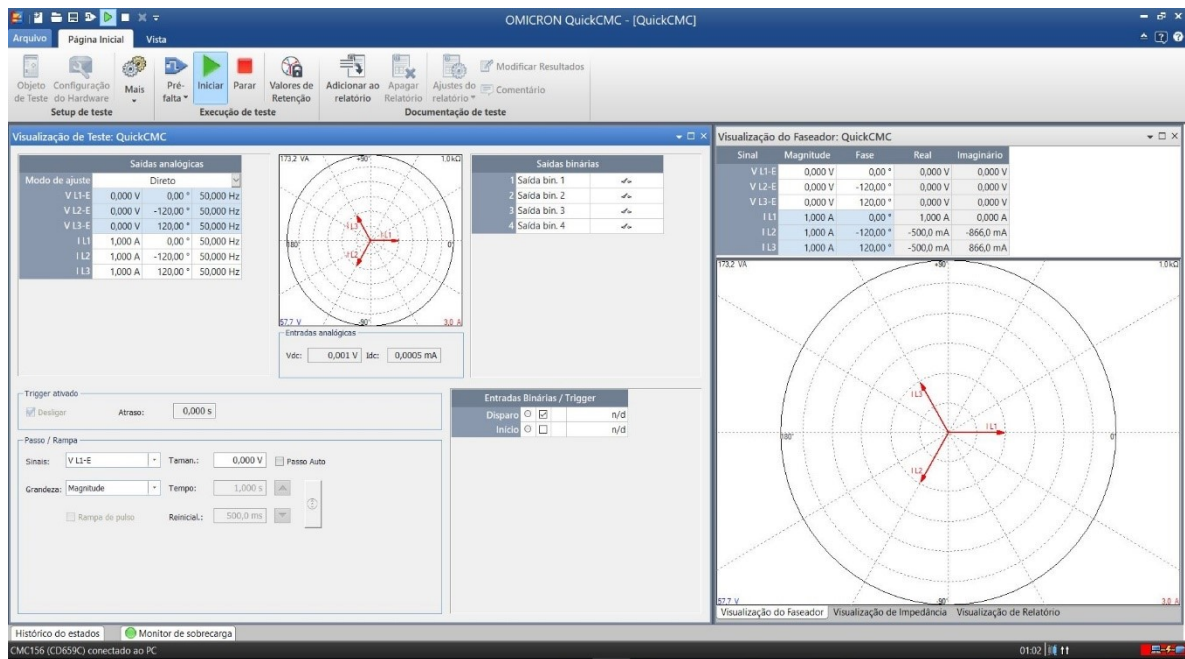


Figura 10 - Vista de medidas elétricas de ASNIERES1

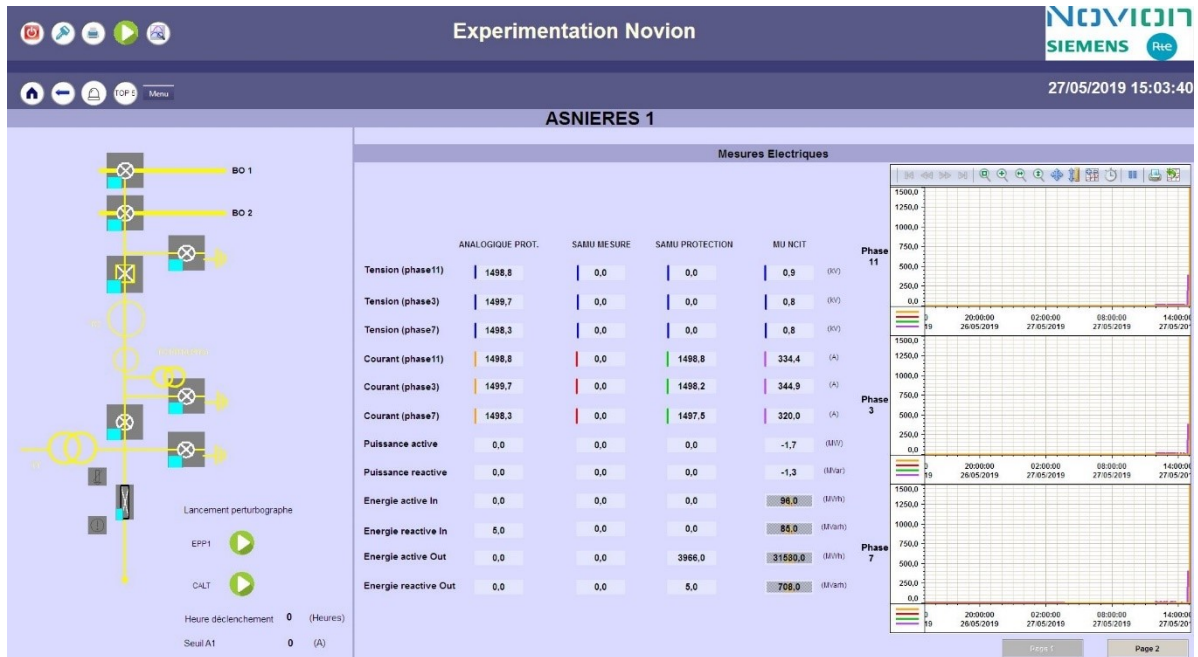
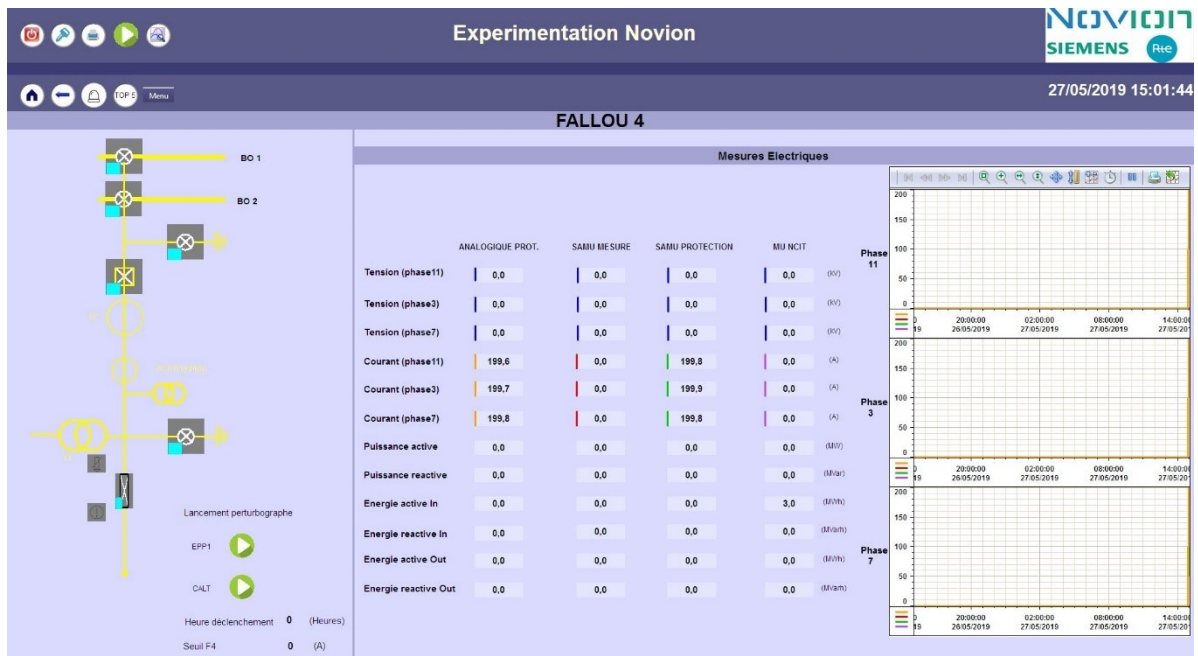


Figura 11 - Vista de medidas elétricas de FALLOU4



Por meio desta operação pode-se confirmar a relação dos transformadores para o equipamento de proteção, que possui o tore J de acordo com a Figura 4. Foi possível verificar que quando um valor de um Ampere é injetado pelo Omicron, o valor exibido no o

equipamento de proteção da ASNIERES1 é igual a mil e quinhentos Amperes, como mostra a figura 10. Para equipamentos FALLOU4, quando um valor de um Ampere é injetado com o Omicron, o valor exibido no equipamento de proteção FALLOU4 na IHM é igual a duzentos Amperes, como mostra a figura 11.

Assim, confirmou-se que a proporção para o equipamento de proteção é de mil e quinhentos para o equipamento de proteção da ASNIERES1, duzentos para o equipamento de proteção do FALLOU4 e mil para o equipamento de proteção do FALLOU4b.

Para obter uma comparação rápida das diferentes correntes medidas para ASNIERES1 e FALLOU4, existe nas vistas ASNIERES1 e FALLOU4, figura 10 e figura 11, respectivamente, um gráfico com três curvas, cada uma com um eixo de tempo diferente para representar uma das três fases atual. Cada valor é exibido com uma cor diferente no gráfico, de acordo com a cor de cada linha localizada ao lado de cada campo de E/S de corrente. A cor laranja é usada para mostrar o valor da medição de cada fase do equipamento de proteção analógica, o vermelho para a medição SAMU, o verde para a proteção SAMU e o roxo para o MU NCIT. O eixo do tempo foi escolhido para mostrar os valores medidos nas últimas vinte e quatro horas. A exibição dos valores medidos no gráfico foi configurada para ser executada com “tags” de arquivamento e a cada minuto.

3.6 Funções PSC e DLR de ASNIERES1

A página dois da visualização ASNIERES1 permite a visualização das funções PSC à esquerda e DLR à direita, como mostra a figura 12.

Na parte direita, existem três botões na parte superior da tela que permitem seleccionar entre as funções normal, local ou remota (a parte remota ainda não foi concluída). O botão "Normal" ativa a função PSC e o botão "Local" permite o acesso à tabela de funções DLR. O campo "Température moy (°C)" obtém o resultado entre a média da temperatura dos dois sensores atmosféricos, METEO 1 e METEO 2 presentes nas vistas unifliares 1, 2 e 3, apresentada na figura 3, e o exibe no respectivo campo de E/S. O campo "Delta T (°C)" é um parâmetro que o usuário pode alterar e permite enviar um comando ao equipamento de proteção se o valor do campo "Delta T (°C) actuel" exceder o valor de "Delta T (°C)". O campo "Température référence (°C)" assume o valor da última alteração de temperatura. O campo "Delta T (°C) actuel" calcula a diferença entre "Temperatura moy (°C)" e "Temperatura référence (°C)" e o exibe no respectivo campo de E/S.

A tabela que possui colunas de T (°C), “PTOC Is IN (A)” e “PTOC Td OUT (min)” permite que o usuário insira valores. Os valores de “PTOC Is OUT (A)” e “PTOC Td OUT (min)” serão calculados por um algoritmo (algoritmo confidencial), serão exibidos nos respectivos campos de E/S e serão enviados ao CLP se o valor atual da temperatura exceder o valor do "Delta T (°C)". Existe um botão "Envoyer valeurs à l'automate" que permite ao usuário enviar os valores calculados (PTOC Is OUT (A) e PTOC Td OUT (min)), mesmo que o valor de "Delta T (°C) corrente ”não exceda o valor de“ Delta T (°C)”.

A tabela “Analogique core J” e “SAMU I” recuperam os valores limites e os fixam nos campos de E/S correspondentes. Os valores dessas duas tabelas são os mesmos da tabela de “Valeurs calculées à envoyer”. Há um botão próximo às tabelas Analog J e SAMU I, chamado "Envoyer defaults", que permite enviar os valores de 200 Amps e 9 segundos para os campos de E/S das tabelas “Analogique core J” e “SAMU I”.

À esquerda, há a função PSC e, para usá-la, o botão normal deve ser ativado. O botão na coluna "Activation PSC” acende em verde para mostrar que o usuário está agora na função PSC. Existem dois dispositivos para esta função, o “Analogique core J” e o “SAMU I”, cada um com seis regimes. Cada vez que o botão do regime é pressionado, a cor do botão muda de laranja para verde e o botão muda de HS (Fora de serviço) para ES (Em serviço). Também existem tabelas que mostram os limites em Amperes (lidos novamente no equipamento de proteção) (IS1, IS2, IS3) e o respectivo tempo em minutos para cada equipamento e seus regimes

Figura 12 - Vista PSL-DLR de ASNIERES1

The screenshot displays the 'ASNIERES 1' interface, divided into two main sections: 'Protection surcharge câble' and 'DLR'.

Protection surcharge câble: This section features a grid of six regimes (Régime 1 to Régime 6) and an 'Activation PSC' column. Each regime has a status indicator (HS or ES) and a corresponding button. Below this grid are two tables for 'Analogique core J' and 'SAMU I', each with columns for 'Seuil(A)' and 'Temps(min)' across six regimes.

	Régime 1	Régime 2	Régime 3	Régime 4	Régime 5	Régime 6	Activation PSC
Analogique core J	HS	ES	HS	HS	HS	HS	ES
SAMU I	HS	ES	HS	HS	HS	HS	ES

DLR: This section contains several data tables and control buttons. It includes a 'Valeurs calculées à envoyer' table with columns for 'T(°C)', 'PTOC Is IN(A)', and 'PTOC Td OUT(min)'. Below this is a 'Lecture Paramètres Protection' table for both 'Analogique core J' and 'SAMU I', showing 'PTOC Is OUT(A)' and 'PTOC Td OUT(min)' values.

T(°C)	PTOC Is IN(A)	PTOC Td OUT(min)
-5,0	480,0	25
0,0	440,0	20
20,0	320,0	15
50,0	110,0	10

Buttons include 'Envoyer valeurs à l'automate' and 'Envoyer defaults'.

3.7 Vistas do Sistema

A visualização geral do sistema com todos os equipamentos utilizados foi dividida em seis vistas com base na visualização, para que o operador possa visualizar e supervisionar melhor todos os equipamentos da subestação em tempo real e com boa precisão. Dessa forma, se ocorrer uma falha, o operador pode encontrá-las de uma maneira mais fácil. O objetivo desta seção é fornecer informações sobre a comunicação entre os diferentes dispositivos, verificando seus bits de qualidade. Para verificar o status da conexão dos periféricos, cores diferentes são definidas no contorno dos equipamentos. As informações são definidas da seguinte forma: vermelho representa um estado LIGADO, amarelo um estado INVÁLIDO e cinza um estado DESLIGADO. O SNMP foi usado para ler essas informações.

A Figura 13 representa a vista do sistema de proteção e mostra os quatro computadores usados para desenvolver, configurar e supervisionar o projeto, além de mostrar os equipamentos de medição e proteção utilizados, o roteador usado para conectar os computadores e a antena GPS para sincronizar o tempo de todos os equipamentos.

A Figura 14 representa a vista do sistema de manutenção e mostra os comutadores RS900 e suas conexões com as SAMU e também mostra os RMC40 usados no projeto.

As figuras 15 e 16 representam vistas do sistema HSR1 F4 e HSR2 A1 e mostram a parte de comunicação de redundância do projeto que usa o protocolo HSR. O princípio deste protocolo é a replicação de *frames* nos dois lados do anel HRS.

A Figura 17 representa a vista do sistema de proteção de barramento diferencial e mostra todos os SAMU usados para os treze postes elétricos do projeto para executar a função de proteção diferencial de barras; de acordo com a topologia do projeto foram utilizados 17 pontos de medidas de corrente.

A Figura 18 representa a vista do sistema de monitoramento com uma arquitetura composta por treze A8000s; o papel deste equipamento é adquirir e processar os dados dos cento e três sensores SF6 e dos dois sensores atmosféricos.

Figura 13 - Vista do sistema de proteção

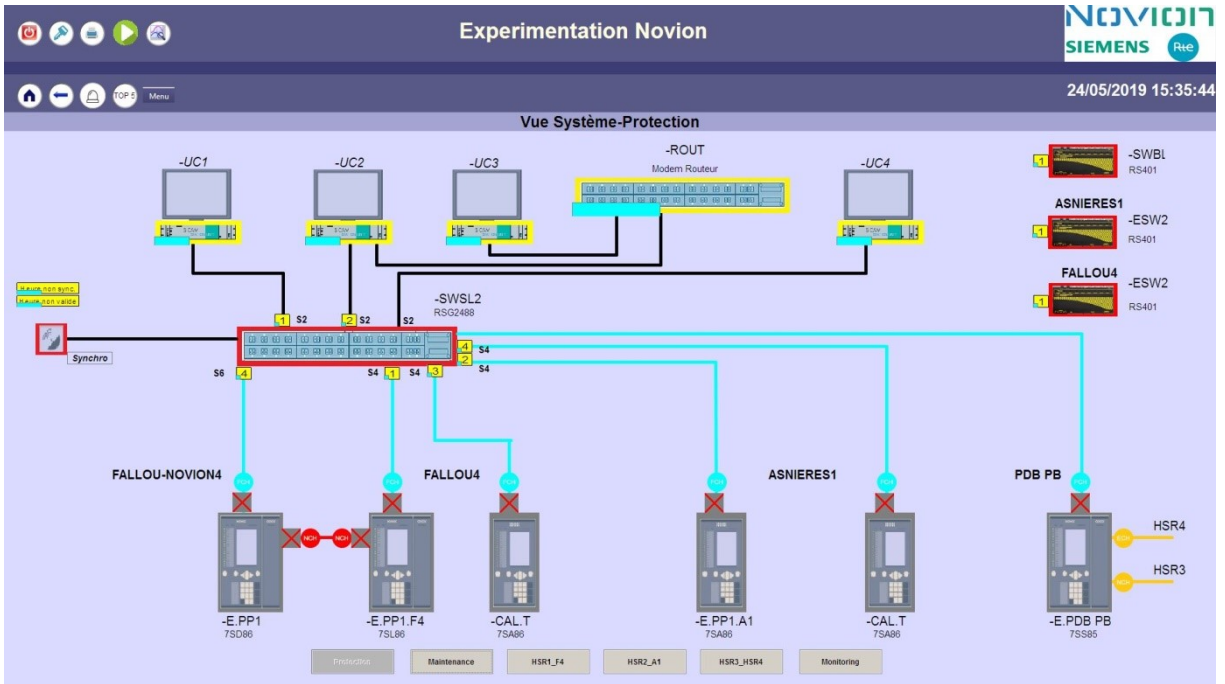


Figura 14 - Visualização do sistema de manutenção

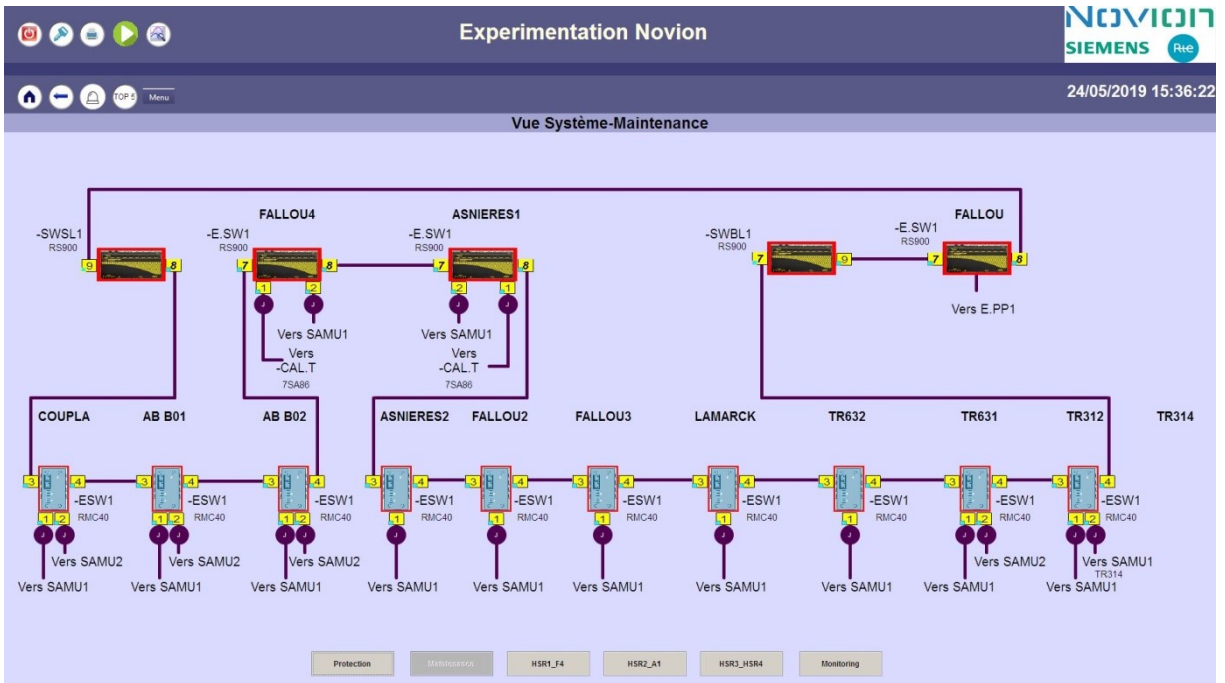


Figura 15 - Vista da malha HSR1 F4

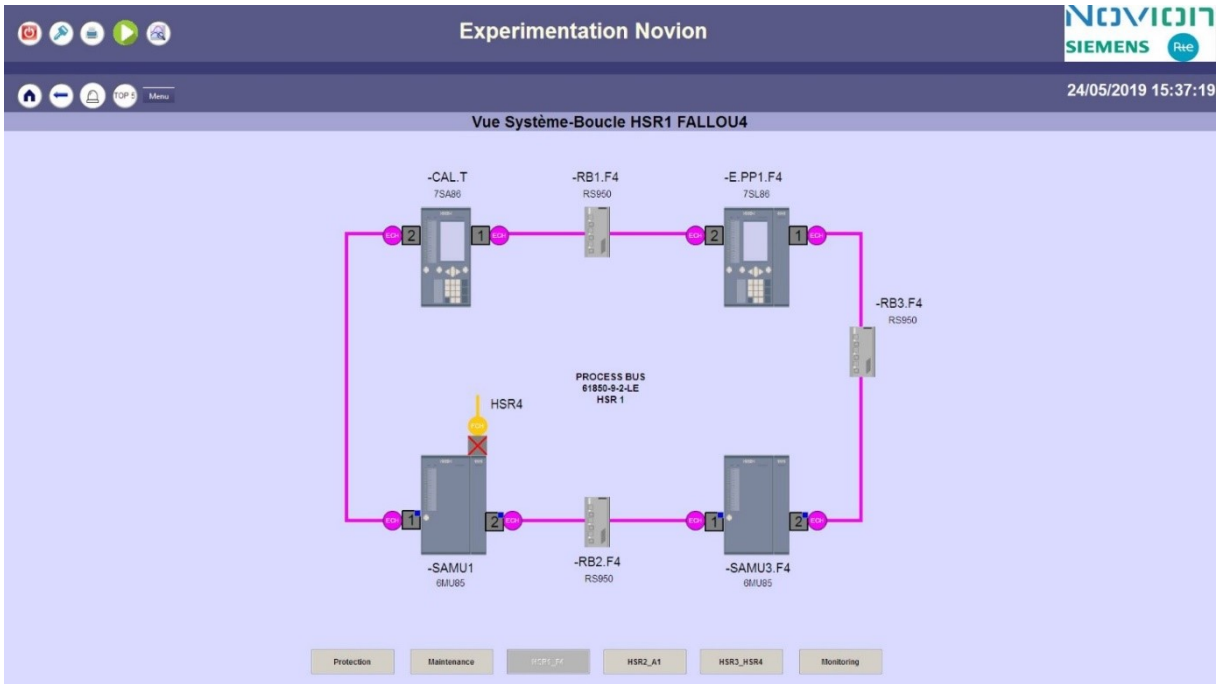


Figura 16 - Vista da malha HSR2 A1

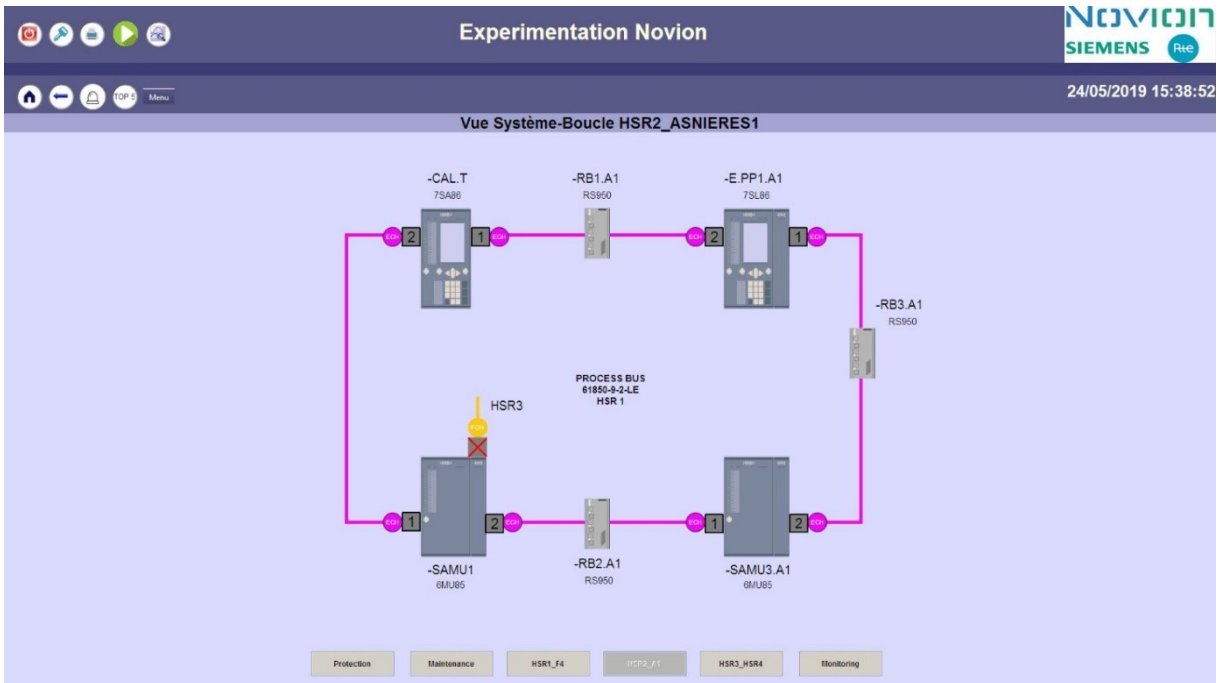
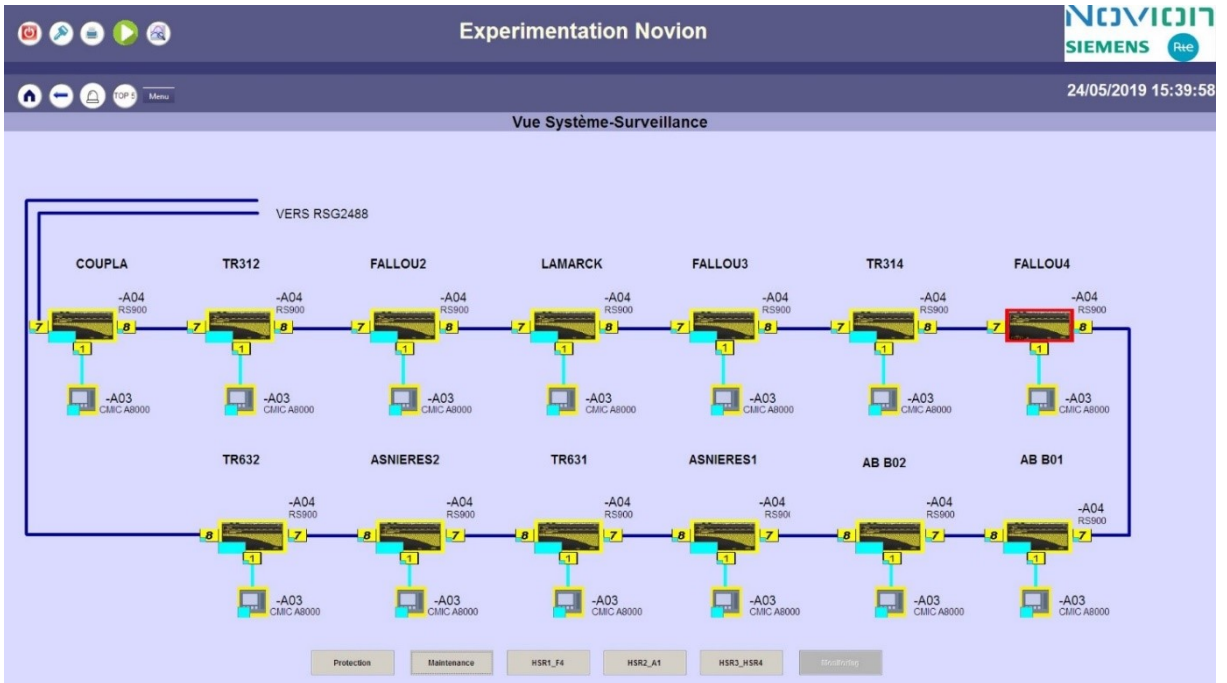


Figura 17 - Vista do sistema proteção diferencial de barramento



Figura 18- Vista do sistema de monitoramento



4 Experimentos e resultados

Esta seção do trabalho tem como finalidade apresentar os resultados obtidos no decorrer do desenvolvimento do projeto.

Após o desenvolvimento das visualizações do sistema supervisorio realizou-se testes de validação para determinadas funções presentes no projeto. Decidiram-se, inicialmente, quais seriam os testes necessários e os procedimentos para realizá-los a fim de garantir o bom funcionamento das funções criadas. Posteriormente, os testes eram realizados e, em seguida, os procedimentos e as capturas de tela (quando necessárias) eram escritos em francês e documentados no DFE, seguindo as especificações da empresa para sua escrita. Para os propósitos desse trabalho, todos os DFE foram traduzidos para o português.

Os testes e os DFE foram realizados para testar e confirmar a operação das funções TOP5, Configuração Automática Adaptativa, Gravador de Falhas e Vista de monitoramento SF6. O objetivo era que ao término do desenvolvimento de uma função, o DFE fosse escrito entre dez e quinze dias, para evitar um possível esquecimento do procedimento realizado e evitar refazê-lo.

O procedimento e os DFE de cada função serão apresentados a seguir. O documento apresenta alguns aspectos em comum, como por exemplo, o título, a data de início e de fim, o local de realização, o responsável pela realização, a descrição, os resultados e o tipo do teste, além de sua descrição.

A primeira função testada foi a função de Vista e monitoramento SF6. O documento escrito descreve os testes e procedimentos seguidos para verificar o bom funcionamento das medidas do SF6 e a mudança de cor dos botões do compartimento.

O primeiro teste dessa função foi a verificação dos valores medidos pela pressão. A ficha do teste e as capturas de tela realizadas estão representadas abaixo.

Título do teste:	Medida de pressão SF6	Número do teste:	<u>E1.1_Medidas_Pressão_SF6</u>
Data de início do teste:	10/04/2019	Data de fim do teste:	10/04/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	A03_ASNIE1_H

Condições iniciais:	Os sensores devem estar energizados e conectados.		
Descrição do teste:			
-Bombear com uma bomba manual para alterar o valor da pressão de 4 bar relativo a 5,3 bar relativo.			
1. Verificar a mudança de cor do campo de E/S e da seta “Pression@20°” C na IHM. As cores devem mudar para vermelho se o valor da pressão estiver entre 3 e 4,7 bar, para laranja se o valor da pressão estiver entre 4,7 e 5 bar e para verde se o valor da pressão estiver entre 5 e 5,3 bar, em função dos valores medidos.			
2. Os valores da pressão devem ser exibidos nos campos de E/S “Pression@20°C” e “Pression” a cada dois segundos, quando houver uma alteração na pressão.			
3. Verificar a exibição dos valores de “Pression@20°C” no “Online Table Control” a cada minuto e no “Online Trend Control” a cada segundo.			
4. Deve-se verificar que existe uma diferença de cerca de 1 bar entre o valor de “Pression@20°C” e o valor da “Pression”. Isso ocorre pois a unidade de medida da variável “Pression@20°C” está em bar relativo e a unidade da “Pression” está em bar absoluto.			
5. Verificar se os textos “CR” (em laranja) e “BP” (em vermelho) aparecem ao lado do Controle de Medida de “Pression@20 ° C”, de acordo com os valores medidos. O "CR" aparecerá quando o valor da pressão estiver entre 4,7 e 5 bar e o "BP" aparecerá quando o valor da pressão estiver entre 5 e 5,5 bar. Quando o valor da pressão é superior a 5 bar relativo, os dois textos "CR" e "BP" devem desaparecer.			
(*) : C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			
Resultados do teste:	C	Ações/Comentários:	
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:	X	Aquisição física	Arquitetura do sistema
		Interface	Configuração
		Operação	Proteção e Automação
	X	IHM	Migração
		Manutenção	Desempenho

Figura 19 - Imagem do teste com o valor da pressão igual a 3,616 bar em relativo

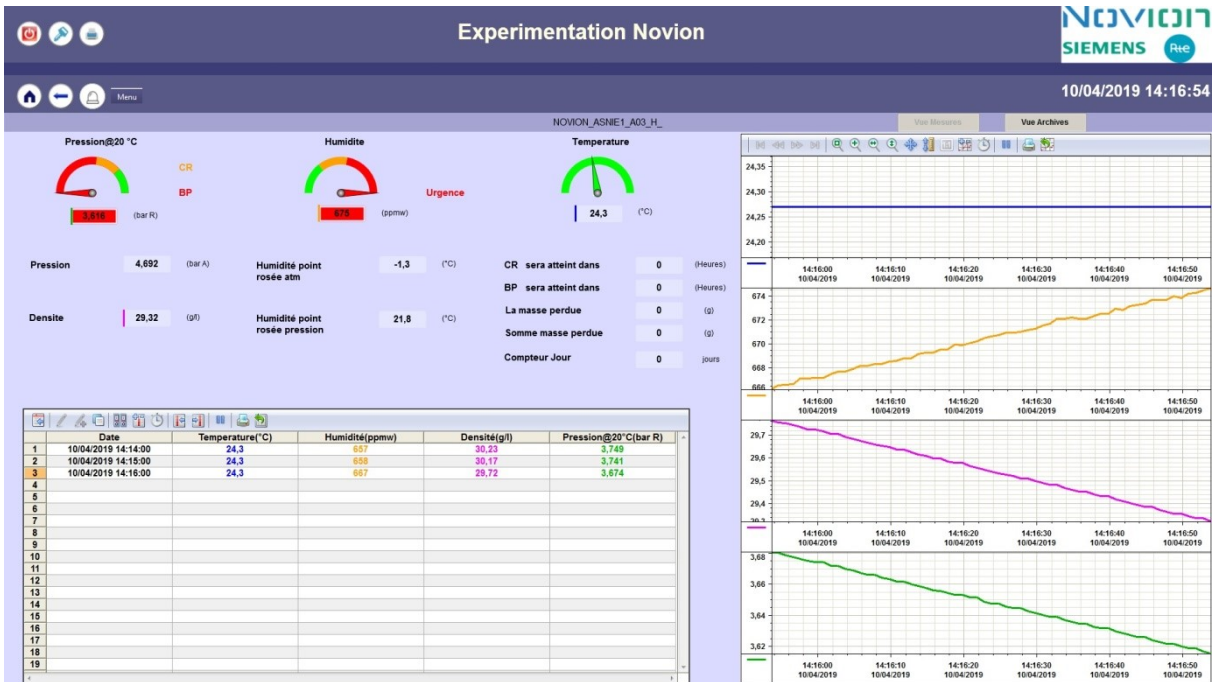
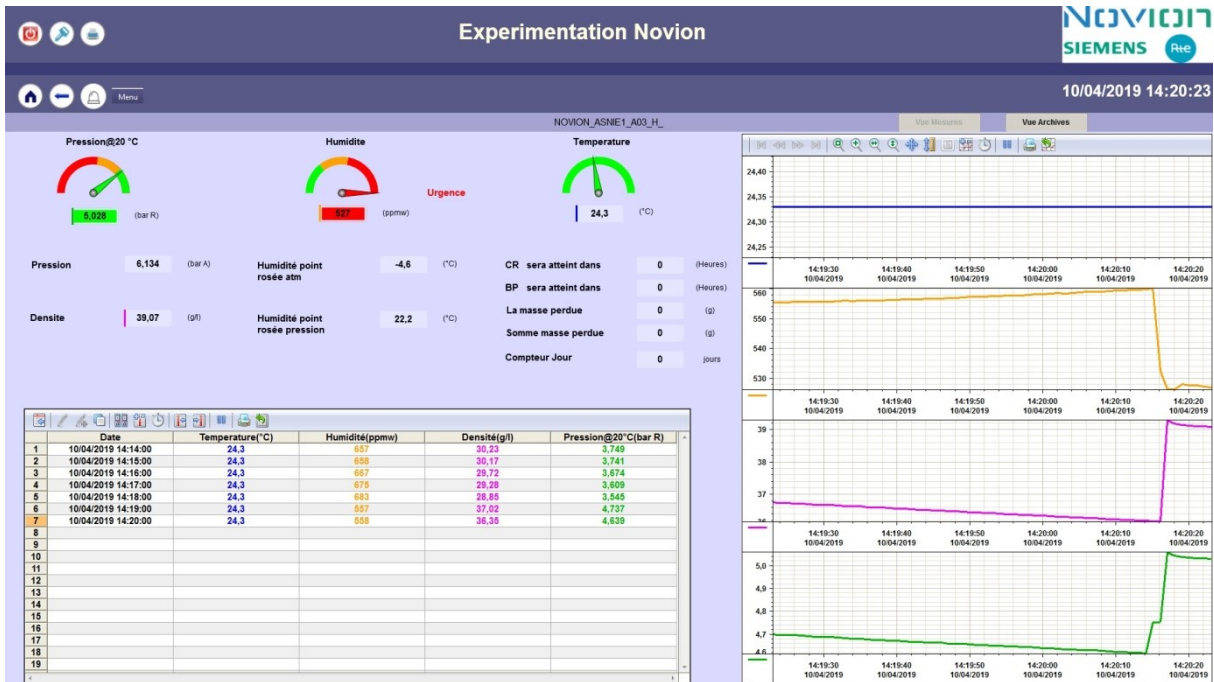


Figura 20 - Imagem do teste com o valor da pressão igual a 4,734 bar em relativo



Figura 21- Imagem do teste com o valor da pressão igual a 5,028 bar em relativo



Como observado nas figuras 19, 20 e 21, o campo E/S “Pression@20°C” teve sua cor alterada de acordo com a faixa de valor de pressão especificada na descrição do primeiro teste: Medida de pressão SF6.

O “Online Trend Control” e o “Online Table Control” são, respectivamente, os gráficos e a tabela que mostram as medidas de Temperatura, Umidade, Densidade e Pressão@20°C.

Foi testado em seguida o valor medido da Umidade. A ficha do teste e as capturas de tela realizadas estão representadas abaixo.

Título do teste:	Medições de umidade SF6	Número do teste:	E1.2_Medidas_Umidade_SF6
Data de início do teste:	10/04/2019	Data de fim do teste:	10/04/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	A03_ASNIE1_H

Condições iniciais:	Os sensores devem estar energizados e conectados.		
Descrição do teste:			
- Alterar manualmente o valor da umidade no SICAM PAS.			
1. Verificar a mudança de cor do campo de E/S e a seta “Humidite” na IHM. As cores devem mudar para verde se o valor da umidade estiver entre 0 e 116 ppmw, para laranja se o valor da umidade estiver entre 116 e 223 ppmw e para vermelho se o valor da umidade for maior que 223 ppw, dependendo do valores medidos.			
2. Os valores de umidade devem ser exibidos no campo E/S “Humidite” a cada dois segundos, quando houver uma alteração na umidade.			
3. Verificar a exibição dos valores de umidade no “Online Table Control” a cada minuto e no “Online Trend Control” a cada segundo.			
4. Verificar se os textos "Limite" (em laranja) e "Urgence" (em vermelho) aparecem ao lado do Controle de media de umidade, de acordo com os valores medidos. O "Limite" aparecerá quando o valor da umidade estiver entre 116 e 223 ppmw e o "Urgence" aparecerá quando o valor da umidade for maior que 223 ppmw.			
(*) : C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			
Resultados do teste:	C	Ações/Comentários:	
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:	X	Aquisição física	Arquitetura do sistema
		Interface	Configuração
		Operação	Proteção e Automação
	X	IHM	Migração
		Manutenção	Desempenho

Figura 22 - Imagem do teste com um valor de umidade igual a 100 ppmw

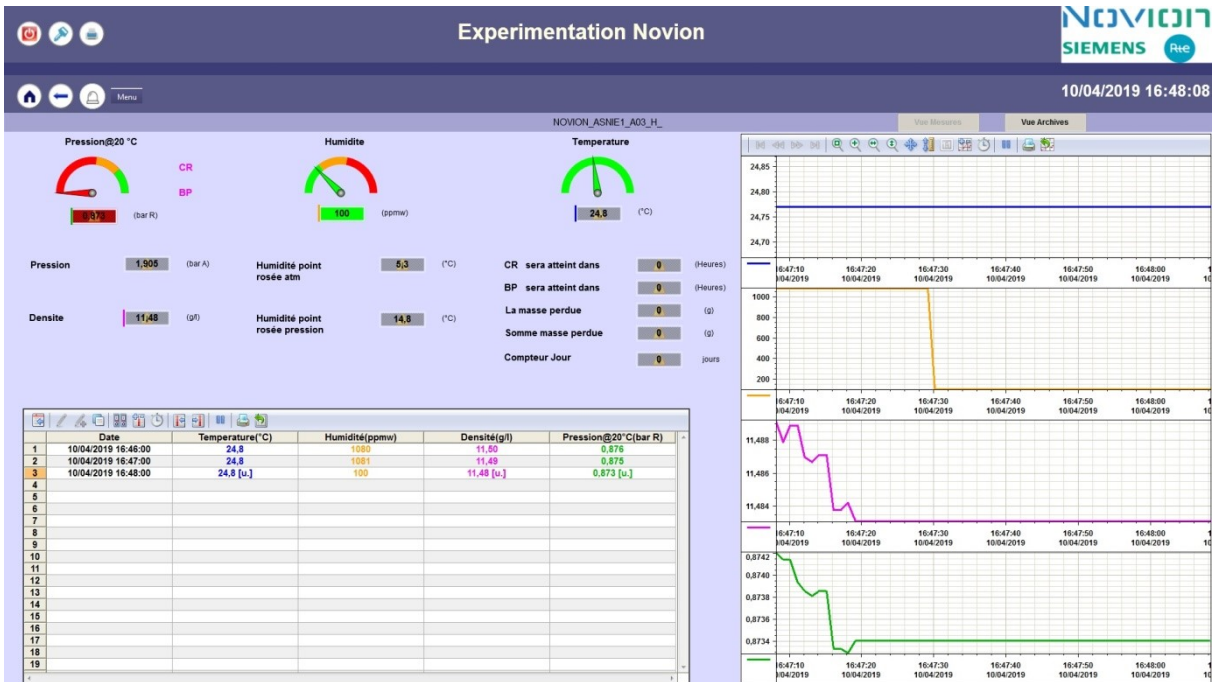


Figura 23 - Imagem do teste com um valor de umidade igual a 125 ppmw



Figura 24 - Imagem do teste com um valor de umidade igual a 230 ppmw



Como observado nas figuras 22, 23 e 24, o campo E/S de “Humidite” teve sua cor alterada de acordo com a faixa de valor de umidade especificada na descrição do segundo teste: Medições de umidade SF6.

O próximo teste foi realizado para verificar a mudança de cor nos botões dos compartimentos. A alteração de cor dos botões foi utilizada para mostrar visualmente a existência ou não de alarme em um determinado(s) compartimento(s). A ficha do teste e as capturas de tela realizadas estão representadas abaixo:

Título do teste:	Cor dos botões	Número do teste:	E1.3_Cor_Botões_SF6
Data de início do teste:	11/04/2019	Data de fim do teste:	11/04/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	A03_ASNIE1_H e A03_ASNIE1_A
Condições iniciais:	Os sensores devem estar energizados e conectados.		
Descrição do teste:			

<p>1. Colocar 2 nas tags "NOVION_XXXXX_A03_x_F_1_LDIDFSGIS_x_SIMG0_InsAlm.Value" e "NOVION_XXXXX_A03_x_F_1_LDIDFSGIS_x_SIMG0_InsTr.Value" respectivamente para alterar o valor de CR e BP.</p> <p>2. Tenha cuidado com o primeiro _XXXXX_ que representa o poste elétrico e o outro _x_ representa o nome do compartimento.</p> <p>3. Verificar a alteração das cores dos botões na exibição da vista unifilar da IHM. As cores devem ser vermelha, o que indica que há alarme no compartimento.</p> <p>4. Colocar 1 nas tags "NOVION_XXXXX_A03_x_F_1_LDIDFSGIS_x_SIMG0_InsAlm.Value" e "NOVION_XXXXX_A03_x_F_1_LDIDFSGIS_x_SIMG0_InsTr.Value" respectivamente para alterar o valor de CR e BP.</p> <p>5. Verificar a alteração das cores dos botões na exibição da vista unifilar da IHM. As cores devem ser cinza, o que indica que não há alarme no compartimento.</p> <p>(*): C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)</p>			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			
Resultados do teste:	C	Ações/Comentários:	
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:	X	Aquisição física	Arquitetura do sistema
		Interface	Configuração
		Operação	Proteção e Automação
	X	IHM	Migração
		Manutenção	Desempenho

Convencionou-se para cada valor colocado nas tags “InsAlm.Value” e “InsTr.Value” de cada compartimento no SICAM PAS uma determinada representação. O valor 0 representa a desenergização de algum sensor, o valor 1 representa a não existência de alarme e o valor 2 representa a existência de alarme.

Figura 25 - Imagem de teste da vista unifilar mostrando a cor dos botões A e H em vermelho (alarme)

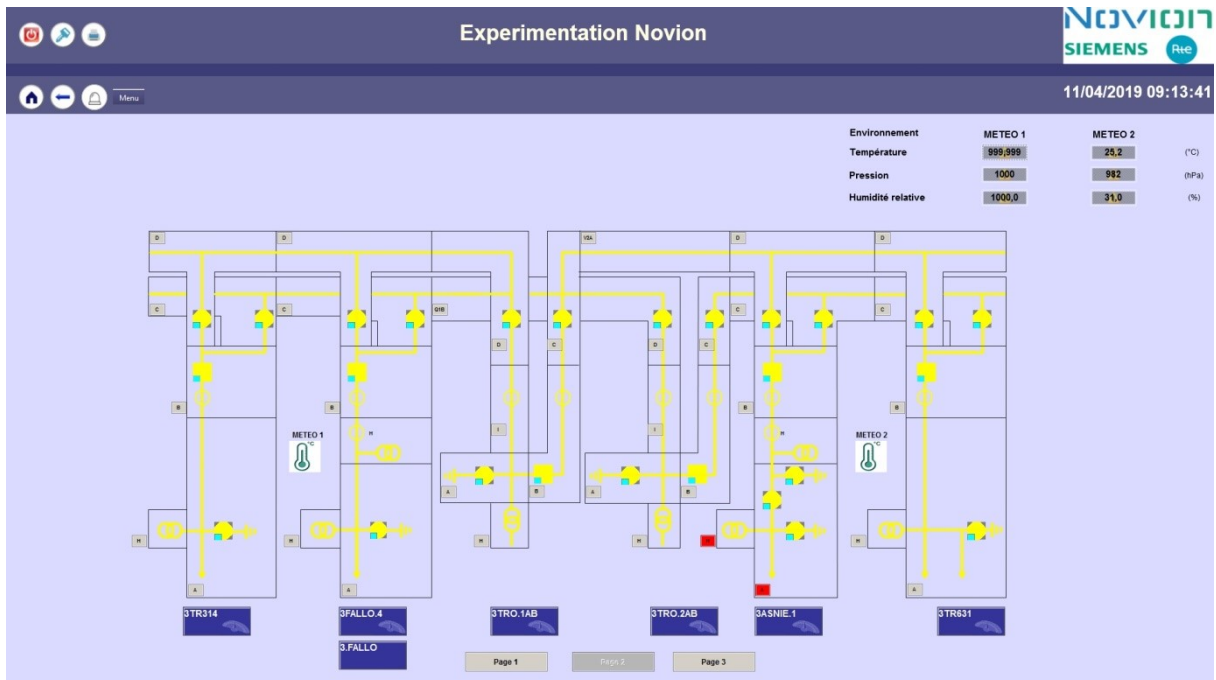


Figura 26 - Imagem de teste da vista unifilar mostrando a cor dos botões A em cinza (sem alarme) e do H em vermelho (alarme)

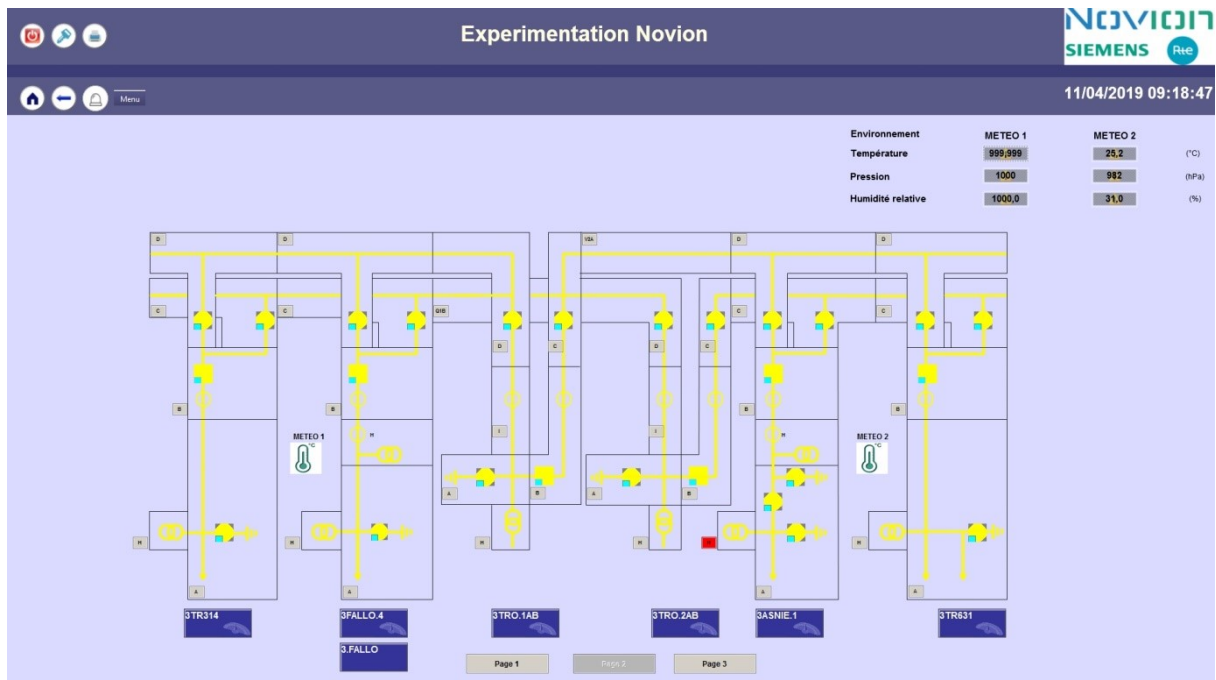
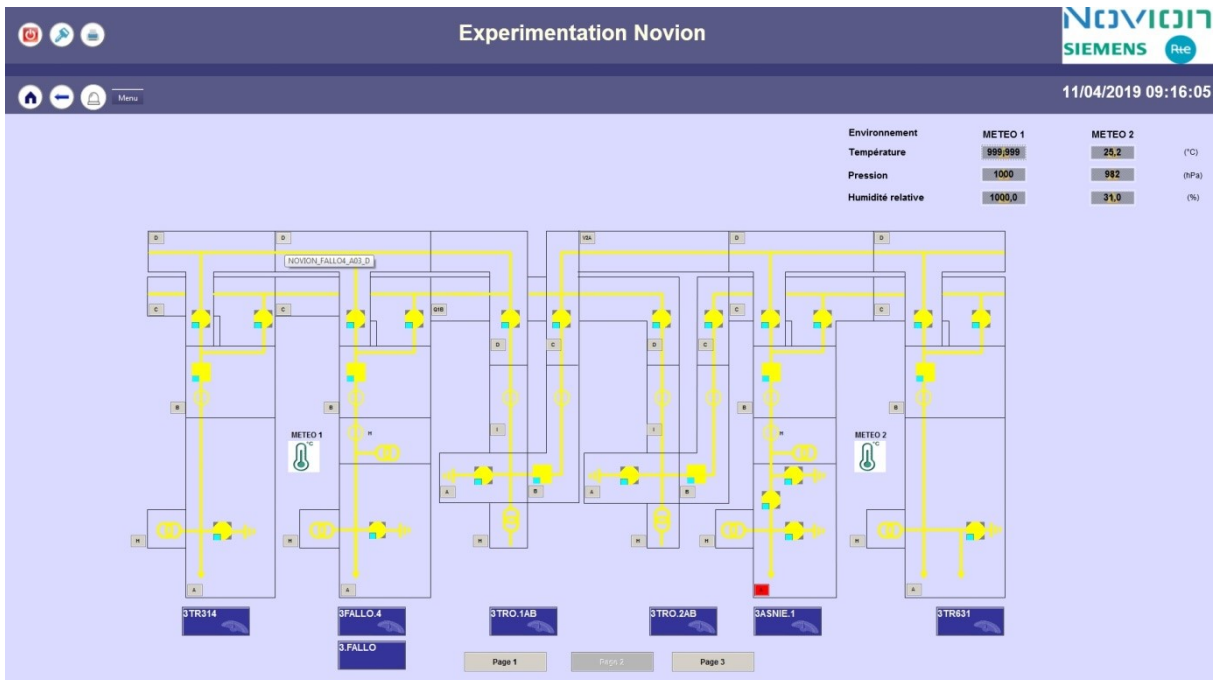


Figura 27 - Imagem de teste da vista unifilar mostrando a cor dos botões H em cinza (sem alarme) e do A em vermelho (alarme)



No primeiro teste, foi colocado o valor de 2 nas tags de ambos os compartimentos, A e H de ASNIE1. Observa-se pela figura 25 que ambos os botões dos compartimentos, A e H, de ASNIE1 mostraram a cor vermelha, confirmando assim, o que foi realizado no primeiro teste da função: Cor dos botões.

Em seguida, alterou-se o valor das tags do compartimento A de ASNIE1 para 1 e manteve-se o valor das tags do compartimento H de ASNIE1 igual a 2. O resultado é mostrado na figura 26. Observa-se nesta figura que o compartimento H continua com a cor vermelha e que o compartimento A está com a cor cinza, de acordo com o que foi convencionado no SICAM PAS.

Por último, alterou-se o valor das tags do compartimento A de ASNIE1 para 2 e o valor das tags do compartimento H de ASNIE1 para a 1. O resultado é mostrado na figura 27. Observa-se nesta figura que o compartimento H está com a cor cinza e que o compartimento A está com a cor vermelha, de acordo com o que foi convencionado no SICAM PAS.

O próximo teste foi realizado para verificar as medidas de densidade, umidade do ponto de orvalho à pressão atmosférica, umidade do ponto de orvalho na pressão do compartimento, pressão e temperatura. A ficha do teste e as capturas de tela realizadas estão representadas abaixo:

Título do teste:	Verificação de medidas SF6 em tempo real	Número do teste:	E1.5_Medidas_SF6
Data de início do teste:	11/04/2019	Data de fim do teste:	11/04/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	A03_ASNIE1_H e A03_ASNIE1_A
Condições iniciais:	Os sensores devem estar energizados e conectados.		
Descrição do teste:			
<p>1. Verificar a exibição dos valores de densidade, umidade do ponto de orvalho à pressão atmosférica, umidade do ponto de orvalho na pressão do compartimento, pressão e temperatura nos campos de E/S “Densite”, “Humidité point rosée atm”, “Humidité point rosée pression” e “Temperature” respectivamente, a cada dois segundos, quando houver uma alteração nesses valores.</p> <p>2. Verificar a exibição dos valores de densidade e temperatura no “Online Table Control” a cada minuto e no “Online Trend Control” a cada segundo.</p> <p>3. Verificar a alteração da seta no campo “Temperature” de E/S quando houver uma alteração no valor.</p> <p>(*): C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)</p>			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			
Resultados do teste :	C	Ações/Comentários:	
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:		Aquisição física	Arquitetura do sistema
		Interface	Configuração
		Operação	Proteção e Automação
	X	IHM	Migração
		Manutenção	Desempenho

Figura 28 - Imagem de teste dos valores do compartimento A da seção de ASNIE1

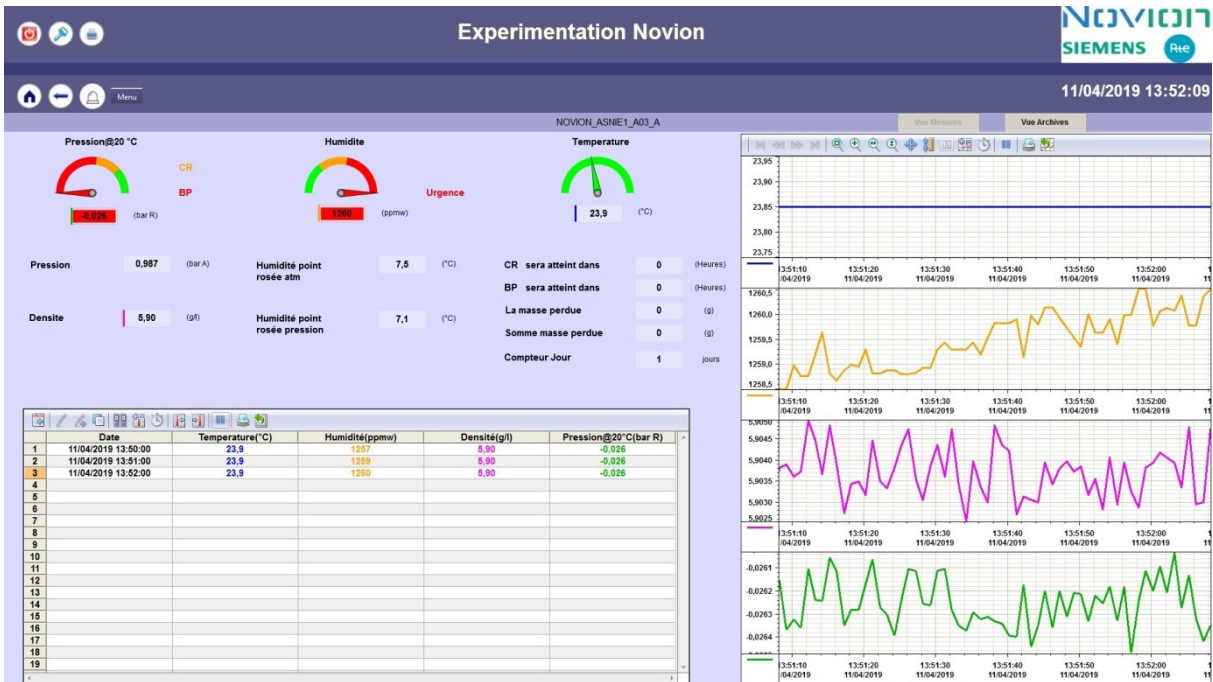


Figura 29 - Imagem de teste dos valores do compartimento H da seção de ASNIE1



Como observado nas figuras 28 e 29, as duas medidas: “Densite” e “Temperature” tiveram seus respectivos valores adicionados no “Online Trend Control” e no “Online Table

Control” conforme especificado na descrição do quarto teste: Verificação de medidas SF6 em tempo real. Além disso, as outras duas medidas: “Humidité point rosée atm”, “Humidité point rosée pression” tiveram seus valores fixados nos respectivos campos de E/S.

Além das funções de medidas SF6, foram testadas, também, as vistas de arquivamento de medidas. As vistas de medidas SF6 (“Vue Mesures”) mostravam em tempo real as alterações nas medidas de temperatura, umidade, densidade e Pressão@20°C; criou-se uma vista (“Vue Archives”) para arquivar os valores dessas medidas nas últimas 24 horas (entretanto, para este teste a hora de início foi alterada para examinar os dados em um período de uma hora). A ficha do teste e as capturas de tela realizadas estão representadas abaixo.

Título do teste:	Verificação de medidas SF6, histórico	Número do teste:	E1.6_Medidas_SF6
Data de início do teste:	15/04/2019	Data de fim do teste:	15/04/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	A03_ASNIE1_H e A03_ASNIE1_A
Condições iniciais:	Os sensores devem estar energizados e conectados.		
Descrição do teste:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Clicar no botão chamado "Vue Archives" 2. Verificar se os valores de densidade, temperatura, Pressão20°C e umidade foram exibidos no “Online Trend Control” a cada segundo. 3. Para selecionar as curvas, clicar no botão "Sélection d’une plage de temps". Uma nova janela será aberta. Deve-se clicar no botão "Courbes" para escolher a curva desejada. 4. Deve-se clicar no botão “Paramétrage” e escolher a opção "Heure de début à l’heure d’arrête". Para este teste, a hora de início foi alterada para examinar os dados em um período de uma hora. 5. Depois de escolher a curva e o intervalo de tempo, deve-se verificar se o eixo de tempo modificado era o eixo de tempo da curva selecionada (a curva de pressão no caso). Não é possível selecionar várias curvas ao mesmo tempo para visualizar essas medidas. 			
(*) : C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			

Resultados do teste:	C	Ações/Comentários:	
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:		Aquisição física	Arquitetura do sistema
		Interface	Configuração
		Operação	Proteção e Automação
	X	IHM	Migração
		Manutenção	Desempenho

Figura 30 - Vista de arquivos do compartimento A de ASNIE1

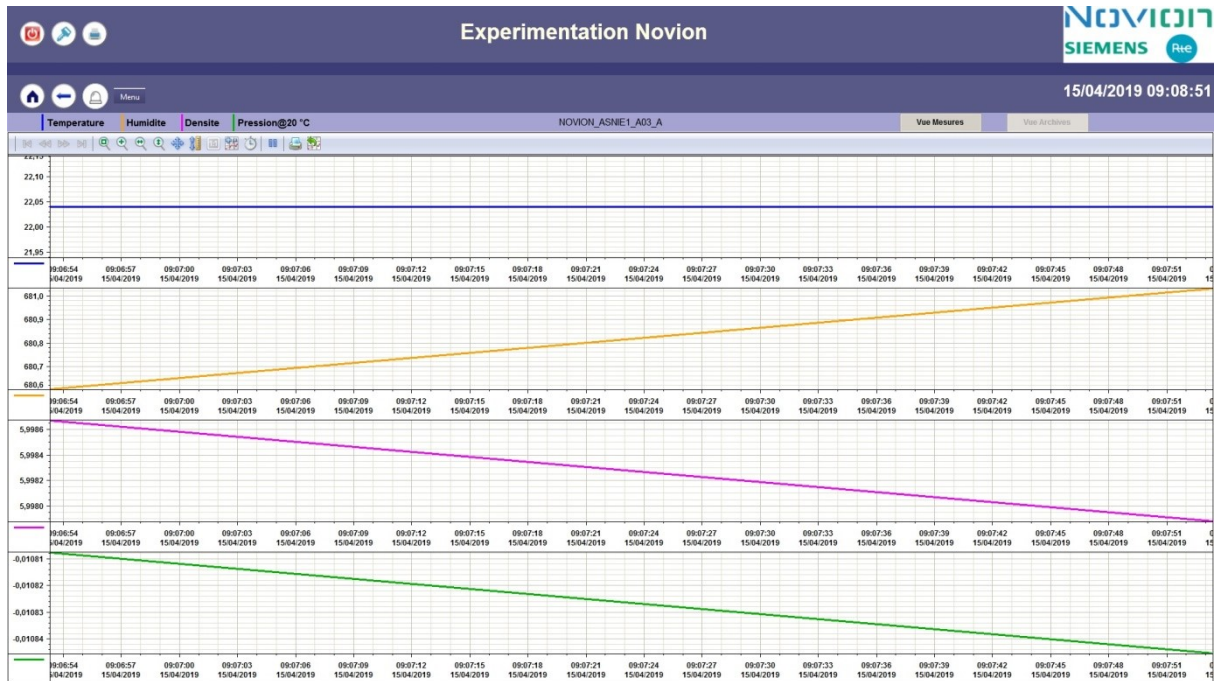


Figura 31 - Seleção da curva na vista de arquivos do compartimento A de ASNIE1

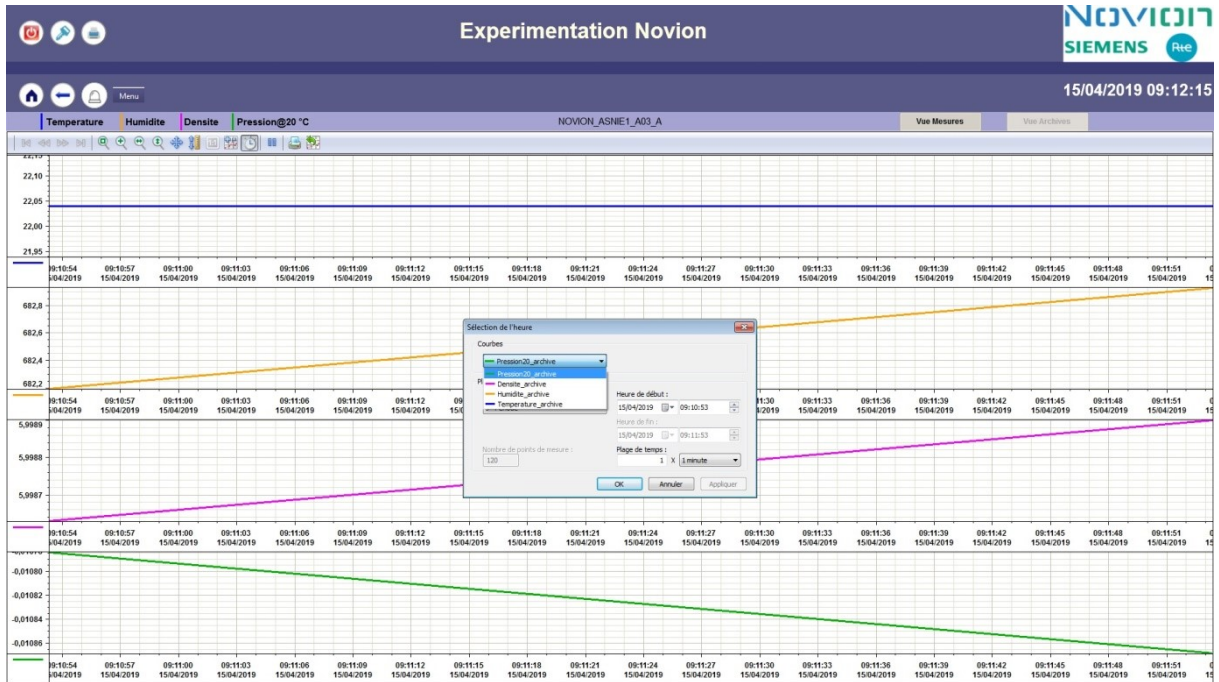


Figura 32 - Seleção do período na vista de arquivos do compartimento A de ASNIE1

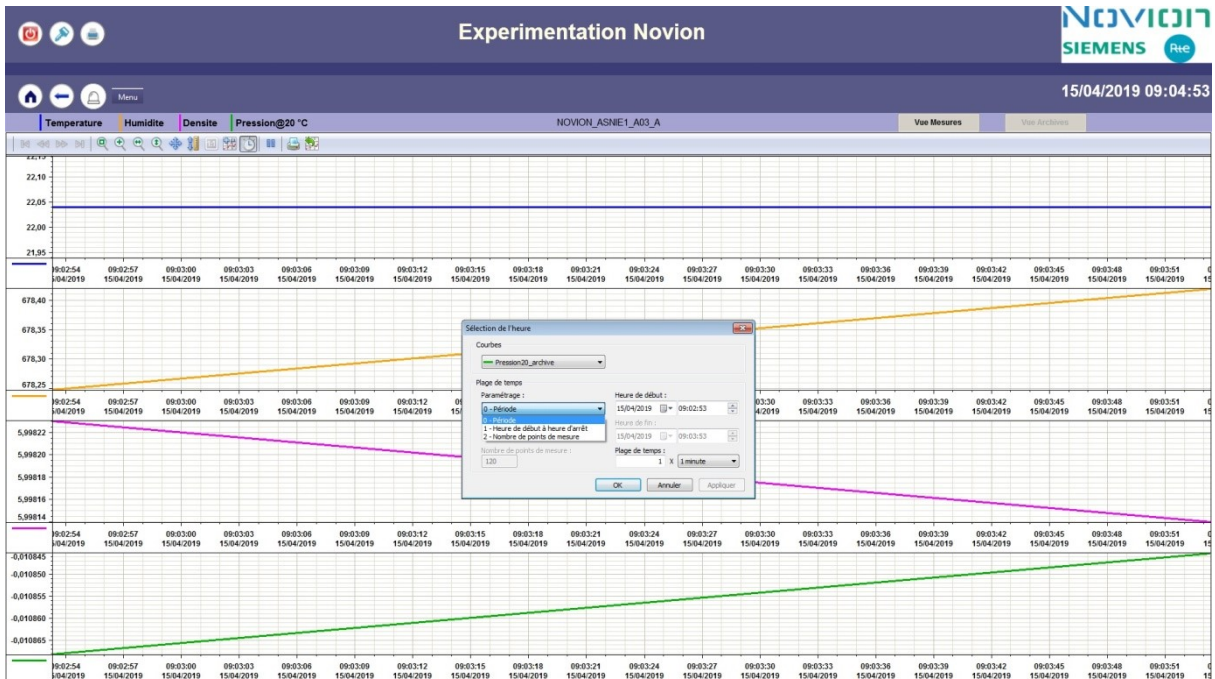


Figura 33 - Vista selecionada do compartimento A de ASNIE1



O mesmo procedimento foi realizado, mas agora para o compartimento H de ASNIERES1. Dessa forma, não serão colocadas as capturas de tela para esse compartimento.

A figura 30 mostra os valores para as quatro medidas: “Densité”, “Humidité point rosée atm”, “Humidité point rosée pression” e “Temperature” adicionados no “Online Trend Control”. A figura 31 mostra que a medida escolhida para análise a medida “Pression@20°C” representada pelo nome “Pression_20_archive”. As figuras 32 e 33 mostram a faixa de intervalo de tempo em que se deseja analisar o histórico de medidas da variável (no caso, foi escolhido o valor de uma hora). Por fim, a figura 33 mostra também as variações da variável “Pression@20°C” no decorrer de uma hora. O procedimento realizado seguiu as especificações descritas no quinto teste: Verificação de medidas SF6, histórico.

Enfim, a partir dos procedimentos e dos testes realizados foi possível verificar o bom funcionamento das funções citadas acima. Todas elas funcionaram de acordo com o esperado, mostrando a importância da realização de testes e de sua documentação em um projeto.

Além dessas funções, foi necessário realizar um teste para verificar a capacidade total de arquivamento necessário para armazenar as medidas dos 105 compartimentos de SF6. Os procedimentos e os cálculos são mostrados, respectivamente nas tabelas 2 e na tabela 3. Além disso, a figura 34 mostra a capacidade total de arquivamento utilizada para armazenar as

medidas dos 105 compartimentos SF6. As figuras 35, 36 e 37 mostram a quantidade utilizada em cada uma das 3 pastas, para realizar o armazenamento das medidas do 105 compartimentos SF6.

Título do teste:	Verificação de medidas SF6	Número do teste:	E1.6_Arquivamento_SF6
Data de início do teste:	29/03/2019	Data de fim do teste:	01/04/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	Teste de arquivamento dos valores de SF6 medidos
Condições iniciais:	Os sensores devem estar energizados e conectados. WinCC ativado. O espaço livre em disco é de 300 GB.		
Descrição do teste:			
1. Deixar o WinCC ativado e o sensor ligado por 64 horas.			
2. Entrar na pasta chamada "ArchiveManager". Em seguida, verificar a quantidade de espaço usado para as três pastas, "AlarmLogging", "TagLoggingFast" e "TagLoggingSlow".			
3. Supor que a quantidade de dados arquivados aumente linearmente ao longo do tempo.			
4. Executar os cálculos como na tabela abaixo			
(*) : C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			
Resultados do teste:	C	Ações/Comentários:	
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:		Aquisição física	Arquitetura do sistema
		Interface	Configuração
	X	Operação	Proteção e Automação
		IHM	Migração
		Manutenção	X Desempenho

Tabela 2 - Configurações usadas para cálculo de armazenamento das medidas SF6

Início do arquivamento	Fim do arquivamento	Tempo total	Frequência de arquivamento	Número de sinais medidos	Capacidade utilizada	Capacidade total no disco	Capacidade/tempo
Data: 29/03/2019 Hora: 17H 05min	Data: 01/04/2019 Hora: 09H 12min	64 horas	1 minuto	7 sinais	228 Mo	300*1024 = 307200 Mo	228/64 = 3,5625 Mo/hora = 85,4893 Mo/dia

Tabela 3 - Cálculo da frequência de arquivamento

Cálculo estimado
105 compartimentos * 7 sinais = 735 sinais
Capacidade/tempo= (85,4893*735)/7 = 8976,3765 Mo/dia
Tempo de arquivamento = 307200/8976,3765 = 34,2232 dias

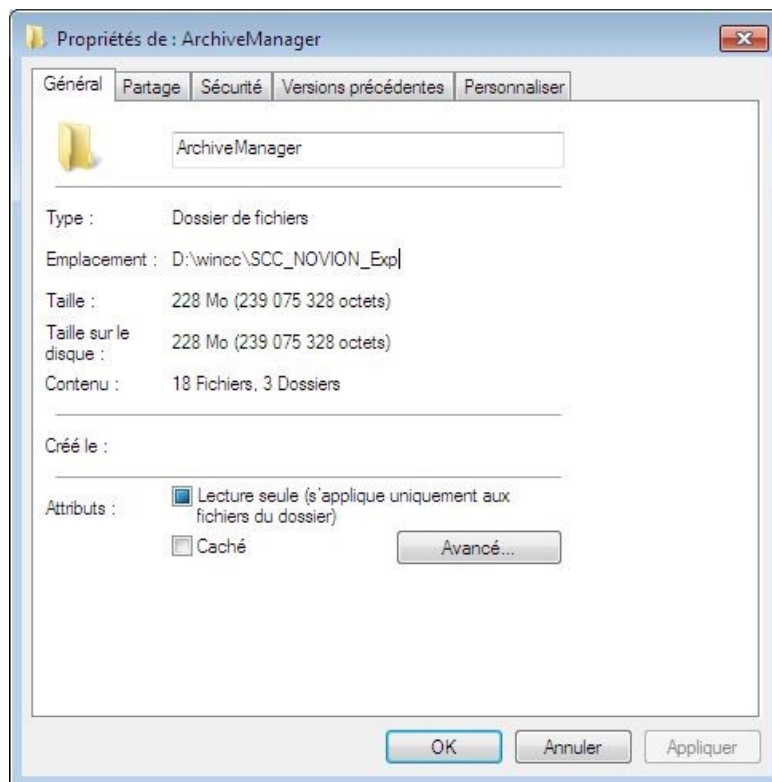
Figura 34 - Capacidade total usada na pasta “ArchiveManager”

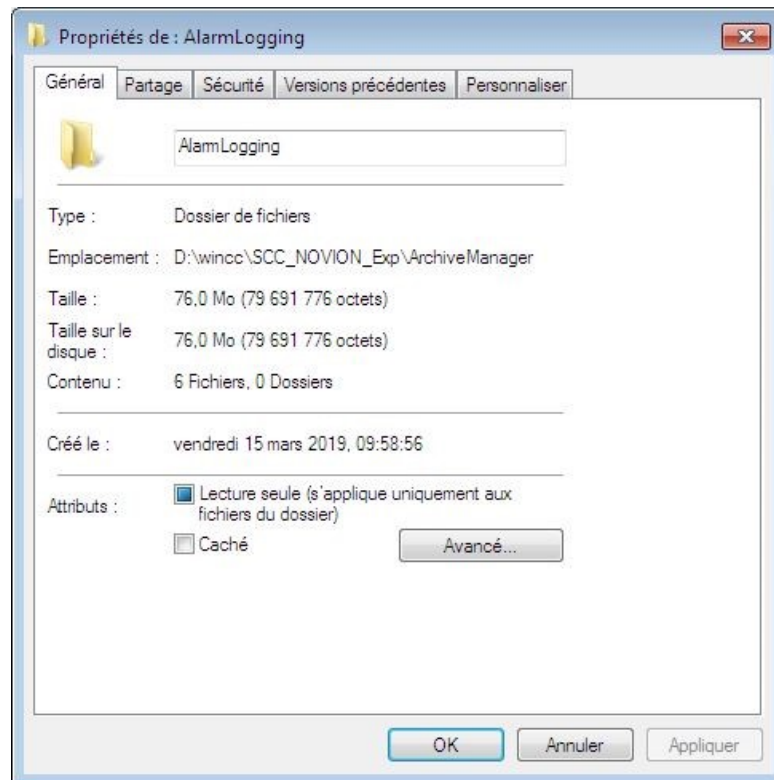
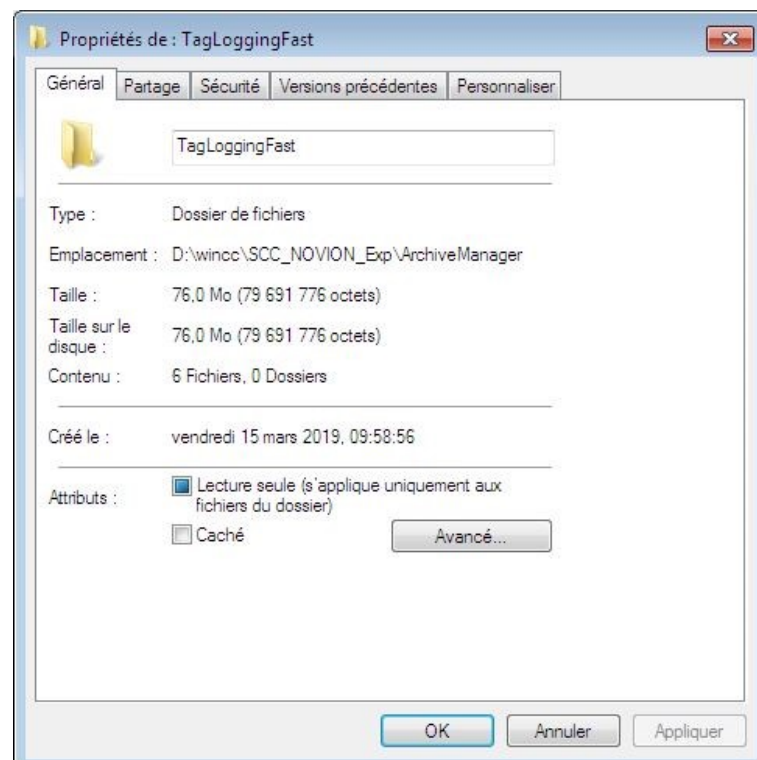
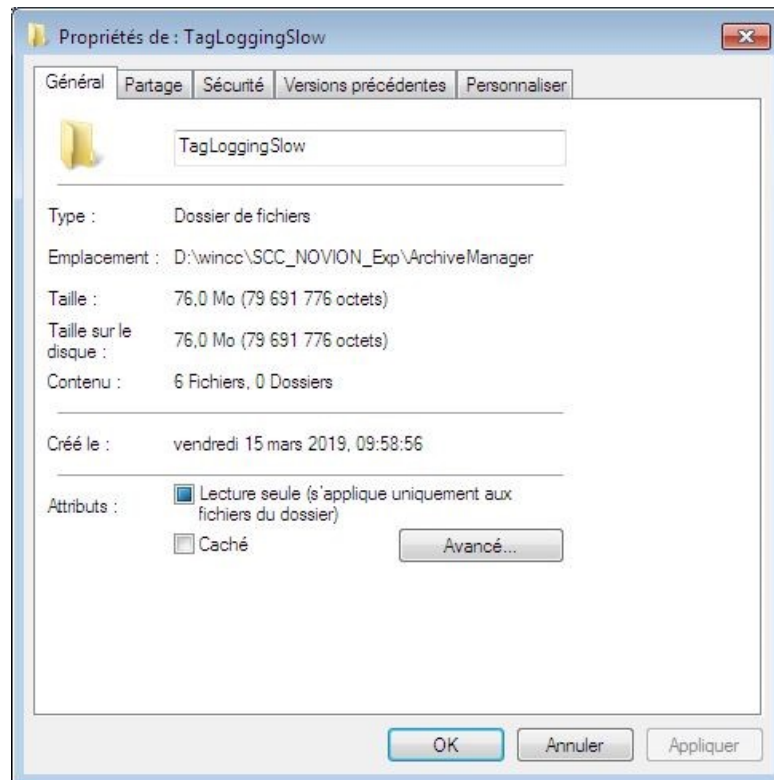
Figura 35 - Capacidade total usada na pasta “AlarmLogging”**Figura 36 - Capacidade total usada na pasta “TagLoggingFast”**

Figura 37- Capacidade total usada na pasta “TagLoggingSlow”



Vale lembrar que a unidade Mo (méga-octet) é utilizada na França e seu correspondente utilizado no Brasil é MB (MegaByte). Assim, após a realização deste teste e da verificação do tempo de arquivamento total em dias, informou-se ao responsável pelo projeto e foi necessário adquirir um disco com maior capacidade para armazenamento.

Além desses testes, outro teste realizado foi o do gravador de falhas. Este teste foi realizado com o objetivo de garantir o bom funcionamento do gerenciamento dos perturbadores do projeto. Os perturbadores são gráficos que mostram os estados das saídas e entradas binárias dos relés e a forma da corrente e da tensão e permite que os operadores analisem falhas. Dessa forma, os testes foram realizados e documentados nos DFE's.

O primeiro teste realizado para validar a função de gravador de falhas foi feito para verificar se os perturbadores seriam gravados pelo PQ Analyzer de forma periódica. Assim, foi realizado um disparo periódico com um período de 1 minuto e o tempo da ativação foi inserido em segundos. O tempo de ativação foi inserido no campo E/S intitulado “Heure déclenchement” (hora do disparo) como mostra a Figura 38. Vale lembrar que a unidade do tempo de ativação é em horas, mas para os propósitos desse teste, inseriram-se os valores com

unidades em segundos. Dessa forma, um gatilho será produzido a cada minuto no mesmo segundo. Primeiro, foi feita uma tentativa com um valor de tempo igual a 27 segundos. Em seguida, verificou-se se os perturbadores foram registrados no PQ Analyzer. Depois, o mesmo teste foi realizado, mas com valores de tempo iguais a 36 e 41 segundos. Essa função foi testada para os equipamentos CALT e EPP1 de ASNIERES1 e FALLO4 e para o equipamento EPP1 de FALLO4b. O DFE e as capturas de tela apresentando os resultados são mostrados nas imagens abaixo.

Para não alongar esta seção será mostrado somente as imagens das visualizações de ASNIERES1 com o tempo de ativação igual a 27 segundos e a visualização do PQ Analyzer do equipamento CALT de ASNIERES1 com os tempos de ativação de 27, 36 e 41 segundos. As demais imagens (da visualização de ASNIERES1 para 36 e 41 segundos e de FALLO4 e FALLO) apresentaram os mesmos resultados.

Título do teste:	Início periódico dos registradores de perturbações	Número do teste:	E1.1_Gravador_de_falha
Data de início do teste:	10/04/2019	Data de fim do teste:	10/04/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	
Condições iniciais:	- O ciclo do bloco de alarme CFC "Pertubo" nas proteções é igual a 1 - PQ Collector iniciado e ativado		
Descrição do teste:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para economizar tempo, testou-se um disparo periódico com um período de 1 minuto e inseriu-se o tempo de ativação em segundos. Portanto, em vez de produzir um gatilho todos os dias no mesmo horário (o valor verdadeiro enviado como parâmetro), um gatilho será produzido a cada minuto no mesmo segundo. 2. Enviar um parâmetro de tempo na IHM, por exemplo, 27 segundos 3. Consultar os perturbadores disponíveis no relé usando o PQ Analyzer 4. Verificar se há gravações periódicas de acordo com a frequência predefinida 5. Tentar as 3 etapas anteriores novamente 2 vezes com um valor de tempo diferente 6. Retornar o ciclo do bloco de alarme para 3 (diariamente). 			

(*) : C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			
Resultados do teste:	C	Ações/Comentários:	
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:		Aquisição física	Arquitetura do sistema
		Interface	Configuração
		Operação	X Proteção e Automação
		IHM	Migração
		Manutenção	Desempenho

Figura 38 - Imagem na IHM da visualização ASNIERES1 com um valor de 27 segundos para o momento de disparo

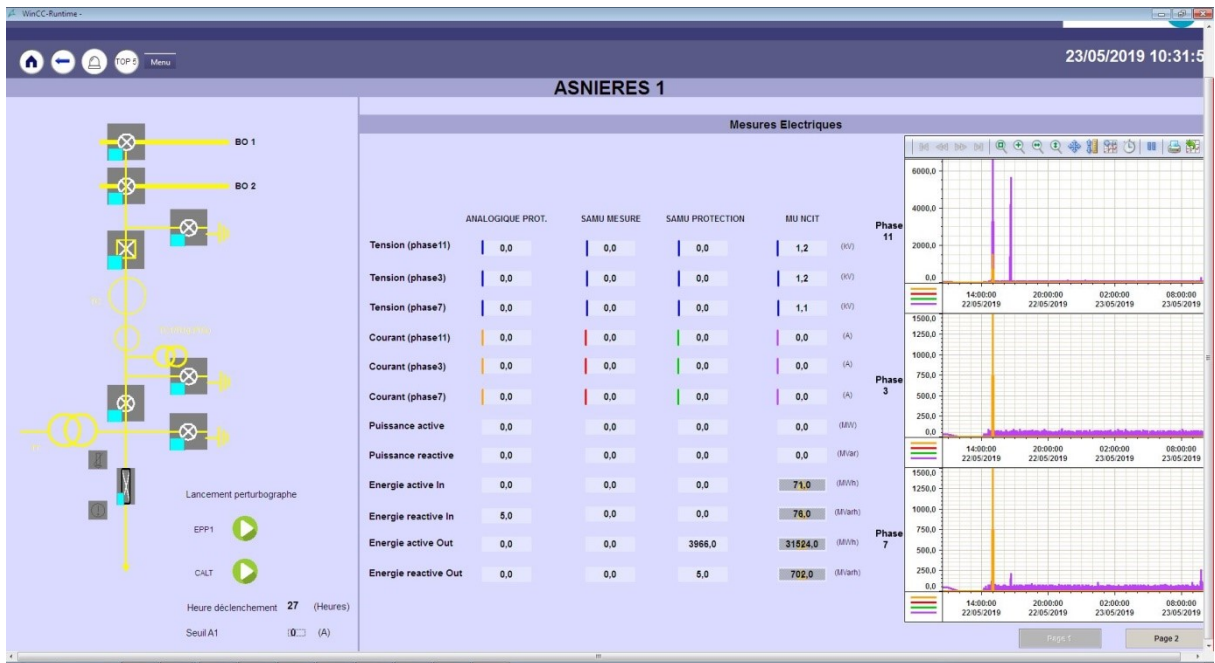


Figura 39 - Imagem do PQ Analyzer do dispositivo ASNIERES1 CALT com disparos de 27, 41 e 36 segundos

Select	Type	DateTime	Fault number	Trigger	Cause	Hierarchy
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:41:36,418	263			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:40:36,418	262			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:39:36,218	261			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:38:36,218	260			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:37:36,218	259			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:36:36,218	258			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:35:41,218	257			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:34:41,218	256			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:33:41,218	255			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:32:27,218	254			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:31:27,218	253			NOVION\ASNIE1\CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/23/2019 10:30:27,218	252			NOVION\ASNIE1\CALT

Observa-se pela figura 38 que a hora de disparo foi escolhida igual a 27 segundos. Observando a figura 39, confirma-se que os disparos foram registrados no PQ Analyzer a cada minuto em 27, 36 e 41 segundos conforme especificado na descrição do teste: Início periódico dos registradores de perturbações.

Em seguida, realizou-se o mesmo procedimento, entretanto, nesse momento alterou-se o parâmetro dos blocos de alarme de todos os equipamentos ASNIERES1 CALT e EPP1, FALLO4 CALT e EPP1 e FALLO4b EPP1 no DIGSI5, de minutos para dia. Portanto, dessa maneira, as gravações de dados devem ocorrer todos os dias no mesmo horário. A função foi testada durante três dias e, portanto, o sistema e o PQ Collector permaneceram ativos durante esse período de tempo. No terceiro dia, verificou-se o registro de falhas no PQ Analyzer como mostrado na imagem abaixo. Pelas mesmas razões citadas anteriormente (para não alongar esta seção) será mostrada somente a captura de tela do equipamento CALTT de ASNIERES1. A figura 40 mostra os resultados.

Figura 40 - Imagem do PQ Analyzer do dispositivo ASNIERES1 CALT com disparos todos os dias

Select	Type	DateTime	Fault number	Trigger	Cause
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/27/2019 01:00:00.075	325		NOVIONASNIERES1CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/26/2019 01:00:00.472	324		NOVIONASNIERES1CALT
<input type="checkbox"/>	Fault record	5/25/2019 01:00:00.069	323		NOVIONASNIERES1CALT

Continuando com o teste de gravador de falhas, foi realizado um terceiro teste para esta função. Nesse teste foi verificado se um perturbador seria produzido caso um valor limite de corrente fosse ultrapassado. Dessa forma, injetou-se com Omicron um valor de corrente de 1,5 A no transformador primário que é igual a 200 A no transformador secundário. Um valor de 100 A foi usado como parâmetro no campo E/S intitulado “Seuil A1” (limite) na IHM. Portanto, como o valor de 200 A excede o valor de 100 A, um disparo será produzido. O teste foi realizado separadamente para os equipamentos CALT e EPP1 de ASNIERES1 e FALLO4 e para o equipamento EPP1 de FALLO4b. Será mostrado nas figuras a seguir apenas a captura de tela da visualização de ASNIERES1 e a captura de tela do PQ Analyzer do equipamento CALT de ASNIERES1.

Figura 41 - Imagem IHM da visualização ASNIERES1 com um valor atual igual a 100 A

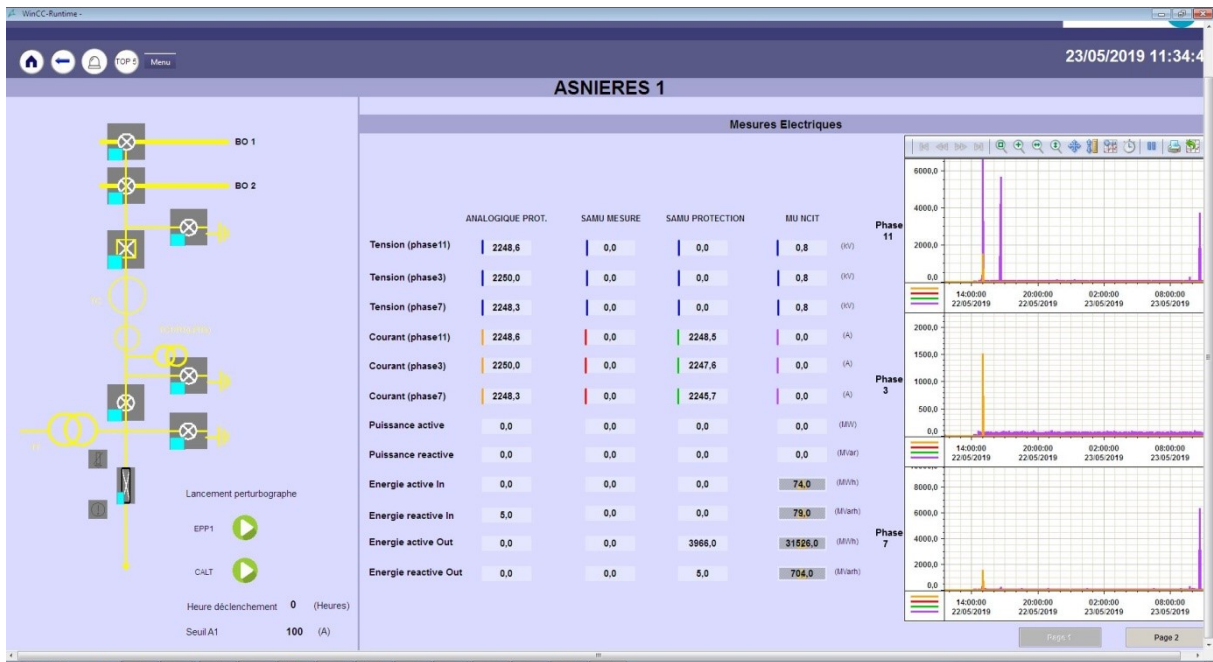
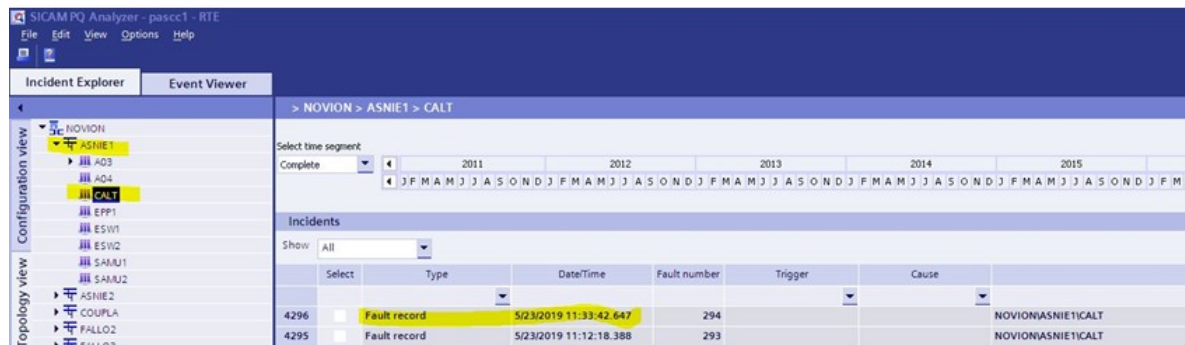


Figura 42 - Imagem do PQ Analyzer do dispositivo ASNIERES1 CALT com o disparo do limite de corrente



Observa-se pela figura 41 que o valor limite de “Seuil A1” foi igual a 100 A. Observando a figura 42, confirma-se que ocorreu um disparo no dispositivo ANSIERES1 de CALT e que este foi registrado no PQ Analyzer conforme descrito anteriormente.

A última função desenvolvida e testada foi a função TOP5. Todos os procedimentos foram escritos no DFE. A função TOP5 tem como objetivo garantir a exibição dos cinco maiores valores de “Taux de fuite” (taxa de vazamento) e “Masse perdue” (massa perdida) e seus respectivos compartimentos. Os procedimentos contidos no DFE e as capturas de tela são apresentados abaixo.

Título do teste:	Exibição e classificação dos valores na tabela TOP5 no Wincc	Número do teste:	E1.1TOP5
Data de início do teste:	03/05/2019	Data de fim do teste:	03/05/2019
Autor	SILVA MATOS Antônio	Referência de função:	
Local do teste:	Laboratório C6 DG	Sistema testado:	Tabela TOP5
Condições iniciais:			
Descrição do teste:			
<p>1. Insirir os valores iniciais de “DenDrift ”para cada compartimento de NOVION_ASNIE1_AO3_X através do SICAM PAS, por exemplo: 50 para o compartimento H, 40 para o compartimento D, 30 para o compartimento C, 20 para o compartimento B e 10 para o compartimento A</p> <p>2. Verificar se os valores são exibidos na tabela</p> <p>3. Alterar através do SICAM PAS os valores e usar para este momento, por exemplo, 25 no compartimento H, 30 no compartimento D, 11 no compartimento C, 12 no compartimento B e 15 no compartimento A</p> <p>4. Verifica-se que os valores e seus respectivos compartimentos foram alterados e exibidos na tabela TOP5 no Wincc, mas a classificação dos valores em ordem decrescente não funciona.</p> <p>5. Fechar a janela que contém a tabela e reabrir em seguida</p> <p>6. Agora verifica-se que a classificação está funcionando e que os valores e seus respectivos compartimentos são exibidos em ordem decrescente.</p> <p>(*): C=Conforme – NC = Não Conforme (**): NL = Nível Lógico (« 1 » = 48V, « 0 »=0V)</p>			
Resultado esperado: Todos os testes na tabela acima estão em conformidade (« C »)			
Resultados do teste:	C	Ações/Comentários:	A letra X na etapa1 significa um dos 5 compartimentos (A,B,C,D ou H) de NOVION_ASNIE1
Classe do teste:		Anomalias:	
Tipo do teste:		Aquisição física	Arquitetura do sistema
	X	Interface	Configuração
		Operação	Proteção e Automação
	X	IHM	Migração
		Manutenção	Desempenho

Para o primeiro teste, inseriram-se os valores conforme especificado no procedimento 1 e depois verificou-se se eles são exibidos nos campos de E/S como mostra a figura 43.

Figura 43 - Visualização do TOP5 no início



Em seguida, alterou-se os valores no SICAM PAS de acordo com o procedimento 3. Verificou-se que os valores foram exibidos na Tabela TOP5 no WinCC, de acordo com a Figura 44, mas a classificação não funciona. Em seguida, realizou-se os procedimentos 5 e 6 e foi possível verificar que a classificação em ordem decrescente de valor funciona, como mostra a Figura 45.

Figura 44 - Visualização do TOP5 com valores alterados antes da atualização



Figura 45 - Visualização do TOP5 com valores alterados depois da atualização



5 Análise crítica

Um desafio encontrado durante o desenvolvimento do projeto foi usar o objeto “Function Trend Control” do WinCC para poder criar um gráfico de temperatura de acordo com a corrente na página de funções ASNIERES1 PSC e DLR. O objetivo era mostrar os valores de corrente e temperatura que o operador inseriu na tabela da parte da função de proteção DLR. No entanto, sempre que o operador enviava uma nova temperatura ou valor atual, ele substituía o valor anterior após certo tempo. Em outras palavras, verificou-se que os valores registrados no gráfico não eram mantidos. Após análise, decidiu-se eliminar essa função, responsável por gerar um histórico, em forma gráfica, dos valores de corrente e temperatura inseridos pelo operador, uma vez que a mesma não apresentou relevância para o projeto.

Outro desafio encontrado foi no desenvolvimento da aplicação WinCC Web Navigator. Essa aplicação permite que o operador usando o Internet Explorer acesse a parte de monitoramento do projeto por meio de um endereço IP pré-configurado. A configuração do Internet Explorer e o endereço IP para acessar o site não apresentaram muitos desafios; no entanto, após essa parte, os testes foram realizados no Web Navigator. Observou-se que a mudança de vista não foi realizada no Web Navigator da mesma maneira que no WinCC Runtime, ou seja, as exibições no Web Navigator nem sempre continham as variáveis ou os valores de “tags” a serem exibidas. Então, foi feita uma leitura dos documentos relacionados ao Web Navigator e pesquisa de soluções em fóruns on-line da SIEMENS. Após essa pesquisa, um novo desafio foi encontrado. Certas funções em código C, especificadas no Anexo 01, usadas no WinCC Runtime não eram compatíveis com o Web Navigator, como a função "SetTagChar", usada em várias funções, como o TOP5. As funções não suportadas pelo Web Navigator serão exibidas no Anexo 01. Dessa forma, foi necessário repensar a lógica de algumas vistas do WinCC, o que levou algum tempo. Alguns problemas de alteração de visualizações foram resolvidos, embora outros persistiram. Após uma reunião com o gerente de projeto e os clientes, decidiu-se que, por enquanto, não seria mais necessário continuar o desenvolvimento da aplicação Web Navigator. Por esse motivo, seu desenvolvimento foi deixado em segundo plano.

6 Conclusão

O trabalho apresentado mostrou um projeto de experimentação de digitalização de uma subestação. Diante da continua demanda de energia elétrica no mundo, a digitalização de subestações tem se tornado cada vez mais o foco de estudo, pois garante uma transmissão confiável e de qualidade de energia além de garantir uma redução no custo operacional e no sistema de manutenção de uma subestação.

Diante do objetivo em questão foram apresentadas as tecnologias utilizadas para atingir o resultado final.

A norma IEC 61850 foi de extrema importância para a realização do projeto, pois possibilitou a normatização dos protocolos de comunicação e a interoperabilidade dos dispositivos.

Além disso, outro dispositivo de extrema importância para o projeto foi o IED que permitiu redução no custo de implantação, de manutenção, no número de cabos e equipamentos necessários à sua utilização, o que permitiu uma troca de informações mais rápidas, confiáveis, além de permitir a sincronização temporal dos dispositivos.

O trabalho apresenta, também, todos os dispositivos e protocolos de comunicação utilizados para desenvolver o projeto e novas tecnologias como o gás SF₆ e a fibra ótica que estão sendo cada vez mais utilizados em projetos de subestações.

O foco do trabalho foi o desenvolvimento e o aperfeiçoamento do sistema supervisor da subestação utilizando o software Wincc da SIEMENS. O desenvolvimento desse sistema passou desde a vista inicial até a vista de funções específicas de cada poste elétrico, vistas de monitoramento dos equipamentos constituintes da subestação entre outros descritos anteriormente.

O aperfeiçoamento do design das visualizações do sistema supervisor mostrou-se uma tarefa em constante aperfeiçoamento. Exigiu atenção aos detalhes, entendimento e compreensão das necessidades dos clientes para garantir ao usuário final, um produto de fácil interação entre ele e a interface da subestação.

Um dos pontos de destaque na realização da vista de supervisão do sistema foi a automatização das vistas de cada compartimento para o monitoramento do gás SF₆ descrito no tópico 3.3. Esse processo economiza tempo para o desenvolvedor caso o mesmo deseje realizar uma modificação na vista, seja para acrescentar ou suprimir uma variável, seja para modificar o design da visualização. Por meio desse processo, o desenvolvedor necessita

modificar apenas uma vista ao invés de modificar todas as vistas dos compartimentos (103 compartimentos no total).

A parte de realização dos testes para validação das funções criadas no sistema supervisorio descritas no tópico 4 comprovou, empiricamente, o bom funcionamento das funcionalidades desenvolvidas, além de dar confiabilidade ao trabalho realizado.

A documentação dos testes em DFE descritas no tópico 4 possibilitou aos usuários e clientes um melhor entendimento dos procedimentos realizados em cada etapa dos testes, servindo como um documento oficial dentro da empresa para futuras buscas e pesquisas.

Um projeto dessa magnitude e importância apresenta inúmeros desafios, os quais foram expostos no tópico 5. Alguns desses desafios não foram solucionados, como por exemplo, o da adição de um gráfico que armazena as alterações de corrente e temperatura adicionadas pelo operador. Outro desafio, como por exemplo, o desenvolvimento do Web Navigator foi parcialmente solucionado. Ambos os desafios mencionados anteriormente, podem ter seu desenvolvimento aprofundado e serem colocados em prática como etapas para um futuro trabalho. Os desafios encontrados no projeto mostram que todo o trabalho além de muito esforço e dedicação, necessita também de muita pesquisa e paciência.

Por fim, este projeto foi uma experiência muito interessante e enriquecedora. Permitiu-me entrar em contato com novas tecnologias, além de obter conhecimentos no campo técnico da engenharia de automação. Pude me familiarizar com um novo ambiente técnico e profissional e descobrir diferentes maneiras de pensar e analisar criticamente um problema e encontrar melhores soluções.

Referências

- ALMEIDA, E. M. NORMA IEC 61850 – Novo padrão em automação de subestações. 2011, 72 f. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação em Engenharia Elétrica) – Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2011.
- BERTOLOTO, D. C. Redes de fibra óptica: Conexões locais em dimensões globais no Brasil. 2012. 99 f. **Dissertação** (Mestrado em Estudos de Cultura Contemporânea), Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Linguagens Cuiabá, 2012.
- BOZZI, F. A.; FERREIRA, R. **Trabalho de Subestações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://www.coe.ufrj.br/~fabriciomtb/Trabalho_Subestaoes_fim.pdf. Acesso em: 16 fev. 2020.
- CARDOSO, P. E. P. Avaliação do Impacto em Comissionamento e Testes de Funcionamento numa Subestação com Protocolo CEI 61850. 2013. 153 f. **Dissertação** (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.
- GOMES, S. **Aula 06 - Linguagens para programação de CLP - Norma IEC 61131 – 3; Controle e Automação Industrial**. 2020. Disponível em: <http://controleeautomaçaoindustrial3.blogspot.com/2017/03/aula-04-linguagens-para-programacao-de.html>. Acesso em: 27 maio 2020.
- GURJÃO, E. C.; CARMO, U. A.; SOUZA, B. A. Aspectos de comunicação da norma IEC 61850. In: **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE**, p. 1-5, 2006.
- KREUTZ, F. C. Automação de subestações através da norma IEC 61850. 2014. **Trabalho de conclusão de curso** (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Elétrica, Porto Alegre, 2014.
- LACERDA, S. L. M.; CARNEIRO, G. H. R. **Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IED's) e a Norma IEC 61850: União Que Está Dando Certo**. João Pessoa-PB: Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba, 2010.
- MUXFELDT, P. **O protocolo SNMP**. CCM. 2017. Disponível em: <https://br.ccm.net/contents/283-o-protocolo-snmip>. Acesso em: 14 fev. 2020.
- NTP.BR. **O NTP**. Disponível em: <https://ntp.br/ntp.php>. Acesso em: 14 fev. 2020.
- HIRSCHMANN – A BELDEN BRANDPRP. **Parallel Redundancy Protocol**. Disponível em: https://hirschmann.com/en/Hirschmann_Produte/Industrial_Ethernet/Technologies/PRP_-_Parallel_Redundancy_Protocol/index.phtml. Acesso em: 10 fev. 2020.
- SOUZA, R. **Redes IEC-61850 – Estudo de Protocolo e Exemplo de Aplicação (Parte I)**. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. 2012. Disponível em: <https://www.automaçaoindustrial.info/redes-iec-61850-estudo-de-protocolo-e-exemplo-de-aplicacao/>. Acesso em: 12 fev. 2020.

SAMPAIO, B. C. D. *et al.* Desenvolvimento de modelo de ensaio de sistemas de protecção, comando e controlo numerico (SPCC) em dispositivos electrónicos inteligentes (IED), utilizando o software OMICRON-" Test Universe". **Relatório** (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de computadores), Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto, 2009. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59490/1/000147484.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2020.

SANTOS, L. F.; PEREIRA, M. Uma Abordagem Prática do IEC 61850 para Automação, Proteção e Controle de Subestações. In: **ANAIS DO VII SIMPASE** - Sétimo Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos – Salvador, 2007.

SANTOS, C. R. R. D. *et al.* Utilização dos protocolos de redundância HSR e PRP em redes com requisitos de alta disponibilidade. In: **SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**, 23., 2015, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Foz do Iguaçu: SIEMENS, 2015.

SIHVENGER, J. C. *et al.* **Manuseio, Segurança e Manutenção de Hexafluoreto de Enxofre Em Equipamentos Elétricos**. Cigre-Brasil, 2012.

SILVA JÚNIOR, J. S. **O que são fibras ópticas?** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-fibras-opticas.htm>. Acesso em 27 maio 2020.

SILVEIRA, C. B. **Saiba Tudo Sobre CLP**. CITISYSTEMS. 2018. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/clp/>. Acesso em: 27 maio 2020.

SOARES, A. J. M. **Redes de Comunicação Convergentes**. Brasília: Editora Universidade de Brasília: Finatec, 2008.

SIEMENS. **Substations with the future built in Siemens**. Disponível em: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/topics/digital-substation.html>. Acesso em: 15 fev. 2020.

TANENBAUM, A. S. **Redes de Computadores**. Rio de Janeiro. Elsevier. 2003.

VICENTE, D. T. Aplicação dos padrões da norma IEC 61850 a subestações compartilhadas de transmissão/distribuição de energia elétrica. 2011. 117 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 2011.

TELFORD, B. **What Is NTP? A Beginner's Guide to Network Time Protocol**. GALLEON Systems. 2019. Disponível em: <https://www.galsys.co.uk/news/what-is-ntp-a-beginners-guide-to-network-time-protocol/>. Acesso em: 14 fev. 2020.

Anexos

4.7.2 Functions

4.7.2.1 Supported functions

Introduction

The following list shows the functions supported by WebNavigator.
 Functions not included in this list are not automatically enabled for the WebNavigator.

Functions

WaitForDocumentReady	
Get_Focus	GetTagChar
GetAssignments	GetTagCharState
GetBasePicture	GetTagCharStateWait
GetFlashPicture	GetTagCharWait
GetFontName	GetTagMultiStateWait
GetInputValueChar	GetTagMultiWait
GetLastChange	GetText

GetOutputFormat	SetTagMultiWait
GetOutputValueChar	SetTagMultiStateWait
GetPictureName	SetTagRaw
GetPropChar	SetTagRawState
GetServerName	SetTagRawStateWait

AXC_OnBtnArcLong	AXC_OnBtnMsgNext
AXC_OnBtnArcShort	AXC_OnBtnMsgPrev
AXC_OnBtnComment	AXC_OnBtnMsgWin
AXC_OnBtnEmergAckn	AXC_OnBtnScroll
AXC_OnBtnInfo	AXC_OnBtnSelect
AXC_OnBtnLock	AXC_OnBtnSingAckn
AXC_OnBtnLoop	AXC_OnBtnVisibleAckn
AXC_OnBtnMsgFirst	AXC_SetFilter
AXC_OnBtnMsgLast	

OnBtnArcLong	OnBtnMsgLast
OnBtnArcShort	OnBtnMsgNext
OnBtnComment	OnBtnMsgPrev
OnBtnEmergAckn	OnBtnMsgWin
OnBtnHornAckn	OnBtnPrint
OnBtnInfo	OnBtnScroll
OnBtnLanguage	OnBtnSelect
OnBtnLock	OnBtnSingAckn
OnBtnLoop	OnBtnVisibleAckn
OnBtnMsgFirst	

TLGGetTemplateParameter	TigTableWindowPressPrevButton
TLGPressToolBarButton	TigTableWindowPressPrevItemButton
TigGetColumnPosition	TigTableWindowPressStartStopButton
TigGetNumberOfColumns	TigTrendWindowPressFirstButton
TigGetNumberOfRows	TigTrendWindowPressLastButton
TigGetNumberOfTrends	TigTrendWindowPressLinealButton
TigGetRowPosition	TigTrendWindowPressNextButton
TigGetRulerArchivNameTrend	TigTrendWindowPressNextItemButton
TigGetRulerTimeTrend	TigTrendWindowPressOneToOneButton
TigGetRulerValueTrend	TigTrendWindowPressOpenArchiveVariableSelectionDigButton
TigGetRulerVariableNameTrend	TigTrendWindowPressOpenDigButton

TigGetTextAtPos	TigTrendWindowPressOpenItemSelectDigButton
TigTableWindowPressFirstButton	TigTrendWindowPressOpenTimeSelectDigButton
TigTableWindowPressLastButton	TigTrendWindowPressPrevButton
TigTableWindowPressNextButton	TigTrendWindowPressPrevItemButton
TigTableWindowPressNextItemButton	TigTrendWindowPressStartStopButton
TigTableWindowPressOpenArchiveVariableSelectionDigButton	TigTrendWindowPressZoomInButton
TigTableWindowPressOpenItemSelectDigButton	TigTrendWindowPressZoomOutButton
TigTableWindowPressOpenTimeSelectDigButton	

GetLanguage	GetParentPicture
SetLanguage	GetParentPictureWindow
GetLink	GetServerTagPrefix
SetLink	OpenPicture
GetLinkedVariable	SetPictureDeactivated
GetLocalPicture	SetPictureDown
SetMultiLink	SetPictureUp

_makepath	fscanf	setvbuf
_splitpath	fsetpos	sprintf
abs	feof	srand
abort	fwrite	sscanf
asctime	getc	strcat
atexit	getchar	strcmp
atof	getenv	strcpy
atoi	gets	strchr
atol	gmtime	strcspn
base64ch	labs	strerror
calloc	ldiv	strftime
clearerr	localtime	strlen
clock	malloc	strncat
ctime	memcmp	strncmp
dftime	memcpy	strncpy
div	memcpy	strpbrk
exit	memmove	strchr
fclose	memset	strsep
feof	mktime	strstr
ferror	perror	strtod
fflush	printf	strtok
fgetc	putc	strtol
fgetpos	putchar	strtol